

体力研究

体力医学研究所報告

BULLETIN OF THE PHYSICAL FITNESS RESEARCH INSTITUTE

原 著

局所の骨格筋への電気刺激が気分・感情に与える影響：随意運動との比較

須藤みず紀，安藤創一 1

資 料

Effects of different environmental enrichment on locomotor activity and skeletal muscle volume in rats

Mizuki Sudo and Soichi Ando 9

二次出版

教室におけるスタンディングデスクの導入が児童の経時的な身体活動および座位活動に及ぼす影響—International Journal of Environmental Research and Public Healthに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

城所哲宏，清水安夫，枝元香菜子，アニア・マイケル 13

勤労者における24時間の身体行動とメンタルヘルスの横断的関連性—Preventive Medicine Reportsに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

北濃成樹，甲斐裕子，神藤隆志，角田憲治，荒尾 孝 25

論文紹介 37

2020年度 体力医学研究所活動報告 43

2021
APRIL
No.
119

公益財団法人 明治安田厚生事業団

新たな健康づくりの時代に向けて

荒尾 孝（公益財団法人 明治安田厚生事業団 体力医学研究所 名誉所長）

体力医学研究所は「広く一般の健康増進に寄与し、もって社会の福祉に貢献すること」を目的とした学術研究機関として1962年に設立され、来年で創立60周年を迎えます。そこで本稿では、当研究所のこれまでを振り返るとともに、これからの在り方について述べたいと思います。

研究所創立以来、社会環境は大きく変化し、研究所の在り方も時代の変化に応じて変わってきました。設立当初から1980年代までは体力科学の主要な研究分野である生理学、生化学、形態学の3研究室体制で研究が進められました。当時は大学での体力科学分野の研究が今ほどには多くなかったことから、この期間当研究所は体力科学分野の先導的な研究機関の1つとしての役割を果たしたといえます（第Ⅰ期）。

その後、大学での研究が活発化するなかで、当研究所は大学とは異なる財団法人（当時）としての特性を活かした研究活動を行ってきました。1987年からそれまでの研究室ごとの研究に加え、新たに研究員全員が加わるプロジェクト研究が実施されることとなり、その研究課題は先進的で、社会的な健康問題の解決への貢献度が高いものとされました。最初のプロジェクト研究は、当時の体力科学の分野ではまだ本格的な研究がほとんど実施されていなかった「高齢者の体力と健康」に関するものでした。この研究は、2000年までの約12年間にわたり生活体力の概念構築と測定法の開発、生活体力の関連要因に関する横断的・縦断的研究、生活体力維持増進に関する地域介入研究といった一連の体系的な研究が実施され、多くの研究成果が発表されました。その後の2000年からは、研究課題を「勤労者の健康の維持増進」とした新たなプロジェクト研究がスタートしました。その前半は、勤労者の生活習慣病が社会的に注目されていたことから、勤労者を対象とした生活習慣（運動、栄養）の改善に関する介入研究が多くの企業の協力を得て実施されました。後半は、当時勤労者の最大の健康課題となりつつあったメンタルヘルスに着目した勤労者のメンタルヘルスと運動をコアスタディとした研究が実施されました。そして最近では、健診センターとの共同研究として、勤労者の身体活動や座位行動と生活習慣病に関する縦断的研究や職場における勤労者の身体活動や座位行動の改善に関する対人的および環境的な介入研究が実施されています。これらのプロジェクト研究は、我が国の体力科学分野では数少ない地域や職域を対象とした体系的な研究であり、体力科学における研究の先導的な役割を果たしてきました。特に、体力科学の学術的な体系としての疫学的研究分野（運動疫学）の確立に大きな役割を果たしました（第Ⅱ期）。

今後の我が国の健康づくり分野の研究においては、社会的課題の解決に向け、これまでの研究で得られた知見や技術を地域や職域での健康づくりに反映させることにより、より多くの国民の健康増進とそのことによる社会保障費の抑制といったいわゆる“社会的成果”をもたらす社会実装型の研究が求められます。そこで、当研究所では2020年から新たに「社会実装型プロジェクト研究」を立ち上げました。これらの研究ではいずれも産・官・学・住（民）の連携による地域での住民の健康づくりに関する多様な人材と資源およびネットワークで構成される健康づくりシステムを構築し、大規模な地域介入研究として実施する予定です。このようなプロジェクト研究は関連する多分野の研究者や関係者との共同研究として実施されることから、非常勤研究員制度を整備するとともに、新たに研究員をサポートし、ともに研究に取り組む研究技術員制度を設けました。研究員と研究技術員が役割を分担して研究の運営に当たることによって効率的で確実なプロジェクト研究の推進ができると期待されます。また、非常勤研究員のひとつとして若手研究者や大学院生を対象とした流動研究員を新設しましたので、当研究所のプロジェクト研究に興味関心のある方は参画していただき、社会実装型プロジェクト研究の経験をするとともに、そこで得られたデータの一部を使って自身の論文や学位論文を作成することも可能となります（第Ⅲ期）。

体力医学研究所は、今後より一層国民の幅広い健康づくりに貢献するために上記の研究活動とともに、その成果についての情報発信についても刷新することといたしました。当研究所の機関誌『体力研究』の掲載内容は、これまで主に研究成果を学術論文として発信することに重点を置いてきましたが、今後は研究所の研究成果を社会（健康づくりの現場）へ提供することに重点を置いた内容とすることといたしました。これは、以前に比べ学術論文を発表する場が外部の専門雑誌、特に海外のジャーナルが一般的となったことと、我が国の健康づくりの現場に最新の科学的な知見の提供が必ずしも十分でないことを踏まえたものです。『体力研究』の新たな掲載内容は、研究所の研究成果を伝えるものとして「論文の二次出版」と「論文紹介」が追加されました。論文の二次出版は当研究所の研究員が筆頭著者として海外の雑誌で発表した英語論文を日本語で発表するもので、論文紹介は当研究所の職員が共同研究者として発表された論文の概略を紹介するものです。また、当研究所の研究助成を受けた研究者の発表論文の概略紹介として「研究助成受贈者の論文紹介」も追加されました。なお、長年実施してきました研究助成事業は、2022年からは指定課題については「社会実装型研究」を対象としたものに変更する予定です。

以上のように、体力医学研究所は創立60周年を機に、これまでの歴史と成果を踏まえ、新しい時代に対応した新たなチャレンジをすることで「健康づくりの社会的成果」に関する知見を蓄積するとともに、その成果を積極的に社会へ発信することで、我が国の“豊かで活力ある長寿社会の実現”に貢献したいと考えています。

2021年 4月

局所の骨格筋への電気刺激が気分・感情に与える影響： 随意運動との比較

須藤みず紀¹⁾，安藤創一²⁾

The effects of local skeletal muscle contraction on mood states: comparison with exercise

Mizuki Sudo and Soichi Ando

SUMMARY

Physical activity and regular exercise are known to have beneficial effects on mood state. Similarly, a single bout of exercise seems to improve mood states. Recent studies suggest that electrical muscle stimulation (EMS) has the potential to be an alternative method of exercise. However, the effects of EMS on mood states are unclear. The purpose of this study was to test if the effects of EMS on mood states are comparable to voluntary exercise. Twenty-one participants were recruited in the present study. The participants answered three kinds of questionnaires before and after the EMS or voluntary exercise for 20 min. The order of EMS and exercise was randomized. We performed two-way analysis of variance (ANOVA) with time (pre vs. post) and condition (EMS vs. voluntary exercise) as within factors. Two-way ANOVA showed a significant main effect of time on pleasantness. The present results suggest that physiological and psychological responses to the EMS as well as voluntary exercise have the potential to affect pleasantness.

Key words: electrical muscle stimulation, voluntary exercise, mood state.

緒 言

世界保健機関 (World Health Organization; WHO) によると“メンタルヘルスは単に精神疾患や精神障がいがないだけでなく，自身の能力を認識し，日常の生活ストレスに対処でき，生産的かつ有益な仕事ができ，更に自分が所属するコミュニティに貢献できる健康な状態”と定義されている¹⁾。近年，うつ病などの気分障害を有する患者数は増加の一途をたどっており，気分障害が発生する要

因として，社会生活における多様なストレスが想定されている。更に，近年の COVID-19 の世界的な大流行により，不安やうつ状態を含めたメンタルヘルスの問題は増加しており²⁾，COVID-19 の患者のなかには新たにメンタルヘルスの問題を抱える人も多い³⁾。したがって，メンタルヘルスの問題は今後も続くことが予想され，その対応策を考えることは喫緊の課題であろう。

これまでの数多くの研究から，身体活動量が高いことや運動習慣は，メンタルヘルスにも有益な

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
2) 電気通信大学大学院情報理工学研究所 Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.

効果をもたらすことが知られている^{4,6)}。更に、一過性の有酸素運動でも不安感などのネガティブな心理状態が改善し⁷⁾、高揚感の向上、否定的感情の低下をもたらしている⁸⁾。動物モデルを用いた報告でも、自発運動が不安様行動を抑制して、ストレス耐性を高めることが明らかになっている⁹⁾。更に近年我々は、身体不活動者に対しては、一過性のストレッチでも気分・感情の向上がみられることを示した¹⁰⁾。これらの知見は、一過性の運動および運動習慣が気分・感情に対して有益な効果をもたらすことを示している。一過性の運動の積み重ねが運動習慣につながることを考えると、1回の運動が気分・感情にもたらす効果のエビデンスを蓄積することは大きな意義があると考えられる。

しかし、運動といっても気軽にかつ安全に行うことが難しい場合や、自発的に取り組むことができない場合も散見される。そこで、運動の代替として期待されているものに骨格筋への電気刺激(electrical muscle stimulation; EMS)がある。脳からの運動指令により自発的に骨格筋を動かす随意運動とは異なり、骨格筋へのEMSは運動神経に電気刺激を加えることにより不随意に筋収縮を誘発することができる。これまでも一過性のEMSが骨格筋での糖代謝を亢進すること¹¹⁾、継続したEMSがII型糖尿病患者の空腹時血糖値を低下させること¹²⁾、前十字靭帯再建手術後の筋萎縮を予防すること¹³⁾が知られている。これらの結果はEMSによる局所への骨格筋収縮が代謝亢進や筋萎縮の予防に対して効果的であることを示している。加えて、骨格筋へのEMSがもたらす筋収縮は筋機械受容器反射や筋代謝受容器反射を亢進させることが明らかにされている¹⁴⁾。しかし、EMSによる局所への骨格筋収縮が気分・感情に及ぼす効果については検討されていない。我々の先行研究では、一過性の筋の伸展・収縮を重視したストレッチ運動後において生理的な変化を伴うことなく快感情の上昇がみられたことを示した¹⁰⁾。この結果は、筋収縮という物理的な刺激が、気分・感情の向上に貢献している可能性を示してい

る。

また、これまでの研究から一過性の随意運動により気分・感情の改善がみられることが明らかにされている^{7,8)}。そこで本研究では、EMSに誘発される筋収縮は、随意運動と同様に気分・感情を向上させるという仮説を立て検証することを目的とした。本研究は、EMSが気分・感情の改善に対して新たな有効的な手法となる糸口を検証するものであり、身体活動量の低下が危惧される現在において、その意義は大きいと考えられる。

方 法

A. 参加者

参加者は、健康な若年男性21名であった(年齢: 22.5 ± 1.6 歳, 身長: 172.5 ± 6.5 cm, 体重: 68.4 ± 10.9 kg)。参加者は疾患を有しておらず、EMSおよび運動を行ううえで問題はなかった。参加者は、実験の参加時には週に3日以上運動習慣をもたないものであった。

B. 実験プロトコル

実験は4日間に分けて行った。実験初日にはEMSに慣れるために、参加者にEMSを経験してもらった。EMSの強度は徐々に強くし、最終的にそれぞれの参加者が耐えることができる最大の強度を設定した¹¹⁾。したがって、本研究でEMSの強度は刺激に伴う痛みに対して、どこまで耐えられるのかによって決まったといえる。そして、その強度でのEMSを行っている際の心拍数(heart rate; HR)および主観的運動強度(ratings of perceived exertion; RPE)¹⁵⁾を記録した。2日目から4日目には、EMS(EMS条件)、EMS時のHRと随意運動時のHRが一致するように運動強度を設定した条件(HR一致条件)、EMS時のRPEと随意運動時のRPEが一致するように運動強度を設定した条件(RPE一致条件)の3つの条件をランダムな順番で行った。これにより、EMSが気分・感情にもたらす影響を心臓血管系に対する強度が同じ随意運動、および電気刺激による痛みを含めた主観的に感じる強度が同じ随意運動と比較することができる。3つの条件での実験の実施は、最

低2日間の間隔を空けて行った。実験はできるだけ同時刻から開始し、前日と当日はなるべく同様の生活様式を心がけるよう指示した。参加者には、実験前日には運動を控え、実験開始の3時間前からは水以外の飲食を控えることを指示した。参加者は実験室に到着後10分間の座位安静を保ち、その後実験を開始した。各条件におけるEMSおよび随意運動は20分間とし、参加者はEMSおよび随意運動の前後で質問紙に回答した。それぞれの条件でHRは安静時、EMSおよび随意運動中に測定を実施した。RPEは実験開始時とEMSおよび随意運動の終了直前に回答してもらった。実験を通して、実験室の室温は摂氏21度から23度の範囲で行った。

C. 測定項目

気分・感情の測定には、二次元気分尺度¹⁶⁾、改訂版ポジティブ感情尺度(Mood Check List-short form 2; MCL-S.2)¹⁷⁾と一過性運動に用いる感情尺度(Waseda affect scale of exercise and durable activity; WASEDA)⁸⁾の3種類を用いた。参加者は、二次元気分尺度では8項目の気分尺度に対して6件法で回答した。活性度と安定度は-10点から10点の間で評価し、覚醒度と快適度は-20点から20点の間で評価した。MCL-S.2では快感情、リラックス感、不安感の3因子から構成された12項目の設問に対して7件法で回答し、-12点から12点の間で

評価した。WASEDAでは、一過性の運動による否定的感情、高揚感、落ち着き感を12項目の設問に5件法で回答し、4点から20点の間で評価した。本研究ではEMSおよび随意運動がもたらす参加者の感情の変化を幅広く評価するために、3種類の質問紙より気分・感情を評価した。これらの評価の信頼性と妥当性は先行研究により確認されている^{8,16,17)}。HRの測定は、心拍計(V800、ポラール社製)を用いて行った。この心拍計による測定の妥当性も先行研究により確認されている¹⁸⁾。HRはEMSおよび随意運動開始の3分後から運動終了までのデータを平均した。RPEはBorgスケールを用いて、6から20の15段階で参加者に回答してもらった。

D. 電気刺激(EMS)と随意運動

EMSには電気刺激装置(オートテンズプロ、ホーマーイオン研究所製)を用いた(図1A)。電気刺激はパルス幅0.25ミリ秒、周波数4Hzで、腹部・臀部・大腿・下腿の広い範囲に対して行い、骨格筋を連続的に収縮させた。随意運動は自転車エルゴメータ(XL75III, KONAMI社製)を用いて行った(図1B)。表面筋電図を用いた自転車エルゴメータによる運動時の筋活動は、大殿筋・大腿直筋・外側広筋・内側広筋・大腿二頭筋長頭・半腱様筋・腓腹筋・ヒラメ筋の動員が報告されている¹⁹⁾ことから、本研究における随意運動時におい

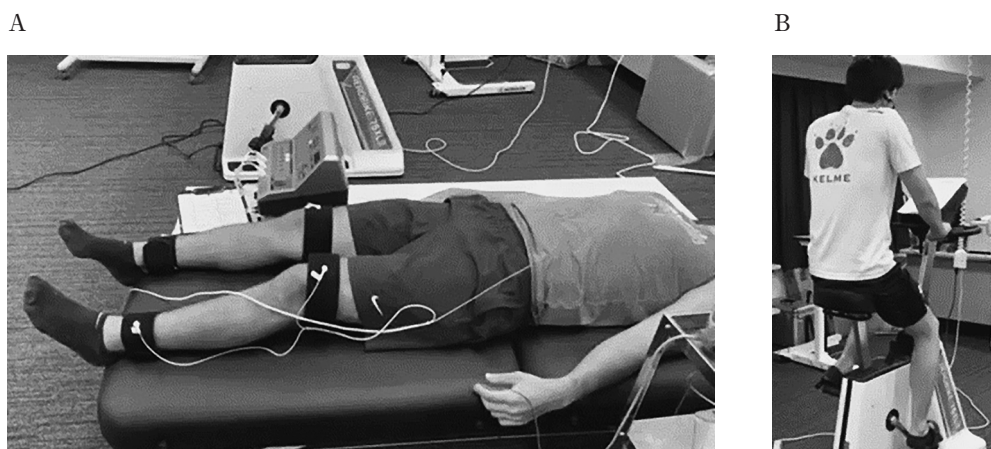


図1. 実験風景

Figure 1. Pictures showing experimental setup.

A: electrical muscle stimulation, B: voluntary exercise.

でも臀部，大腿，下腿の筋群が動員されるといえるだろう。一方，本研究で用いた EMS ではバンド型電極を腰，両大腿，両足首に巻き付けることで経皮的に臀部，大腿，下腿の筋群を刺激することができ，随意運動時に動員される筋群が含まれる。これらは，本研究で用いた EMS により刺激される筋群と随意運動において動員される筋群は一致していることを意味している。HR 一致条件では，運動中の HR が EMS 時と同じになるように，あらかじめ決定した運動負荷で実験を開始した。RPE 一致条件では，あらかじめ決められた RPE と同じになるように運動強度を設定した。HR および RPE は随意運動中に 1 分ごとに確認し，設定値からずれた際は，実験者が運動強度を調整した。

E. 統計解析

本研究では，EMS と随意運動が気分・感情にもたらす影響を比較するために，EMS 条件，HR 一致条件，および RPE 一致条件の 3 条件で比較を行った。HR，RPE および質問紙による気分・感情評価のデータに対しては，シャピロ・ウィルク検定により正規性の検定を行った後，条件 (EMS vs. HR 一致 vs. RPE 一致) と時間 (Pre vs. Post) を被験者内因子として，二元配置の分散分析を行った。有意な交互作用がみられた場合には，単純主効果の検定を行い，その後の検定はボンフェローニの多重比較を行った。正規分布をしているデータに対しては効果量として Cohen's *d* および信頼区間を算出した²⁰⁾。正規分布をしていないデータに対しては，ウィルコクソンの符号順位検定を行った。有意水準は 5 % とした。正規性が

確認されたデータは平均値 (標準偏差) で示し，正規分布をしていないデータについては中央値 (範囲) で示した。

F. 倫理的配慮

被験者に対して本研究の趣旨と内容について文書，および口頭で十分な説明を行い，参加同意を書面にて得た。本研究は，電気通信大学ヒトを対象とする実験に関する倫理審査委員会の承認を得た (承認番号：19003号)。

結 果

A. 心拍数 (HR) および主観的運動強度 (RPE)

表 1 に HR と RPE の結果を示す。HR と RPE のデータは正規分布をしていないため中央値 (範囲) で示している。HR は EMS 条件，HR 一致条件と RPE 一致条件の随意運動中に安静時と比較して増加した (それぞれ $P = 0.003$, $P < 0.001$, $P < 0.001$)。また，HR 一致条件の運動後の HR は EMS 条件の EMS 実施後と比較して，有意に大きい値を示した ($P = 0.016$)。RPE は EMS 条件，および 2 条件の随意運動により増加がみられた (それぞれ $P < 0.001$)。RPE は EMS 条件と RPE 一致条件の間で差はみられなかった ($P = 0.98$)。

B. 気分・感情の変化

表 2 に気分・感情の変化を示す。正規性が確認されたデータは平均値 ± 標準偏差および Cohen's *d* と 95 % 信頼区間を示し，正規分布をしていないデータについては中央値 (範囲) で示している。EMS 条件および HR 一致条件と RPE 一致条件の随意運動による二次元気分尺度で評価した活性度，安定度，覚醒度，快適度は統計的な差異はなかつ

表 1. 電気刺激および随意運動の前後における心拍数 (HR) と主観的運動強度 (RPE) の変化 ($n = 21$)

Table 1. HR and RPE before and after EMS or voluntary exercise ($n = 21$).

Variables	HR, bpm			RPE		
	Pre	Post	Pre vs. Post	Pre	Post	Pre vs. Post
EMS	70 (46, 88)	79 (58, 100)	$P = 0.003$	6 (6, 7)	13 (9, 19)	$P < 0.001$
Exercise (HR matched)	71 (56, 100)	84 (68, 106) #	$P < 0.001$	6 (6, 9)	9 (7, 16)	$P < 0.001$
Exercise (RPE matched)	73 (54, 102)	131 (103, 139)	$P < 0.001$	7 (6, 10)	13 (10, 16)	$P < 0.001$

HR; heart rate, RPE; ratings of perceived exertion, EMS; electrical muscle stimulation.

Data are expressed as median (interquartile range). # $P = 0.016$, vs. EMS post.

表 2. 電気刺激および随意運動の前後における気分の変化 (n = 21)
Table 2. Changes in mood states before and after EMS or voluntary exercise (n = 21).

Variables	EMS		Exercise (HR matched)		Exercise (RPE matched)		Main effect		Interaction
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Condition	Time	
Two-Dimensional Mood Scale									
Vitality	2.6 ± 1.4	3.0 ± 1.4	2.6 ± 3.5	2.9 ± 4.1	2.2 ± 4.1	3.5 ± 4.5	P = 0.99	P = 0.21	P = 0.38
Cohen's d [95% CI]	0.29 [-0.33, 0.89]		0.08 [-0.53, 0.68]		0.30 [-0.31, 0.90]				
Stability	7.3 ± 1.8	6.8 ± 2.7	7.3 ± 2.2	7.4 ± 1.7	6.7 ± 2.2	6.2 ± 2.5	P = 0.06	P = 0.43	P = 0.47
Cohen's d [95% CI]	-0.22 [-0.82, 0.39]		0.05 [-0.56, 0.65]		-0.21 [-0.81, 0.40]				
Arousal	-4.9 ± 4.9	-4.3 ± 5.9	-4.7 ± 3.6	-4.5 ± 4.0	-4.5 ± 3.7	-2.7 ± 4.8	P = 0.37	P = 0.17	P = 0.27
Cohen's d [95% CI]	0.11 [-0.50, 0.71]		0.05 [-0.55, 0.66]		0.42 [-0.20, 1.02]				
Pleasure	9.7 ± 4.1	9.3 ± 3.9	9.9 ± 4.6	10.3 ± 4.8	8.5 ± 5.7	9.8 ± 5.4	P = 0.33	P = 0.47	P = 0.49
Cohen's d [95% CI]	-0.10 [-0.70, 0.51]		0.09 [-0.52, 0.69]		0.23 [-0.38, 0.84]				
MCL-S.2									
Pleasantness	2.0 ± 5.0	3.5 ± 4.7	2.8 ± 4.3	3.0 ± 4.5	1.8 ± 5.2	3.4 ± 4.8	P = 0.89	P = 0.03 *	P = 0.32
Cohen's d [95% CI]	0.31 [-0.31, 0.90]		0.05 [-0.56, 0.65]		0.32 [-0.29, 0.92]				
Relaxation	5.7 ± 3.9	6.1 ± 4.4	6.3 ± 3.3	6.2 ± 2.8	6.2 ± 3.3	4.1 ± 4.7	P = 0.25	P = 0.19	P = 0.01 *
Cohen's d [95% CI]	0.10 [-0.51, 0.70]		-0.03 [-0.64, 0.57]		-0.52 [-1.12, 0.11]				
Anxiety	-12.0 (-12, -4)	-12.0 (-12, -7)	-12.0 (-12, -3)	-12.0 (-12, 3)	-11.0 (-12, -1)	-12.0 (-12, 2)	—	—	—
WASEDA									
Negative affect	4 (4-10)	4 (4-16)	4 (4-10)	4 (4-10)	4 (4-14)	4 (4-14)	—	—	—
Positive engagement	11.3 ± 3.3	11.0 ± 3.8	10.2 ± 3.7	10.8 ± 3.6	10.5 ± 3.6	11.2 ± 4.1	P = 0.57	P = 0.27	P = 0.07
Cohen's d [95% CI]	-0.08 [-0.69, 0.52]		0.16 [-0.44, 0.77]		0.18 [-0.43, 0.78]				
Tranquility	15.6 ± 2.3	15.5 ± 2.9	16.0 ± 1.9	16.0 ± 2.1	16.0 ± 2.1	14.4 ± 3.6	P = 0.13	P = 0.18	P = 0.01 *
Cohen's d [95% CI]	-0.04 [-0.64, 0.57]		0.00 [-0.60, 0.60]		-0.54 [-1.15, 0.08]				

HR; heart rate, RPE; ratings of perceived exertion, EMS; electrical muscle stimulation, CI; confidence interval, MCL-S.2; Mood Check List-short form 2, WASEDA; Waseda affect scale of exercise and durable activity.

Data are expressed as mean (SD) or median (interquartile range). The significance level was set at $P < 0.05$. * Significant main effect or interaction. # Main effect of time in RPE matched condition, $P < 0.05$. † vs. EMS & HR matched condition, $P < 0.05$.

た。MCL-S.2で評価した快感情は、時間の主効果がみられた($P = 0.032$)。リラックス感において交互作用が認められ($P = 0.013$)、単純主効果の検定を行ったところ、PRE一致条件において時間の主効果が認められ、実験後においてリラックス感が有意に低下していた($P = 0.018$)。また、3条件間のPost測定時において主効果がみられ($P = 0.022$)、RPE一致条件とEMS条件、およびRPE一致条件とHR一致条件との間に有意差がみられた(それぞれ $P = 0.045$)。WASEDAで評価した気分・感情では、落ち着き感に交互作用が認められ($P = 0.014$)、単純主効果の検定を行ったところ、RPE一致条件において時間の主効果が認められた($P = 0.019$)。また、3条件間のPost測定時において主効果がみられ($P = 0.016$)、RPE一致条件とEMS条件、およびRPE一致条件とHR一致条件との間に有意差がみられた(それぞれ $P = 0.016$)。

考 察

本研究は、健康な若年者を対象にして、EMSに誘発される筋収縮は、随意運動と同様に気分・感情を向上させるという仮説のもと、検証を行った。その結果、EMSと随意運動には快感情において時間の主効果がみられたが、交互作用はみられなかった。これらの結果は、EMSと随意運動における時間経過が快感情に影響を与えることを示している。また、リラックス感と落ち着き感は、有意な交互作用がみられた。これは、リラックス感と落ち着き感がRPE一致条件実施後に低下したことに起因すると考えられる。一方で、その他の気分・情動の指標については、統計学的な有意な差異はみられなかった。

近年、骨格筋における代謝や筋肥大に対する随意運動の影響に対し、EMSがその代替となる影響を示す可能性が示唆されている。本研究では、EMSと比較のために2種類の負荷強度指標(HR, RPE)をもとに強度を設定した。その結果、HR一致条件ではHRの変化量がEMS条件群よりも統計的に有意に高い値を示したが、その差は5 bpm

程度であったことから、心臓血管系に対する運動負荷強度はほぼ同じであったと推定された。一方、RPEで強度設定した場合は、RPE一致条件ではEMS条件と同じレベル(13ポイント)までの上昇であった。これらの結果から、本研究における条件設定はおおむね上手くいったと考えられる。

本研究で検討した気分・感情は、活性度、安定度、覚醒度、快適度(二次元気分尺度)、快感情、リラックス感、不安感(MCL-S.2)、否定的感情、高揚感、落ち着き感(WASEDA)であった。本研究で得られた結果のなかで特筆すべきことは、快感情に対して時間の主効果がみられたことである。この結果は、EMSと随意運動における時間経過が快感情に影響を与えることを示すものである。一過性の有酸素運動が気分・感情に有益であることは知られていたが^{7,8)}、本研究はこれらの先行研究の結果を広げるとともに、随意運動およびEMSによる局所的な筋収縮の生理的および心理的な応答が快感情にどのように影響を与えるのかを推察するうえで新しい知見を提供したといえる。これまでも一過性の運動による覚醒レベルの上昇²¹⁾や神経伝達物質の分泌²²⁾などが示唆されている。したがって、これらの要因が本研究においても気分・感情の向上に関与する可能性が考えられる。本研究で用いたEMSは随意運動とは異なり不随意的に骨格筋の筋収縮をもたらすものである。局所的な筋収縮により、活動筋では筋機械受容器反射や筋代謝受容器反射が亢進される¹⁴⁾。また、我々は先行研究で、筋の伸展・収縮の動きを重視したストレッチ運動後に快感情が上昇したことを示している¹⁰⁾。これらの結果は、局所的な物理的刺激である筋収縮による生理的および心理的な応答が、気分・感情の向上に貢献している可能性を示している。しかし、随意運動と局所的な筋収縮が気分・感情に影響を与えるメカニズムについては明らかになっておらず、今後の更なる検討が必要であると考えられる。本研究の結果は、一過性のEMSおよび随意運動による変化をとらえたものである。先行研究において、一過性の運動負荷の前後の比較においてポジティブな感情の誘発を

報告していることから^{7,8)}、本研究の応答は限定的ではあるが一種の感情変化をとらえていることを示唆するものである。今後、随意運動あるいはEMSにおける継続的負荷が気分・感情の向上に関与するか否かについて引き続き検証する必要があるだろう。

本研究では、リラックス感と落ち着き感に交互作用がみられた。この交互作用はEMSと2条件の随意運動との間で、運動前後でのリラックス感と落ち着き感の変化パターンに違いがみられたことを示している。RPE一致条件において、リラックス感と落ち着き感に時間の単純主効果がみられたことから、この交互作用はRPE一致条件における低下が主な要因であろう。一方、EMSおよびHR一致条件ではこれらの気分・感情に変化がみられなかった。HRがおよそ130 bpmであったRPE一致条件と比較して、EMSとHR一致条件の随意運動ではHRの上昇が小さかったことから、運動がリラックス感と落ち着き感に与える影響は、運動強度に依存すると考えられ、HRがその目安になるかもしれない。しかし、有酸素運動による生体に対するさまざまな有益な効果を考慮すると本研究にて中強度の運動により一時的にリラックス感と落ち着き感が低下したことは、これらの運動を行うことを推奨しないものではないと考えられる。

本研究では、随意運動だけでなく、EMSによる局所的な筋収縮によっても気分・感情が向上する可能性を示したという点において意義があると考えられるが、いくつかの限界がある。1つ目に、気分・感情の評価方法についてである。本研究でもこれまでの先行研究と同様に、気分・感情の評価は質問紙による主観的評価で行ったため、客観的な評価が不十分であったことが考えられる。気分・感情を定量的に評価することは難しいが、今後、主観的評価に加えて、客観的評価を併せて行うことが重要になるであろう。2つ目に、本研究では局所的な筋収縮が気分・感情にもたらす効果を検証する第一歩として、まずは健康な若年男性のみを対象にして行ったものである。今回の参加

者は気分・感情が良好なものが多かったため、局所的な筋収縮が気分・感情にもたらす効果が他の集団にも適応できるかを明らかにするためには、女性の参加者や高齢者、有疾患者などを対象にしたより規模の大きい研究を行うことが今後の検討に必要であると考えられる。3つ目に、本研究の実験デザインの限界点が挙げられる。安静の前後で気分・感情を評価する対照群を設けていない。そのため、本研究では時間経過による影響を除去できていないことが研究の限界として含まれるであろう。更に、EMSと随意運動との間で運動の随意性以外の条件(例えば、痛みに耐えることや姿勢など)を一致させることができなかった。今後は、更に実験条件を追加することでEMSが気分・感情にもたらす効果をより詳細に検討する必要があると考えられる。

総 括

本研究では、健康な若年男性を対象に一過性のEMSにより誘発された筋収縮が随意運動と同様に気分・感情を向上させるか否かを検討した。その結果、気分・感情を反映する多くの指標においてEMS、および随意運動による変化は認められず、結論は不明であった。一方で、快感情においては、EMS、および随意運動の両条件による改善がみられた。また、交互作用も認められなかったことから、EMSによる筋収縮は、随意運動と同様の快感情における改善効果をもたらす可能性があることが示唆された。

謝 辞

本研究は、科学研究費補助金(課題番号16H05919)の一部を用いて行われた。

利 益 相 反

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

参 考 文 献

- 1) World Health Organization. Mental health: strengthening our response. [updated 2018 March 30]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>.
- 2) Dedoncker J, Vanderhasselt MA, Ottaviani C, Slavich GM.

- Mental health during the COVID-19 pandemic and beyond: the importance of the vagus nerve for biopsychosocial resilience. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2021; 125: 1-10.
- 3) Varatharaj A, Thomas N, Ellul MA, Davies NWS, Pollak TA, Tenorio EL, Sultan M, Easton A, Breen G, Zandi M, Coles JP, Manji H, Al-Shahi Salman R, Menon DK, Nicholson TR, Benjamin LA, Carson A, Smith C, Turner MR, Solomon T, Kneen R, Pett SL, Galea I, Thomas RH, Michael BD, CoroNerve Study Group. Neurological and neuropsychiatric complications of COVID-19 in 153 patients: a UK-wide surveillance study. *The Lancet. Psychiatry*. 2020; 7: 875-82.
 - 4) Adamson BC, Ensari I, Motl RW. Effect of exercise on depressive symptoms in adults with neurologic disorders: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015; 96: 1329-38.
 - 5) Pascoe M, Bailey AP, Craike M, Carter T, Patten R, Stepto N, Parker A. Physical activity and exercise in youth mental health promotion: a scoping review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2020; 6: e000677.
 - 6) Stanton R, Happell B, Reaburn P. The mental health benefits of regular physical activity, and its role in preventing future depressive illness. *Nursing: Research and Reviews*. 2014; 4: 45-53.
 - 7) LeBouthillier DM, Asmundson GJ. A single bout of aerobic exercise reduces anxiety sensitivity but not intolerance of uncertainty or distress tolerance: a randomized controlled trial. *Cognitive Behaviour Therapy*. 2015; 44: 252-63.
 - 8) Arai H, Takenaka K, Oka K. Affect scale for acute exercise: scale development and examination of the exercise-induced affects. *The Japanese Journal of Health Psychology*. 2003; 16: 1-10.
 - 9) Garcia-Capdevila S, Portell-Cortes I, Torras-Garcia M, Coll-Andreu M, Costa-Miserachs D. Effects of long-term voluntary exercise on learning and memory processes: dependency of the task and level of exercise. *Behavioural Brain Research*. 2009; 202: 162-70.
 - 10) Sudo M, Ando S. Effects of acute stretching on cognitive function and mood states of physically inactive young adults. *Perceptual and Motor Skills*. 2020; 127: 142-53.
 - 11) Hamada T, Sasaki H, Hayashi T, Moritani T, Nakao K. Enhancement of whole body glucose uptake during and after human skeletal muscle low-frequency electrical stimulation. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 2003; 94: 2107-12.
 - 12) Miyamoto T, Iwakura T, Matsuoka N, Iwamoto M, Takenaka M, Akamatsu Y, Moritani T. Impact of prolonged neuromuscular electrical stimulation on metabolic profile and cognition-related blood parameters in type 2 diabetes: a randomized controlled cross-over trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2018; 142: 37-45.
 - 13) Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R, Tamaki A, Nakamura T, Moritani T. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2011; 21: 622-30.
 - 14) Williamson JW, Fadel PJ, Mitchell JH. New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central command update. *Experimental Physiology*. 2006; 91: 51-8.
 - 15) Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982; 14: 377-81.
 - 16) Sakairi Y, Nakatsuka K, Shimizu T. Development of the Two-Dimensional Mood Scale for self-monitoring and self-regulation of momentary mood states. *Japanese Psychological Research*. 2013; 55: 338-49.
 - 17) Hashimoto K, Murakami M. Reliability and validity of the reversed Mood Check List-short from 2 (MCL-S.2) measuring the positive mood state following exercise. *Journal of Health Science*. 2011; 33: 21-6.
 - 18) Giles D, Draper N, Neil W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 2016; 116: 563-71.
 - 19) van Ingen Schenau GJ, Dorssers WM, Welter TG, Beelen A, de Groot G, Jacobs R. The control of mono-articular muscles in multijoint leg extensions in man. *The Journal of Physiology*. 1995; 484 (Pt 1): 247-54.
 - 20) Cohen J. A power primer. *Psychological Bulletin*. 1992; 112: 155-9.
 - 21) Brisswalter J, Collardeau M, Rene A. Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*. 2002; 32: 555-66.
 - 22) McMorris T. Developing the catecholamines hypothesis for the acute exercise-cognition interaction in humans: lessons from animal studies. *Physiology and Behavior*. 2016; 165: 291-9.

【Report】

Effects of different environmental enrichment on locomotor activity and skeletal muscle volume in rats

Mizuki Sudo¹⁾ and Soichi Ando²⁾

Key words: enriched environment, wheel running activity, locomotor activity, skeletal muscle.

Introduction

Environmental enrichment (EE) involves housing conditions that facilitate enhancing sensory, cognitive and motor stimulation¹⁾. The housing environment is enriched with a variety of objects, which include running wheels, puzzles (mazes, plastic tubes in different configurations), and accessories (toys, ropes, ladders, tunnels, hanging objects, house, ramps, and platforms) to stimulate their attention and engagement in the environment^{2,3)}. Previous studies have suggested that EE can enhance cognition, visual-spatial attention, spatial memory, motor coordination, and ameliorate anxiety- and depressive-like behaviors in rodents⁴⁻⁶⁾. Based on these findings, it is widely accepted that EE conditions including wheel running have neuroprotective effects on a range of brain functions.

Recent studies have explicitly explored the effects of exercise (running or endurance exercise)-independent EE on brain function⁷⁾. These studies suggested that EE has the beneficial effects on brain function even if wheel running was not included^{8,9)}. These findings led us to consider that wheel running in the EE may not play a key role in beneficial effects on the brain function in rats.

Skeletal muscles are essential for physical activity

and exercise, and the decline in physical activity with aging has been shown to be primarily due to age-related muscle atrophy. The beneficial effects of EE on brain functions are thought to be due to increases in locomotor activity. However, it is still unclear whether skeletal muscle volumes in EE are affected by locomotor activity. Particularly, the effects of wheel running on skeletal muscle volumes should be further investigated. To test the effects of wheel running on skeletal muscle volume, wheel running needs to be isolated in the EE. Thus, in the present study, we compared the effects on skeletal muscle volumes among EE, EE without wheel running, and wheel running only conditions.

The purpose of this study was to examine the effects of different environmental enrichment on locomotor activity and skeletal muscle volume. We hypothesized that locomotor activity and/or motor stimulation in a variety of environmental enrichment in EE enhance muscle development.

Materials and Methods

A. Experimental animals and environmental housing conditions

Male Wistar rats (6 weeks of age; Japan SLC, Shizuoka, Japan) were housed in a temperature-con-

1) Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.

2) Department of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, Control Systems Program, University of Electro-Communications, Tokyo, Japan.

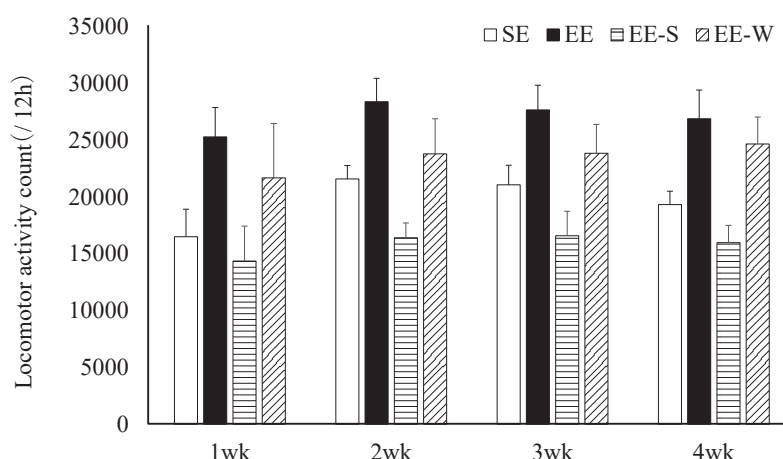


Figure 1. Locomotor activity counts during the dark period.

Values are expressed as mean $\pm$ SD.

SE: standard environment, EE: environmental enrichment, EE-S: without running wheel (only slope, tunnel, and hut) group, EE-W: only running wheel (without slope, tunnel, and hut) group.

trolled room (22 ± 2 °C) with a 12:12-h light-dark cycle, and received standard rat chow and water *ad libitum*. The present EE consisted of running wheel, slope, tunnel, and small hut. Rats were divided into four different housing groups (standard environment: SE, only running wheel (without slope, tunnel, and hut) group: EE-W, without running wheel (only slope, tunnel, and hut) group: EE-S, and EE, $n = 7-8$, each). In the SE group, rats were housed in groups of 2 rats per cage in standard laboratory cages (length $\times$ width $\times$ height: $40 \times 25 \times 20$ cm). In the EE groups, rats were housed in groups of 2 per cage in large cages ($60 \times 40 \times 40$ cm).

B. Measurement of locomotor activity

Locomotor activity in each rat was recorded using a recently developed three-axis accelerometers (Nano-Tag: $15 \times 14.2 \times 7.1$ mm, 2.5 g, Kissei Comtec Co. Ltd., Nagano, Japan)^{10,11}. This device is implanted subcutaneously in the back under anesthesia and records data individually^{10,11}. The advantage of the device is that specialized cages or devices are not required to measure locomotor activity in free-moving conditions. This means that activity data can be collected from multiple animals in the same cage, without constraining the testing location. The accelerometer

counted above the threshold that was determined based on the preliminary experiments. In this study, we determined movements during feeding behavior as the threshold. This allowed to detect all kinds of movements in the cage as locomotor activity.

C. Soleus muscle volumes measurement

After exposure to each environment for 30 days, soleus muscle was removed under anesthesia and immediately weighted.

D. Ethical approval

All animal cares and protocols were approved by the Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare Animal Care and Use Committee (Approval number: 2014002).

E. Statistics

All experimental data are expressed as mean $\pm$ standard deviation. Two-way analysis of variance (ANOVA) was performed with Week and Group as factors. Tukey's multiple comparisons test was used as a post-hoc test. Differences were considered statistically significant when $P < 0.05$.

Results

A. Locomotor activity

Locomotor activity of rats was measured every day,

the mean of those data was calculated per week in during the dark period (Figure 1). A two-way ANOVA found the statistically significant main effect of group ($F(3,27) = 7.137$, $P = 0.001$). The post-hoc analysis showed that locomotor activity of the EE group (1wk 25307 ± 2590 , 2wk 28405 ± 2065 , 3wk 27682 ± 2177 , 4wk 26901 ± 2534 count/12h) was significantly higher than the SE group (1wk 16516 ± 2423 , 2wk 21601 ± 1191 , 3wk 21085 ± 1730 , 4wk 19344 ± 1184 count/12h, $P = 0.043$). The EE-W group (1wk 21693 ± 4798 , 2wk 23815 ± 3095 , 3wk 23866 ± 2541 , 4wk 24684 ± 2371 count/12h) showed significantly higher locomotor activity than the EE-S group (1wk 14369 ± 3084 , 2wk 16419 ± 1312 , 3wk 16595 ± 2159 , 4wk 15990 ± 1531 count/12h, $P = 0.028$). Neither main effect of week nor interaction between group and week were observed.

B. Soleus muscle volume

Soleus muscle volume per body weight was greater in the EE-S (0.40 ± 0.03 mg/g) and EE-W groups (0.45 ± 0.03 mg/g) compared with the SE group (0.37 ± 0.02 mg/g, $P = 0.014$, $P < 0.001$, respectively). While the trend was same for the EE group (0.41 ± 0.02 mg/g, $P = 0.06$), the difference for soleus muscle volume between the SE group and EE group was not statistically significant in the post-hoc analysis.

Discussion

The major findings of this study were that: 1) locomotor activity was greater in the EE group than in the SE group; 2) locomotor activity was lower in the EE-S (without running wheel) group as compared with the EE-W (with running wheel) group; 3) Soleus muscle volume was greater in the EE-W and the EE-S groups than the SE group. These results indicate that environmental enrichment condition, including running exercise, led to muscle hypertrophy in rats. The present findings suggest that locomotor activity and high frequency of low-intensity motor stimulation in environmental enrichment enhance muscle develop-

ment in rats.

Locomotor activity reduced in the EE-S group as compared with the EE-W groups, which suggests that wheel running plays a key role in increase in locomotor activity in EE condition. The combination of voluntary wheel running, rearing, and walking with accessories may have important role for increasing daily locomotor activity. Indeed, the combined aerobic and resistance training circuit is effective for increasing daily activity in older woman¹²⁾. Nevertheless, soleus muscle volume increased in all EE conditions as compared with the SE condition. Locomotor activity was comparable between the SE and EE-S groups.

Soleus muscle is vital for running, walking, and postural control. These results suggest that increased soleus muscle volume in the EE-S group is not only due to locomotor activity, but also muscle active pattern in enriched environment without running wheel.

A previous study has shown that low load resistance training led to similar muscle hypertrophy gains to high load resistance training¹³⁾. In the present study, the EE-S group contained the slope, hut, and tunnels (not contained running wheel). The results of this study suggest that high frequency of low-intensity motor stimulation induced by locomotor activity through these settings may have led to skeletal muscle hypertrophy. However, future studies are needed to clarify the issue.

In conclusion, wheel running activity and locomotor activity without wheel running increased soleus muscle volume in the environment enrichment.

Acknowledgments

This study was supported by a grant from the Grant-in-Aid for Young Scientists (A) (JP16H05919) and a Grant-in-Aid for Exploratory Research (JP26560336) from JSPS KAKENHI.

References

- 1) Nithianantharajah J, Hannan AJ. Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews. Neuroscience*. 2006; 7:

- 697-709.
- 2) Baumans V. Environmental enrichment for laboratory rodents and rabbits: requirements of rodents, rabbits, and research. *ILAR Journal*. 2005; 46: 162-70.
 - 3) Singhal G, Jaehne EJ, Corrigan F, Baune BT. Cellular and molecular mechanisms of immunomodulation in the brain through environmental enrichment. *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2014; 8: 97.
 - 4) Harati H, Majchrzak M, Cosquer B, Galani R, Kelche C, Cassel JC, Barbelivien A. Attention and memory in aged rats: Impact of lifelong environmental enrichment. *Neurobiology of Aging*. 2011; 32: 718-36.
 - 5) Tees RC. The influences of sex, rearing environment, and neonatal choline dietary supplementation on spatial and nonspatial learning and memory in adult rats. *Developmental Psychobiology*. 1999; 35: 328-42.
 - 6) Williams BM, Luo Y, Ward C, Redd K, Gibson R, Kuczaj SA, McCoy JG. Environmental enrichment: effects on spatial memory and hippocampal CREB immunoreactivity. *Physiology and Behavior*. 2001; 73: 649-58.
 - 7) Birch AM, McGarry NB, Kelly AM. Short-term environmental enrichment, in the absence of exercise, improves memory, and increases NGF concentration, early neuronal survival, and synaptogenesis in the dentate gyrus in a time-dependent manner. *Hippocampus*. 2013; 23: 437-50.
 - 8) Birch AM, Kelly AM. Lifelong environmental enrichment in the absence of exercise protects the brain from age-related cognitive decline. *Neuropharmacology*. 2019; 145: 59-74.
 - 9) Singhal G, Morgan J, Jawahar MC, Corrigan F, Jaehne EJ, Toben C, Breen J, Pederson SM, Hannan AJ, Baune BT. The effects of short-term and long-term environmental enrichment on locomotion, mood-like behavior, cognition and hippocampal gene expression. *Behavioural Brain Research*. 2019; 368: 111917.
 - 10) Sakai K, Ishikawa A, Mizuno Y, Maki T, Oda Y, Takahashi E. Simplified drug efficacy screening system for sleep-disorder drugs using non-human primates. *Heliyon*. 2020; 6: e03524.
 - 11) Yoshizawa T, Shimada S, Takizawa Y, Makino T, Kanada Y, Ito Y, Ochiai T, Matsumoto K. Continuous measurement of locomotor activity during convalescence and acclimation in group-housed rats. *Experimental Animals*. 2019; 68: 277-83.
 - 12) Obuchi S, Kawai H, Mitsutake S, Anzai S, Inomata T, Saito H, Tsuda H, Nakajima T. Effectiveness of combined aerobic and resistance training circuit on daily physical activity among community-dwelling older people. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2015; 64: 305-14.
 - 13) Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, West DW, Burd NA, Breen L, Baker SK, Phillips, SM. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology* (1985). 2012; 113: 71-7.

〔二次出版〕

教室におけるスタンディングデスクの導入が児童の経時的な身体活動および座位活動に及ぼす影響

—International Journal of Environmental Research and Public Health に
掲載された英語論文の日本語による二次出版—

城所哲宏¹⁾, 清水安夫¹⁾, 枝元香菜子²⁾, アニア・マイケル¹⁾

SUMMARY

本研究は、教室におけるスタンディングデスクの導入が、児童の経時的な身体活動および座位活動に及ぼす影響を検討することを目的とした。長野県の小学校における対象学級(2学級)に在籍する11~12歳の児童38名(男子22名, 女子16名)を対象とした。1クラスを介入クラス, もう1クラスを対照クラスと割り当てた。介入クラスの児童および教員に対し6か月間, 昇降式スタンディングデスク1台が支給された。座位時間, 低強度身体活動(LPA), 中高強度身体活動(MVPA)は, 加速度計を用いて測定した。介入クラスにおいては, スタンディングデスクを導入後, 座位時間が有意に減少した(18.3分/日)。また, 座位時間の減少に伴い, MVPAが有意に増加した(19.9分/日)。経時的な身体活動および座位活動を評価した解析の結果, 介入クラスでは, 学校内における座位時間は有意に減少し, 学校外での座位活動には有意な変化はなかった。本研究の結果より, 小学校の教室にスタンディングデスクを導入することは, 代償行動なく, 座位時間を減少できる可能性が示唆された。

Key words: 昇降デスク, 座位時間, アクチグラフ, 介入, 時間変動, 学齢期児童, 健康

緒言

座位活動(1.5メッツ未満の活動¹⁾)の増加は, 日本を含め現代社会における世界的な問題である^{2,3)}。これまで多くの研究より, 長時間の座位活動と心血管疾患リスクに負の関連性が認められている^{4,5)}。また, 長時間の座位活動が, 児童の自尊心や学力成績の低下と関連していることが報告されている^{4,5)}。更に, 子ども期の座位活動パターンは, 青年期や成人後の座位活動パターンに

関連するとされている^{6,7)}。これらの研究は, 早い時期における行動変容の必要性を示唆している。したがって, 子ども期における座位活動を減らすための効果的な介入は, 子どもの現在および将来の健康に対して極めて重要であり, 学校はこうした介入を実施するための重要な場であると考えられる。

日本における学齢期の児童は, 起きている時間の50%以上を教室内で過ごすとされている⁸⁾。一方, 教室におけるほとんどの時間において, 児

1) 国際基督教大学教養学部 Department of Health & Physical, Education College of Arts & Science, International Christian University, Tokyo, Japan.
2) 金沢学院大学文学部教育学科 Department of Education, Faculty of Letters, Kanazawa Gakuin University, Kanazawa, Japan.

本論文は以下の論文を忠実に日本語翻訳した二次出版です。引用を行う場合には原典を確認のうえ, 下記を引用してください。

Kidokoro T, Shimizu Y, Edamoto K, Annear M. Classroom standing desks and time-series variation in sedentary behavior and physical activity among primary school children. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019; 16(11): E1892.

児童は座っていることが求められている。その結果として、教室は、児童たちの座位活動が蔓延する場となっている。これまでの研究より、児童は授業中における50～70%の時間を座って過ごすことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。また、「学校内」における座位時間は、「学校外」における座位時間と比較して、有意に長いことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。したがって、こうした教室環境をより活動的な空間に変換することは、児童の座位時間を減少させるうえで有効な可能性が考えられる。これを実現させるための1つの方法として、従来の「座ることが基本である机(通常の机)」を「昇降式のスタンディングデスク(立ちながらでも作業が可能となる机)」と入れ替え、児童が立位姿勢で身体を動かしながら学習する環境を作ることが挙げられる。これにより、学習時の座位活動が低強度身体活動(LPA)や中高強度身体活動(MVPA)に置き換わることで、座位時間が減少する可能性が期待できる。これまでの予備的研究によると、スタンディングデスクの導入が、児童の座位時間を有意に減少させることが報告されている¹¹⁻¹⁴⁾。また、スタンディングデスクの導入により、児童の認知機能および学力成績に好ましい影響がある可能性が報告されている¹⁵⁻¹⁷⁾。更に、スタンディングデスクを使用することで、エネルギー消費量が高まり、過体重や肥満のリスクが軽減される可能性が報告されている^{18,19)}。

こうしたスタンディングデスクに関する肯定的な効果¹¹⁻¹⁴⁾が報告されている一方で、スタンディングデスクの導入が児童における経時的な座位活動に及ぼす影響については検討されていない。特に、これまでの研究では、主要評価項目として、1日トータルの座位時間が用いられており、経時的な座位活動に対して、スタンディングデスクの導入がどのような影響を及ぼすかについては明らかにされていない。スタンディングデスク導入が、児童の座位活動に「いつ」「どのように」して影響を及ぼすかを明らかにすることは、今後のスタンディングデスクの導入による介入の際に、有益な情報となり得る。そこで、本研究は、小学校の教

室へのスタンディングデスクの導入が、児童の座位活動を減少し、身体活動を増加させるかについて明らかにすることを目的とした。また、学校内における座位時間の変化が、学校外における座位時間に、どのような影響を及ぼすかを検討した。先行研究における肯定的な効果¹¹⁻¹⁴⁾を踏まえ、スタンディングデスクの導入は、児童の身体活動レベルを増加させるという仮説を立て、研究を実施した。

方法と方法論

A. 対象者

対象者は、長野県佐久市にあるA小学校に通う児童とした。A小学校における学校長および教頭との議論を踏まえ、第6学年(11～12歳)の2クラスに在籍する児童を本研究における研究対象者とした。研究実施にあたり、介入クラスにおいて既存のデスクを昇降式のスタンディングデスクに取り換える旨を保護者に対して書面にて説明し、児童の研究参加について同意を得た。本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、国際基督教大学の研究倫理委員会にて研究実施の承諾を得た(ID:2018-16)。

B. 研究デザイン

介入期間は、2018年7月から12月までの6か月間とした。本研究は、1クラスを介入クラス、もう1クラスを対照クラスと割り当てた準実験研究であった。介入クラス(n=22名、男子13名、女子9名)の児童および教員は、各1台の昇降式のスタンディングデスク(StaFit, 株式会社オカムラ)がそれぞれ支給された。このスタンディングデスクは、学齢期の児童専用開発されたデスクであり、児童は姿勢に応じて容易にデスクの高さを調整することが可能である。更に、スタンディングデスクの脚にはキャスターがついており、児童はスタンディングデスクごと容易に教室を動き回ることが可能であった。なお、既存の椅子は、そのまま使用することとしたため、従来と同様、座って学習することも可能であった。介入を実施するにあたり、介入クラスの教員を対象に、スタ

ンディングデスクの使用方法や期待される効果に関する対面での講習会を研究の開始前に2回実施した。1回目の講習会においては、スタンディングデスクを使用することで期待される健康および教育的効果に関する科学的根拠について説明をした。次に、2回目の講習会においては、授業中における具体的なスタンディングデスクの使用方法について説明をした。更に、これまでの研究²⁰⁾を参考に、研究チームが作成したデスクの使用マニュアルをクラス担任に配布した。本マニュアルには、期待される便益や、具体的な使用方法に関する情報を記載した(例、グループワーク、プレゼンテーション、ディスカッション)。加えて、介入クラスの児童に対しても、スタンディングデスク使用による期待される効果を説明し、行動変容が起こるように促した。介入クラスの児童および教員に対しては、「極力、長時間の座位時間を避けて下さい」と依頼した一方、どの程度使用するか(時間、頻度)については、介入クラスの児童および教員に一任した。スタンディングデスクを導入する以外では、クラス環境およびカリキュラムに一切の変更はなかった。一方、対照クラス(n=21名、男子14名、女子7名)においては、教室環境の変化は一切なく、従来どおりの生活を送るように依頼した。なお、日本の小学校においては、国の教育基準によって学習カリキュラムが決められている²¹⁾。本研究における介入クラスおよび対照クラスの学習カリキュラムは同一であり、介入期間中に両クラスとも変更はなかった。

C. 評価項目

研究調査は、介入クラスおよび対照クラスにおいて、ベースライン調査(スタンディングデスク導入前、2018年6月)およびフォローアップ調査(スタンディングデスク導入から19~20週間後、2018年12月)に行った。フォローアップ調査は、研究協力校の年間スケジュール(例、体育祭、文化祭など)を考慮したうえで実施日程を決定した。座位時間および身体活動は3軸加速度計を用いて評価した(ActiGraph, wGT3X-BT, LLC, Pensacola, FL, USA)。本加速度計は、子どもにおける身体

活動および座位活動の評価において、その妥当性および信頼性が認められている^{22,23)}。対象者には、睡眠中および水中活動(例、入浴、水泳)を除き、連続した5日間(月曜日から金曜日)、ベルトを使用して右腰に加速度計を装着するよう依頼した。加速度データは15秒おきに収集した。これまでの研究²⁴⁾を参考に、60分以上ゼロカウントが継続した場合に、「加速度計非装着」と定義した。装着時間が1日10時間以上あった日を有効日とし、有効日が4日間以上あった対象者を、有効データとした²⁵⁾。身体活動は、Evenson²²⁾のカットオフ値を用い、次の3カテゴリーに分類した：座位活動(101カウント/分未満)、LPA(101~2295カウント/分)、MVPA(2296カウント/分以上)。加速度計により得られたデータは、ActiLife(バージョン6.13.3)を用いて解析した。

D. 質問紙項目

フォローアップ調査において、介入クラスの児童を対象に、スタンディングデスク使用に関する質問紙調査を行った。具体的には、「私はスタンディングデスクを使った授業が好きである」および「私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う」という質問に対し、「全く当てはまらない」から「とても当てはまる」の4段階での回答を依頼した。これらの回答結果については、表1に示した。

また、介入期間における「スタンディングデスクの使用頻度」について、対象者に以下の質問に回答するよう依頼した。質問：「ふだん、1週間(月曜~金曜日)でどのくらいスタンディングデスクを使っていますか?」。回答：「全く使っていない(0と入力)」、「ほとんど使っていない(0.5と入力)」、「1週間に1回(1と入力)」、「1週間に2回(2と入力)」、「1週間に3回(3と入力)」、「1週間に4回(4と入力)」、「毎日(5と入力)」。更に、「1回当たりの使用時間」について、対象者に以下の質問に回答するよう依頼した。質問：「スタンディングデスクを使ったとき、1回当たりどのくらいの時間使っていますか?」。回答：「0~5分(2.5と入力)」、「5~15分(10と入力)」、「15

表 1. 児童のスタンディングデスクに対する考え方

児童の考え方	とても当てはまる	当てはまる	当てはまらない	全く 当てはまらない
スタンディングデスクに対する態度				
私はスタンディングデスクを使った授業が好きである, % (n)	16.7(3)	50.0(9)	27.8(5)	5.6(1)
私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う, % (n)	27.8(5)	44.4(8)	16.7(3)	11.1(2)
スタンディングデスク教室では…				
自分の感じていることをうまく相手に表現することができる, % (n)	5.6(1)	61.1(11)	22.2(4)	11.1(2)
作業がやりやすい, % (n)	44.4(8)	33.3(6)	11.1(2)	11.1(2)
疲れてぐったりする, % (n)	5.6(1)	5.6(1)	38.9(7)	50.0(9)
眠くならない, % (n)	55.6(10)	38.9(7)	5.6(1)	0(0)

表 2. 介入クラスにおけるスタンディングデスクの使用状況

スタンディングデスクの使用	平均 ± 標準偏差 または% (n)
使用頻度	
平均の使用時間(分/日)	21.4±5.9
授業中において姿勢を変える頻度(回/クラス)	1.8±0.8
どの科目のときに、立って授業を受けることが多かったですか？(複数回答)	
算数, % (n)	5.6(1)
社会, % (n)	77.8(14)
国語, % (n)	94.4(17)
理科, % (n)	0(0)
英語, % (n)	0(0)
音楽, % (n)	0(0)
家庭科, % (n)	0(0)
技術, % (n)	0(0)
美術, % (n)	22.2(4)
道徳, % (n)	66.7(12)
書道, % (n)	44.4(8)
図画工作, % (n)	50.0(9)
どんなときに立っていることが多かったですか？(複数回答)	
朝活動のとき, % (n)	0(0)
眠くなったとき, % (n)	22.2(4)
疲れたとき, % (n)	11.1(2)
集中したいとき, % (n)	16.7(3)
グループ活動をするとき, % (n)	94.4(17)
本を読むとき, % (n)	22.2(4)
字を書くとき, % (n)	22.2(4)
工作など作業をするとき, % (n)	44.4(8)
絵を描くとき, % (n)	0(0)
計算をするとき, % (n)	0(0)
友達と話すとき, % (n)	33.3(6)
自分の意見を発表するとき, % (n)	16.7(3)
遠くの友達に話に行くとき, % (n)	33.3(6)
その他, % (n)	0(0)

～30分(22.5と入力)」、「30～45分(37.5と入力)」。
データ取得後、以下の数式を用いて、1日当たりのスタンディングデスク使用時間を算出した。

スタンディングデスク使用時間(分/日) =
スタンディングデスクの使用頻度 × 1回当たりの使用時間

更に、「スタンディングデスクを最も多く使用した科目」および「スタンディングデスクを最も使用した場面」について、対象者にそれぞれ尋ねた。具体的には、「あなたはどの科目のときに、立って授業を受けることが多かったですか？」および「あなたはどんなときに立っていることが多かったですか？」との質問に対し、それぞれ複数回答可の形式で回答を依頼した。これらの回答結果と1日当たりのスタンディングデスク使用時間の平均値は表2に示した。

E. データ分析

介入クラスおよび対照クラスにおける差を検討するため、対応のない *t* 検定を実施した。また、両クラスにおけるスポーツクラブへの所属状況の差を検討するため、カイ二乗検定を実施した。なお、対象者間における加速度計の装着時間の違いを考慮するため、座位時間、LPA および MVPA は、パーセントデータとして算出をした。両クラスにおけるベースライン調査からフォローアップ調査への座位活動および身体活動の変化の違いを検討するため、二要因分散分析(クラス × 時間)を実施した。効果量(η^2)は以下の公式を用いて算出した。

η^2 = 評価項目の主効果もしくは交互作用 / 全体平方和

経時的な身体活動および座位活動は、各時間帯における平均値(%)を用いて算出した。例えば、午前7時における身体活動は、午前6時30分から7時30分における身体活動の平均値を用いて評価した。研究協力校における時間割によると、正課時間は午前8時20分から午後4時(日本の公立小学校における一般的な授業時間)であった。両クラスにおける経時的な身体活動の差を検討するため、二要因分散分析(クラス × 時間)を実施した。本研究と類似した手法を用いている先行研究¹²⁾に

おいて、効果量(Cohen's *D*)が0.66であると報告されていることから、検出力80%およびアルファレベル5%において、本研究では少なくとも13名以上のサンプル数が必要であることが算出された²⁶⁾。統計分析にはSPSS(バージョン24, SPSS, Inc., IBM, Armonk, NY, USA)を用いた。*P* 値が0.05未満を有意差ありとし、適切な場合は効果量も報告した。

結 果

ベースライン調査およびフォローアップ調査において、介入クラスにおける22名のうち、4名の児童が加速度計における有効データ基準を満たさなかった(18.2%, 男子4名)。一方、対照クラスにおいて、1名の児童が有効データ基準を満たさなかった(4.8%, 男子1名)。両クラスにおける加速度計の有効データ割合に関して、有意な差はなかった(カイ二乗検定, *P* = 0.170)。最終的な分析対象者は、介入クラスは18名の児童(男子9名, 女子9名)と対照クラスは20名の児童(男子13名, 女子7名)であった。

両クラスにおけるベースライン調査のMVPA,

表3. ベースライン調査における対象者の特性

対象者の特性	介入クラス (n=18)	対照クラス (n=20)	<i>P</i> 値
年齢, 歳	11.3±0.5	11.3±0.5	0.805
身長, cm	144.6±7.0	145.3±6.6	0.748
体重, kg	38.7±9.7	37.0±8.5	0.534
BMI, kg/m ²	18.3±3.1	17.4±3.3	0.379
男子の割合, %(n)	50.0(9)	65.0(13)	0.350
SB, %	61.7±7.9	67.1±6.1	0.023
LPA, %	28.8±4.9	24.2±4.4	0.005
MPA, %	6.2±2.6	5.6±2.2	0.429
VPA, %	3.3±1.8	3.1±1.7	0.695
MVPA, %	9.5±3.8	8.7±3.7	0.490
歩数(歩/日)	11295±3229	11796±2140	0.573
加速度計装着時間(分/日)	764.5±95.4	827.2±89.6	0.045
スポーツクラブ 所属状況, %(n)	38.9(7)	40.0(8)	0.944

結果は平均値と標準偏差で示している。SB(座位時間), LPA(低強度身体活動), MPA(中強度身体活動), VPA(高強度身体活動), MVPA(中高強度身体活動)

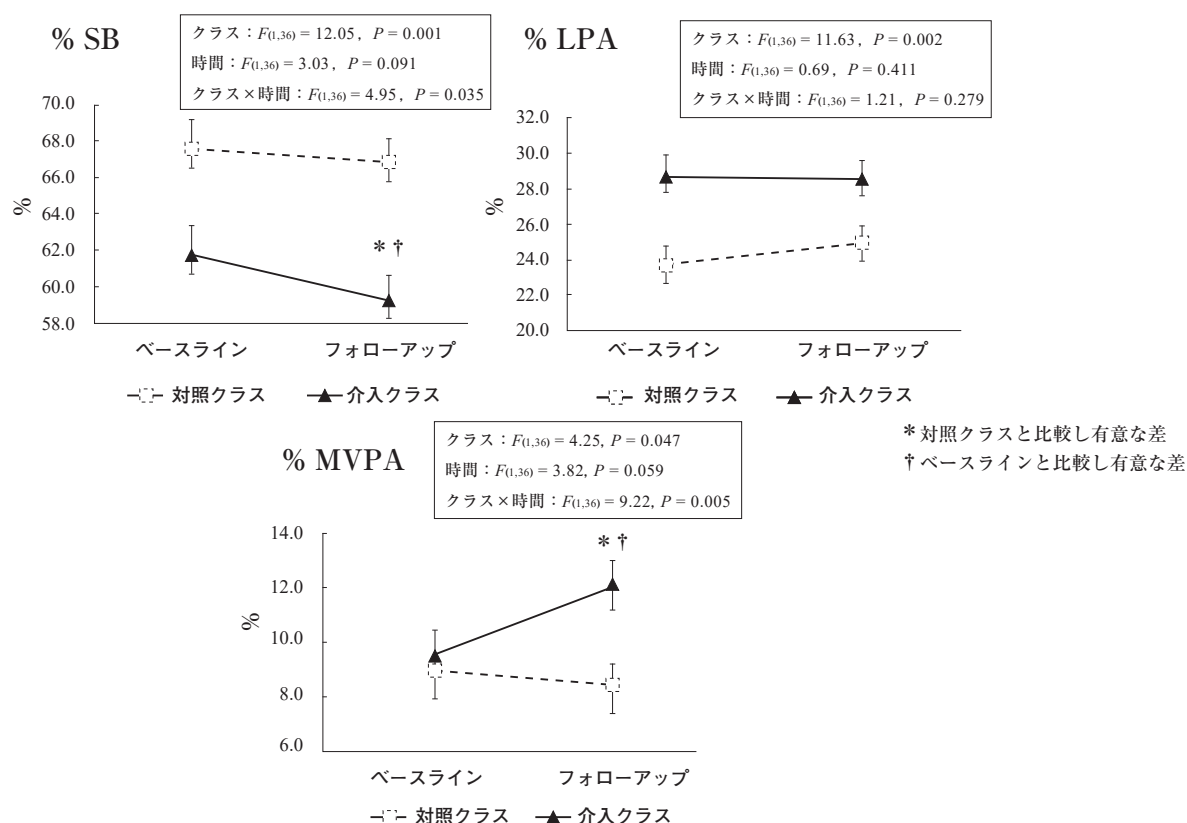


図1. 介入期間における身体活動および座位活動の変化

結果は平均値および標準誤差で示している。介入期間中の身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(クラス×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

歩数, 加速度計装着時間, スポーツクラブへの所属状況には有意な差は認められなかった(表3)。しかしながら, 介入クラスにおけるベースライン調査の座位時間は, 対照クラスと比べ, 有意に低い値を示した($P = 0.023$)。また, 介入クラスの児童において, 対照クラスの児童と比べ, ベースライン調査のLPAが有意に高い値を示した($P = 0.005$)。

図1には, 両クラスにおけるベースライン調査からフォローアップ調査での身体活動および座位活動の変化を示した。介入クラスにおいては, フォローアップ調査で座位時間が有意に減少した。一方, 対照クラスでは座位時間に有意な変化はなかった($F_{(1,36)} = 4.95, P = 0.035, \eta^2 = 0.082$)。介入クラスにおける座位時間の減少程度は, 1日18.3分であった。また, 介入クラスにおいて, 介入期間中にMVPAが有意に増加した。一方, 対照ク

ラスでは有意な変化は認められなかった($F_{(1,36)} = 9.22, P = 0.005, \eta^2 = 0.213$)。介入クラスにおけるMVPAの増加程度は, 1日19.9分だった。介入期間中のLPAに関して, 両クラスともに有意な変化はなかった($P = 0.279$)。

図2では, 介入クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化を示した。結果, 介入期間中において, 座位時間, LPA, MVPAに有意な変化が認められた(すべて $P < 0.05$)。特に, フォローアップ調査における午前9時から10時の座位時間は, ベースライン調査と比べて, 有意に低値を示した。一方, フォローアップ調査における午前9時から10時のMVPAは, ベースライン調査と比べて, 有意に高値を示した(すべて $P < 0.05$)。他の時間帯においては, 身体活動レベルに有意な変化が認められなかった(図2)。図3では, 対照クラスにおける経時的な身体活動量の変化を示し

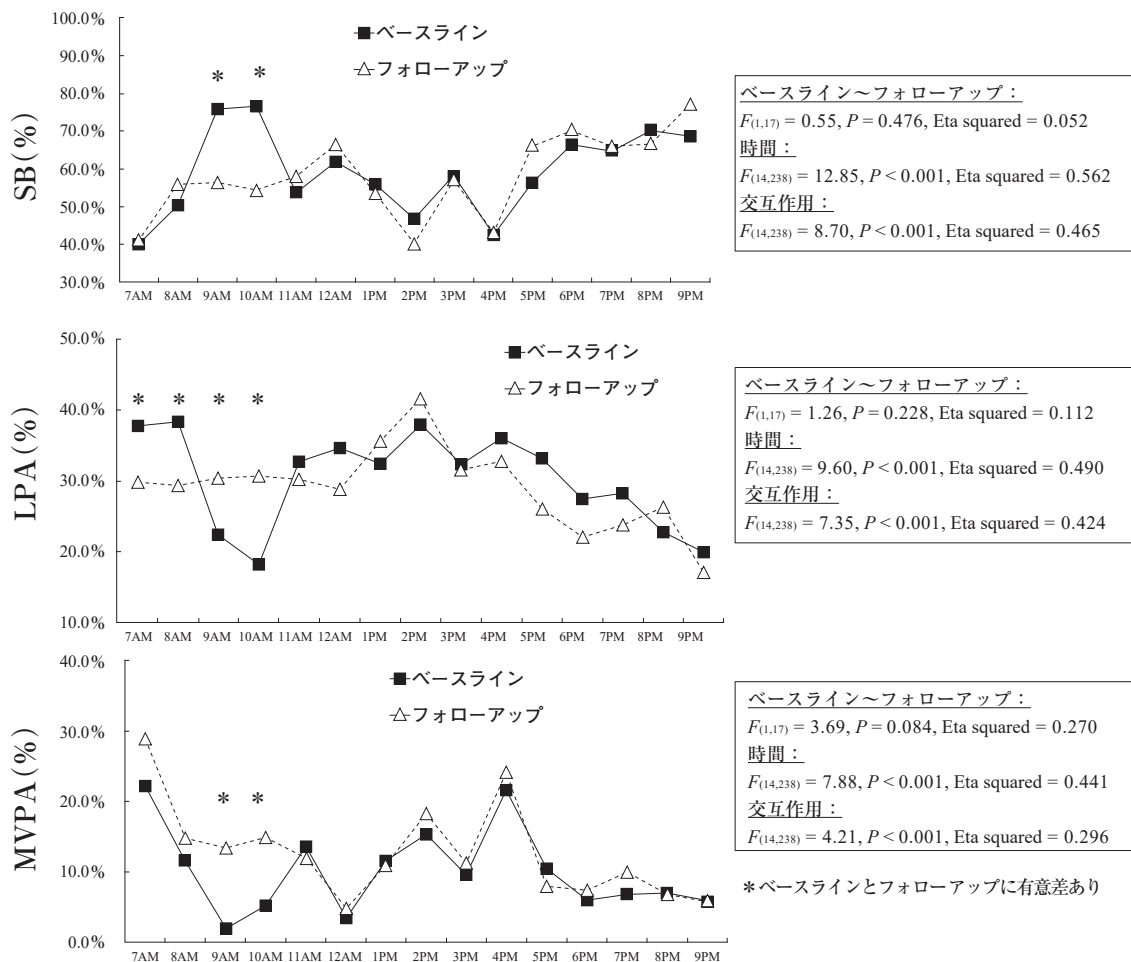


図2. 介入クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化

結果はパーセンテージで示している。介入期間中における経時的な身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(ベースライン～フォローアップ×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

た。結果、座位時間、LPA および MVPA において、午前8時、9時、12時、午後2時および3時において、介入期間中に有意な変化が認められたものの、明確な変化のパターンについては確認されなかった(図3)。

介入クラスにおける座位活動の減少に加え、質問紙調査からも、スタンディングデスクに対する肯定的な意見が報告された(表1)。具体的には、66.7%の児童が「私はスタンディングデスクを使った授業が好きである」と回答し、72.2%の児童が「私はこれからもスタンディングデスクを使いたいと思う」と回答した。また、66.7%の児童が「自分の感じていることをうまく相手に表現す

ることができる」、77.7%の児童が「作業がやりやすい」、94.5%の児童が「眠くならない」と回答した。加えて、11.2%の児童のみ「疲れてぐったりする」と回答した。

表2では、スタンディングデスク使用に関する項目を示した。自己申告による1日当たりのスタンディングデスクの平均使用時間は 21.4 ± 5.9 分であり、加速度計で評価したMVPA増加の程度と同様の結果が得られた。また、授業中において、平均すると、 1.8 ± 0.8 回姿勢を変えていたと回答した。スタンディングデスクが最も使用された授業は国語(94.4%)であり、続いて、社会(77.8%)、道徳(66.7%)、図画工作(50.0%)、書道(44.4%)、

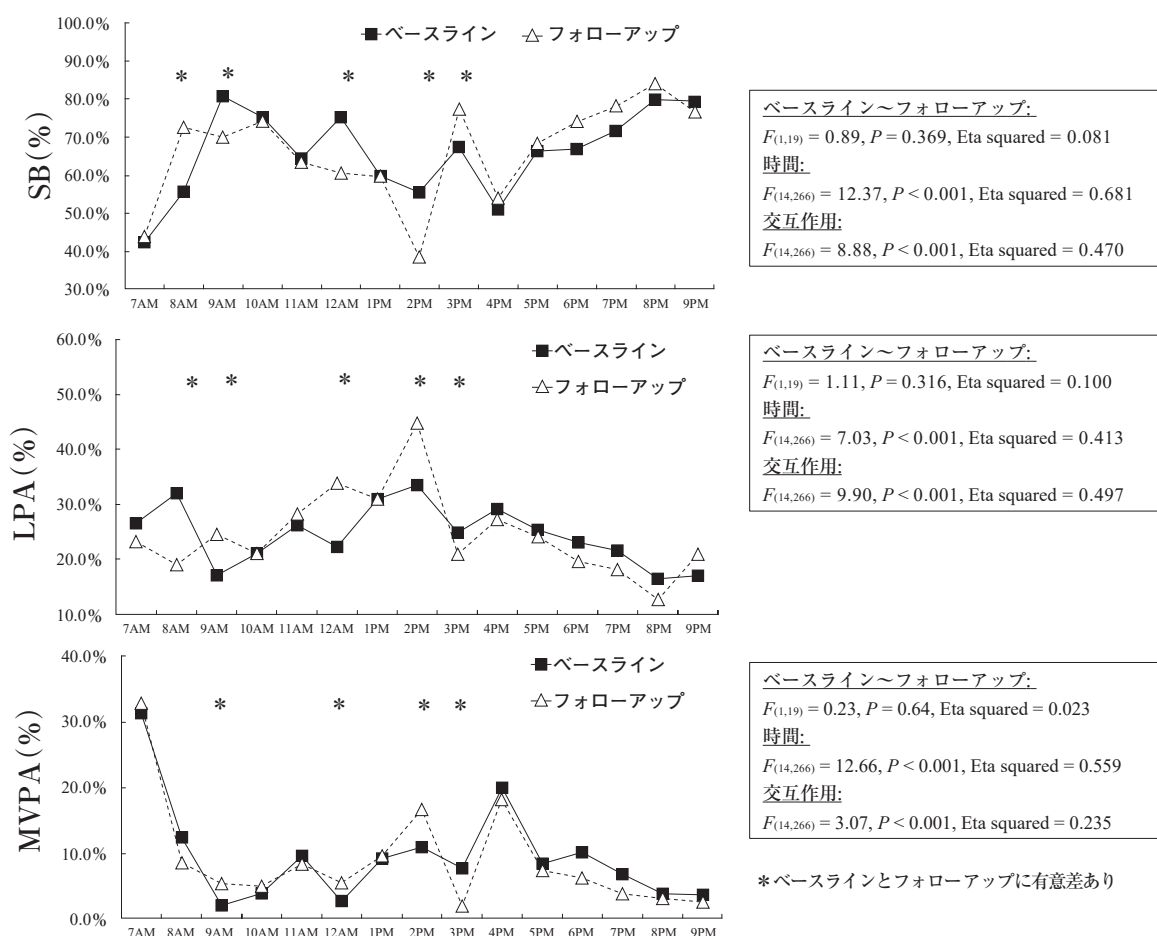


図3. 対照クラスにおける経時的な身体活動および座位活動の変化

結果はパーセンテージで示している。介入期間中における経時的な身体活動および座位活動の変化を検討するため、二要因分散分析(ベースライン～フォローアップ×時間)を実施した。交互作用が確認された場合、下位検定を行い、各要因の主効果を確認した。

SB: 座位時間, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

美術(22.2%), 算数(5.6%)の順で使用されていた。スタンディングデスクが使用された場面に関して、最も使用されていた場面はグループ活動をするとき(94.4%)であり、次いで、工作など作業をするとき(44.4%), 友達と話すとき(33.3%)であった。

考 察

本研究は、児童を対象とし、教室におけるスタンディングデスクの導入が、児童の経時的な座位時間に及ぼす影響を検討した初めての研究であった。本研究より、スタンディングデスクの導入は、座位時間を有意に減少し、MVPAを有意に増加させる可能性が示された。また、経時的な座位活動の変化を検討した解析より、スタンディ

ングデスクの導入は、学校内の座位時間を有意に減少させる一方、学校外の座位時間に関して、代償行動が起こらない可能性を示した。このことにより、1日のトータルの座位時間が有意に減少する結果となった。

本研究では、介入クラスにおいて、スタンディングデスク導入により、顕著な座位時間の低下が認められ(-18.3分/日)、それに伴い、同程度のMVPA増加(+19.9分/日)が確認された。本研究によって認められた座位時間の減少程度は、これまでの研究¹¹⁻¹⁴⁾と比べるとやや少ない(-55分~22分/日)が、国際的な身体活動ガイドラインが1日60分以上の身体活動を推奨している²⁷⁾ことを考慮すると、本研究で19.9分の増加が認められたことは

意義がある。つまり、スタンディングデスクを導入することで、推奨されている基準の33%を達成できる可能性が示された。一方、スタンディングデスクを導入することが臨床的にどれだけ意義があるかについて、本研究から論じることはできない。しかしながら、成人を対象とした先行研究によると、座位時間を MVPA にわずか30分置き換えることで、心血管疾患のリスク項目が10.7%改善する可能性が報告されている²⁸⁾。

本研究では、スタンディングデスクを導入することで、座位時間が有意に減少したという点で、これまでの研究¹¹⁻¹⁴⁾と一致した結果を得ている。一方、新たに明らかになったことは、学校内における座位時間の減少が、学校外の座位時間に対する負の代償行動を引き起こさなかった点である。この結果は、スタンディングデスクの使用は、児童にとって必要以上に疲労する行為ではなく、学校現場に組み込むことができる現実的なアプローチであることを示唆している。これまでの研究によると、学校現場での身体活動介入(例、体育の授業数を増やす等)は、必ずしも1日の身体活動レベルを高めない可能性が報告されている²⁹⁻³¹⁾。これは学校内での介入が、学校外での活動に代償行動として影響を及ぼす可能性を示唆しており、例えば、児童が学校内で十分に活動したと感じた場合、学校外での活動を減少させることが1つの原因ではないかと考えられている²⁹⁾。この点、スタンディングデスクを用いて、座位活動を減らすことを目的とした本研究での介入は、児童への身体的負荷も少なく(もしくは、十分に身体を動かしたという感覚も少なく)、その結果、代償行動が起こらなかった可能性が考えられる。実際、質問紙調査では、わずか11.2%の児童が、スタンディングデスクを使用することで疲れたとの回答をしており、多くの児童にとっては、身体的負荷が大きくなかった可能性が推察される。本研究では、児童および教員が、自身の判断で姿勢を変えることを依頼しており、こうした介入プログラムの柔軟性の高さにより、疲労度が少なかった可能性もある。先行研究においても、スタンディング

デスクの使用は、身体的な負荷が少ないことが報告されており³²⁾、本研究結果と一致している。更に、レビュー論文によると、スタンディングデスクの導入は、小さいながらも有意にトータルの座位時間を減少させる可能性が報告されている³³⁾。加えて、学校現場における介入研究の有効性を検討したシステムティックレビュー論文によると、教室内にスタンディングデスクを導入する手法は、いくつもある介入手法のなかでも最も有効な手法の1つであると結論づけられている³⁴⁾。このことは、学校外と比べても座位時間が長い教室内の環境は、身体活動介入として多くの改善点があることを反映しているのかもしれない⁹⁻¹¹⁾。

本研究における介入クラスの座位時間の減少は、MVPAの増加によって説明できる可能性がある。この結果は、これまでのメタ・アナリシス論文による結果とは一致していない³⁵⁾。つまり、このメタ・アナリシス論文では、子どもにおいては、座位時間とMVPAには有意な関連性はなく、これらの行動がそれぞれに置き換わることがないことが報告されている³⁵⁾。身体活動のエネルギー消費に関して、歩行は中強度身体活動(MPA)に分類され、立位はLPAに分類される³⁶⁾。今回、介入クラスにおいて、LPAに有意な変化が確認されなかったことを考慮すると、スタンディングデスク(動かせるタイプ)の導入は、立位時間を増やすよりも、児童の動き回る時間(例：歩いて机を動かす)を増やした可能性が推察される。実際、質問紙調査より、94.4%の児童がグループ活動時にスタンディングデスクを使用したと回答した。また、わずか22.2%以下の児童が字を書いたり、読書をしたりなど、直立姿勢の状態でスタンディングデスクを使用したと回答した。更に、クラス担任を対象としたインタビューより、スタンディングデスクは、主にグループ活動時に交流を促すために活用していたと回答した。これらを踏まえると、こうしたスタンディングデスクの使用手法により、授業中の座位時間がMPAに置き換わった可能性が考えられる。しかしながら、詳細な作用機序については不明なため、今後の研究で明らか

にされる必要がある。

本研究には、いくつかの強みがある。まず本研究は、スタンディングデスクの導入が、児童の経時的な身体活動パターンに及ぼす影響を明らかにした初めての研究であった。本研究により、スタンディングデスクの導入が、どのように子どもの活動パターンに影響を及ぼすかについて、理解を促進させる可能性が考えられ、今後の場面別(学校内・外)の座位活動介入研究や介入評価の際に有益となる可能性がある。2つ目として、これまでの当該研究分野の多くが、米国^{15,16,18,19)}、ニュージーランド^{12,13)}、オーストラリア^{11,32,37)}、ヨーロッパ諸国^{11,14,17,20)}等、西欧諸国で実施されており、アジア諸国とは異なる教育および社会環境のなかでの結果が報告されている。我々の知る限りでは、本研究は、アジア諸国の児童を対象とした初めての研究である。教育や社会環境は、国や文化によって大きく異なり、異なる文化で効果が認められた介入手法が、必ずしもすべての文化で効果が認められるとは限らない。したがって、それぞれの異なる教育・社会環境の基で研究が実施されるべきであり、このことにより比較可能な結果を提示することができる可能性がある。

本研究にはこうした強みがある一方、いくつかの限界点も存在する。まず、本研究では、研究協力校が1校のみであり、得られた結果の一般化という点で非常に限定的である。したがって、次の段階として、複数校を対象とした無作為化比較試験(RCT)を実施し、教育現場におけるさまざまな要因を考慮したうえで、介入研究を実施することが望ましい。例えば、本研究における研究協力校の学校長およびクラス担任の教員は、スタンディングデスク導入に対して非常に肯定的であり、こうした教員による支援体制が研究結果に大きく影響した可能性が考えられる³⁸⁾。特に、児童のスタンディングデスクに対する態度は、クラス担任のスタンディングデスクに対する肯定的な態度によって影響を受けた可能性も推察される。教室内の座位時間に対する教員の影響は非常に大きいことを踏まえると、今後の研究では、こうした要因

を考慮することが望ましい。また、2点目としては、本研究では、すべての交絡因子を評価しているわけではなく、未測定 of 交絡因子が影響している可能性がある(例、介入期間中の体重増加)。特に、体重の増加、具体的には体脂肪率の増加は、身体活動レベルに負の影響を与えることが報告されている³⁹⁾。したがって、こうした交絡要因については、今後の研究で検討されることが望ましい。

結 論

本研究より、教室内におけるスタンディングデスクの導入は、児童の座位時間を有意に減少させ、MVPAを有意に増加させる可能性が示された。特に、学校内における座位時間が有意に減少したことに加え、学校外における代償行動は認められなかった。トータルの座位時間だけでなく、経時的な座位時間を評価した本研究により、学校内における座位活動への介入が児童の活動パターンに及ぼす影響について、包括的に理解することが可能となった。

著者の貢献

研究着想：TK, YS, KE, and MA, データ収集：TK and KE, データ解析：TK and KE, 研究費獲得：TK, 方法論：TK, YS and MA, プロジェクト運営：TK and KE, 初稿執筆：TK, 論文推敲・編集：TK, YS, KE, and MA.

研究資金

本研究は、JSPS 科研費(18K17901 to TK)の助成を受けたものです。

謝 辞

本研究にご参加いただきました児童の皆様、および保護者の皆様、研究協力校の先生方に厚く御礼申し上げます。

利益相反

本研究で使用したスタンディングデスクは、株式会社オカムラよりご提供いただきました。研究デザインの立案、データ解析および論文執筆のすべての段階において、株式会社オカムラは、一切関与しておりません。その他、開示すべき利益相反はございません。

参考文献

- 1) Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, Chastin SFM, Altenburg TM, Chinapaw MJM. Sedentary Behavior Research Network (SBRN)-Terminology Consensus Project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2017; 14: 75.
- 2) Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2010; 38: 105-13.
- 3) Ishii K, Shibata A, Oka K. Work engagement, productivity, and self-reported work-related sedentary behavior among Japanese adults: a cross-sectional study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2018; 60: e173-7.
- 4) Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, Saunders TJ, Larouche R, Colley RC, Goldfield G, Connor Gorber S. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2011; 8: 98.
- 5) Carson V, Hunter S, Kuzik N, Gray CE, Poitras VJ, Chaput JP, Saunders TJ, Katzmarzyk PT, Okely AD, Connor Gorber S, Kho ME, Sampson M, Lee H, Tremblay MS. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2016; 41: S240-65.
- 6) Biddle SJ, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: a systematic review. *Preventive Medicine*. 2010; 51: 345-51.
- 7) Pearson N, Salmon J, Campbell K, Crawford D, Timperio A. Tracking of children's body-mass index, television viewing and dietary intake over five-years. *Preventive Medicine*. 2011; 53: 268-70.
- 8) Sakamoto N, Gozal D, Smith DL, Yang L, Morimoto N, Wada H, Maruyama K, Ikeda A, Suzuki Y, Nakayama M, Horiguchi I, Tanigawa T. Sleep duration, snoring prevalence, obesity, and behavioral problems in a large cohort of primary school students in Japan. *Sleep*. 2017; 40.
- 9) Abbott RA, Straker LM, Mathiassen SE. Patterning of children's sedentary time at and away from school. *Obesity*. 2013; 21: E131-3.
- 10) Ridgers ND, Salmon J, Ridley K, O'Connell E, Arundell L, Timperio A. Agreement between activPAL and ActiGraph for assessing children's sedentary time. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2012; 9: 15.
- 11) Cledes SA, Barber SE, Bingham DD, Ridgers ND, Fletcher E, Pearson N, Salmon J, Dunstan DW. Reducing children's classroom sitting time using sit-to-stand desks: findings from pilot studies in UK and Australian primary schools. *Journal of Public Health*. 2016; 38: 526-33.
- 12) Aminian S, Hinckson EA, Stewart T. Modifying the classroom environment to increase standing and reduce sitting. *Building Research & Information*. 2015; 43: 631-45.
- 13) Hinckson EA, Aminian S, Ikeda E, Stewart T, Oliver M, Duncan S, Schofield G. Acceptability of standing workstations in elementary schools: a pilot study. *Preventive Medicine*. 2013; 56: 82-5.
- 14) Verloigne M, Ridgers ND, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Effect and process evaluation of implementing standing desks in primary and secondary schools in Belgium: a cluster-randomised controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15: 94.
- 15) Dornhecker M, Blake J, Benden M, Zhao H, Wendel M. The effect of stand-biased desks on academic engagement: an exploratory study. *International Journal of Health Promotion and Education*. 2015; 53: 271-80.
- 16) Mehta RK, Shortz AE, Benden ME. Standing up for learning: a pilot investigation on the neurocognitive benefits of stand-biased school desks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015; 13: 59.
- 17) Wick K, Faude O, Manes S, Zahner L, Donath L. I can stand learning: a controlled pilot intervention study on the effects of increased standing time on cognitive function in primary school children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15: 356.
- 18) Benden ME, Blake JJ, Wendel ML, Huber JC Jr. The impact of stand-biased desks in classrooms on calorie expenditure in children. *American Journal of Public Health*. 2011; 101: 1433-6.
- 19) Wendel ML, Benden ME, Zhao H, Jerrey C. Stand-biased versus seated classrooms and childhood obesity: a randomized experiment in Texas. *American Journal of Public Health*. 2016; 106: 1849-54.
- 20) Cledes SA, Bingham DD, Pearson N, Chen YL, Edwardson C, McEachan R, Tolfrey K, Cale L, Richardson G, Fray M, Bandelow S, Jaicim NB, Salmon J, Dunstan D, Barber SE. Stand Out in Class: restructuring the classroom environment to reduce sedentary behaviour in 9-10-year-olds—study protocol for a pilot cluster randomised controlled trial. *Pilot and Feasibility Studies*. 2018; 4: 103.
- 21) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Tech-

- nology, Japan. Curriculum guideline for primary school. Available online: http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/index.htm (accessed on 21 May 2019).
- 22) Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, Ondrak KS, McMurray RG. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*. 2008; 26: 1557-65.
- 23) Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S523-30.
- 24) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S544-54.
- 25) Trost SG, Pate RR, Freedson PS, Sallis JF, Taylor WC. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32: 426-31.
- 26) Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Routledge, Abingdon-on-Thames, UK, 2013.
- 27) WHO. Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2010.
- 28) Buman MP, Winkler EA, Kurka JM, Hekler EB, Baldwin CM, Owen N, Ainsworth BE, Healy GN, Gardiner PA. Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005–2006. *American Journal of Epidemiology*. 2014; 179: 323-34.
- 29) Moller NC, Tarp J, Kamelarczyk EF, Brond JC, Klakk H, Wedderkopp N. Do extra compulsory physical education lessons mean more physically active children - findings from the childhood health, activity, and motor performance school study Denmark (The CHAMPS-study DK). *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2014; 11: 121.
- 30) Kriemler S, Meyer U, Martin E, van Sluijs EM, Andersen LB, Martin BW. Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: a review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*. 2011; 45: 923-30.
- 31) Metcalf B, Henley W, Wilkin T. Effectiveness of intervention on physical activity of children: systematic review and meta-analysis of controlled trials with objectively measured outcomes (EarlyBird 54). *BMJ*. 2012; 345: e5888.
- 32) Sudholz B, Timperio A, Ridgers ND, Dunstan DW, Baldock R, Holland B, Salmon J. The impact and feasibility of introducing height-adjustable desks on adolescents' sitting in a secondary school classroom. *Aims Public Health*. 2016; 3: 274-87.
- 33) Biddle SJ, Petrolini I, Pearson N. Interventions designed to reduce sedentary behaviours in young people: a review of reviews. *British Journal of Sports Medicine*. 2014; 48: 182-6.
- 34) Altenburg TM, Kist-van Holthe J, Chinapaw MJ. Effectiveness of intervention strategies exclusively targeting reductions in children's sedentary time: a systematic review of the literature. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2016; 13: 65.
- 35) Pearson N, Braithwaite RE, Biddle SJ, van Sluijs EM, Atkin AJ. Associations between sedentary behaviour and physical activity in children and adolescents: a meta-analysis. *Obesity Reviews*. 2014; 15: 666-75.
- 36) Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011; 43: 1575-81.
- 37) Contardo Ayala AM, Salmon J, Timperio A, Sudholz B, Ridgers ND, Sethi P, Dunstan DW. Impact of an 8-month trial using height-adjustable desks on children's classroom sitting patterns and markers of cardio-metabolic and musculoskeletal health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016; 13: 1127.
- 38) Blazar D, Kraft MA. Teacher and teaching effects on students' attitudes and behaviors. *Educational Evaluation and Policy Analysis*. 2017; 39: 146-70.
- 39) Schwarzfischer P, Gruszfeld D, Socha P, Luque V, Closa-Monasterolo R, Rousseaux D, Moretti M, Mariani B, Verduci E, Koletzko B, Grote V. Longitudinal analysis of physical activity, sedentary behaviour and anthropometric measures from ages 6 to 11 years. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15: 126.

〔二次出版〕

勤労者における24時間の身体行動とメンタルヘルスの横断的関連性 —Preventive Medicine Reports に掲載された英語論文の日本語による二次出版—

北濃成樹¹⁾, 甲斐裕子¹⁾, 神藤隆志¹⁾, 角田憲治^{1, 2)}, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

本横断研究では、日本人勤労者の1日の身体行動とメンタルヘルスの関連性について、各行動時間の相互依存関係を考慮し検討した。本研究は、明治安田ライフスタイル研究と呼ばれる前向きコホート研究の一環である。研究対象者は2017年および2018年に東京都内の健診施設で定期健康診断を受けた勤労者1095人であった。睡眠時間は自記式調査、座位行動(SB)、低強度身体活動(LPA)、中高強度身体活動は3軸加速度計で測定した。これらの行動は勤務日と非勤務日に分けて評価した。心理的ストレスの評価にはK6調査票を、ワーク・エンゲイジメントの評価にはユトレヒト・ワーク・エンゲイジメント尺度を用い、それぞれネガティブ/ポジティブメンタルヘルスの指標として使用した。組成データ解析によるロジスティック回帰分析と isotemporal substitution により、1日の身体行動とメンタルヘルスの関連性を検討した。潜在的な交絡因子の影響を調整した後も、勤務日の身体行動は心理的ストレスやワーク・エンゲイジメントと有意に関連した($P < 0.05$)。具体的には、睡眠時間が多いことは双方のメンタルヘルス指標が良好な状態と関連した一方で、SBやLPAの時間が多いことは不良な状態と関連した($P < 0.05$)。また、勤務日においてSBやLPAを60分減らして睡眠時間に充てると、心理的ストレスが高い状態やワーク・エンゲイジメントが低い状態となる可能性が11.4~26.6%低下すると予測された。勤務日のSBやLPAを減らして睡眠を増やすことで、心理的ストレスを最小限に抑え、ワーク・エンゲイジメントを最適化できる可能性が示唆された。したがって、睡眠の促進に焦点を当てた適切な時間管理は、勤労者のメンタルヘルスの改善に役立つと考えられる。

Key words: 身体活動, 座位行動, 睡眠, 組成データ解析

背 景

心理的ストレスによる被害はますます拡大しており、全世界で約3億人がうつ病や不安障害に苦しんでいる¹⁾。勤労者は心理的ストレスの危険因子(長時間労働, 職業性ストレス, いじめなど)に日常的にさらされているため、精神的健康状態の保持・増進を狙った介入の主要な対象集団といえ

る²⁾。これまで、勤労者のネガティブな心理状態の緩和を意図した戦略の開発に多くの焦点が置かれてきたが、メンタルヘルスの管理に際しては、ネガティブ面とポジティブ面の両方を考慮すべきである。後者は、良好な身体的健康, 生活満足度, 仕事のパフォーマンスと関連することが明らかになっている³⁾。特に、検討に値するポジティブな心理状態はワーク・エンゲイジメントであり、仕

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所 Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
2) 山口県立大学社会福祉学部 Faculty of Social Welfare, Yamaguchi Prefectural University, Yamaguchi, Japan.

本論文は以下の論文を忠実に日本語翻訳した二次出版です。引用を行う場合には原典を確認のうえ、下記を引用してください。

Kitano N, Kai Y, Jindo T, Tsunoda K, Arao T. Compositional data analysis of 24-hour movement behaviors and mental health in workers. Preventive Medicine Reports. 2020; 20: 101213.

事に関連するポジティブで充実した状態と定義されている。

これまでいくつかの疫学研究により、勤労者の日々の身体行動と心理状態の関連性が検討されてきた。システマティックレビューでは、睡眠⁴⁾や身体活動(PA)^{5,6)}は勤労者の心理状態に保護的に作用するのに対して、座位行動(SB)は有害的に作用することが示唆されている⁷⁻⁹⁾。しかし、これらの知見に対する1つの批判に、1日の身体行動時間は相互依存関係にあり、睡眠、SB、PAに割り当てられる時間は24時間と有限であることが挙げられる^{10,11)}。つまり、1つの行動時間(例：睡眠)を増やすには、他の行動時間(例：SB、PA、またはその両方)を減らす必要がある。どのように行動時間を捻出するかは、身体行動と健康アウトカムの関連性に影響を与えると考えられるが、ほとんどの研究では多重共線性の問題のため、こうした相互依存関係を適切に対処できていない^{10,11)}。

組成データ解析(CoDA)はこうした行動の相互依存関係を考慮した分析であり、先述の批判に対処することができる統計的手法である。そのため、身体行動時間と健康アウトカムの関連性を検討するうえで使用が推奨されている¹⁰⁻¹²⁾。現在までにCoDAを用いて1日の身体行動とメンタルヘルスの関連性を検討した研究は数件しかなく、それらの結果は一貫していない。ある研究では、24時間の身体行動と心理的ストレスは有意に関連しないことを報告し¹³⁾、他の2つの研究では、睡眠、SB、および中高強度身体活動(MVPA)が成人の抑うつ症状¹⁴⁾や高齢者の総合的なメンタルヘルスと関連することを報告している¹⁵⁾。しかし、勤労者集団を対象にCoDAを用いて、こうした関連性を検討した研究はない。また勤労者を対象とした研究では、彼ら/彼女らが勤務日における睡眠不足¹⁶⁾や不活動¹⁷⁾を補うために非勤務日を利用しているという特性を考慮すべきである。先行研究では、Viable Integrative Research in Time-Use Epidemiology という研究の枠組みが提案されている¹⁸⁾。この枠組みでは、相互依存性という特性を

十分に考慮したうえで、身体行動と健康アウトカムの関係を再検討する必要があることを提案している。同時に、特定の対象集団における不健康につながる時間利用パターンを明らかにする必要性を強調している。こうした背景を鑑みると、我々の研究は勤労者のメンタルヘルスに最適な時間利用パターンを促進するための集団戦略の開発に寄与することが期待されている。そこで、本横断的研究ではCoDAを用いて、勤務日と非勤務日における24時間の身体行動と心理的ストレスおよびワーク・エンゲイジメントの関連性を検討した。

方 法

A. 対象者

本研究は、東京都の明治安田新宿健診センターを拠点とした、定期健康診断のデータを用いた前向きコホート研究「明治安田ライフスタイル(MYLS)研究」の一環である¹⁹⁾。本コホートの参加者は主に首都圏在住の勤労者とその配偶者である。今回、2017年から2018年にかけて収集された、生命保険会社の複数の部署に所属する従業員1647名のデータを用いた。なお、月曜日から金曜日を勤務日とする勤労者のうち、加速度計による調査に参加した者を研究に組み入れた。全対象者が本研究への参加に同意した。本研究は、公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号：28006)。

B. 調査項目

1. 身体行動

3軸加速度計(Active style Pro HJA750-C, オムロンヘルスケア社、京都、日本)を使用して、対象者の覚醒時の行動を評価した。加速度計は健康診断キットに同封して、健診受診日の2週間以上前に各参加者に郵送された。対象者には非勤務日を含めて少なくとも10日間、加速度計が損傷する可能性のある状況(例：水泳、入浴、激しいスポーツなど)を除いたすべての時間に腰部に加速度計を装着するように依頼した。

この加速度計の妥当性は検証されており^{20,21)}、測定精度は欧米の研究者によって広く使用されて

いる機器と同等である^{22,23)}。epoch length を60秒とし、開発者提供のソフトウェアを用いて活動強度(METs)を算出した。機器の検出閾値以下の活動が20分以上継続した場合を非装着時間と定義し²⁴⁾、1日10時間以上着用した場合を有効データと定義した²⁵⁾。1日の装着時間は24時間から非装着時間を引いて求めた。2日以上の有効勤務日データと1日以上の有効非勤務日データをもつ対象者のみを最終的な分析対象とした²⁶⁾。得られたデータは60秒ごとに、SB(1.5 METs 以下)、低強度 PA(LPA: 1.6~2.9 METs)、および MVPA(3.0 METs 以上)に分類された^{27,28)}。これらの行動時間は1日ごとに集計され、対象者ごとにすべての有効日のデータを平均し分析に使用した。

睡眠時間は自記式調査を用い、「典型的な勤務日/非勤務日において、昼寝を除いた睡眠時間はおよそ何時間ですか?」という質問により評価した。分析に先立ち、睡眠時間は24時間に占める割合で表され、残りの覚醒時間は、加速度計で測定した各行動時間の割合に比例してSB, LPA, MVPA に再配分された^{14,29)}。

2. メンタルヘルス

心理的ストレスは、信頼性と妥当性が確認された6項目版 Kessler Psychological Distress Scale(K6)の日本語版³⁰⁾を用いて評価し、ネガティブメンタルヘルスの指標として用いた。合計得点が5点以上を心理的ストレスが高いと定義した³¹⁾。ワーク・エンゲイジメントは、3つの下位概念(活力、熱意、没頭)からなるユトレヒト・ワーク・エンゲイジメント尺度の日本語短縮版³²⁾を用いて評価し、ポジティブメンタルヘルスの指標として用いた。この尺度は内的整合性や再検査信頼性が高いことが報告されている³²⁾。本研究では、活力の下位概念に関する3つの質問項目を用いてワーク・エンゲイジメントを評価した。本尺度は3つの下位概念同士が強い相関関係にあるため、活力に関する下位概念は全体的なワーク・エンゲイジメントを反映していると考えられる³³⁾。研究対象者における中央値である3点未満(既存の疫学研究における日本人勤労者の平均値に相当)の場合に、ワー

ク・エンゲイジメントが低いと定義した³⁴⁾。

3. 共変量

潜在的な交絡因子は臨床的判断と先行研究からの知見³⁵⁾に基づき選択し、共変量として分析に使用した。具体的には、年齢、性、body mass index (BMI)、教育年数、暮らし向き、配偶者の有無、健康行動(飲酒や喫煙習慣)、職種、雇用形態、1週間の平均残業時間の情報を用いた。データは、対象者の身長と体重(それぞれ身長計と体重計により測定)から計算されたBMIを除き、自記式質問紙調査法により収集した。

C. 統計解析

CoDA には統計解析ソフト R のパッケージである compositions ver.1.40.3³⁶⁾ と robCompositions ver.2.1.0³⁷⁾を使用した。すべての解析手順は、身体行動を用いた研究に CoDA を応用した先行研究に従った¹⁰⁾。分析は勤務日と非勤務日に分けて実施した。身体行動とメンタルヘルスの関連を検討するために、CoDA によるロジスティック回帰分析³⁸⁾を実施し、オッズ比(OR)と95%信頼区間(CI)を求めた。本研究では1日を構成する4つの身体行動(睡眠, SB, LPA, MVPA)時間を1つの組成ととらえた。その後、pivot coordinate representation と呼ばれる手法により、本組成を isometric log ratio (ilr) 変換し、回帰モデルに投入した。この変換により3つの変数が得られるが、その際、最初の変数が、他の3つの行動と比較した際の、ある1つの行動の相対的な時間を表すようにした。

$$ilr_1 = \sqrt{\frac{3}{4}} \ln \frac{\text{睡眠}}{(SB \cdot LPA \cdot MVPA)^{\frac{1}{3}}} \quad (1)$$

$$ilr_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} \ln \frac{SB}{(LPA \cdot MVPA)^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

$$ilr_3 = \sqrt{\frac{1}{2}} \ln \frac{LPA}{MVPA} \quad (3)$$

上記の変換例では、 ilr_1 がSB, LPA, MVPA に対する睡眠時間の比を表している。4つの行動のそれぞれが上記 ilr_1 の分子になるように変数変換を繰り返した。回帰モデルでは、心理的ストレスとワーク・エンゲイジメントを従属変数に、ilr 変換した身体行動時間を独立変数に投入した。モ

デル1ではこれらの変数のみを投入した。モデル2では、年齢(連続変数)、性(男性/女性)、BMI(連続変数)、教育年数(連続変数)、暮らし向き(非常に悪い、悪い/良い、非常に良い)、配偶者の有無(あり/なし)、喫煙習慣(喫煙経験なし、禁煙中/喫煙習慣あり)、飲酒習慣(全くない/ときどき/毎日)、職種(営業職/それ以外)、雇用形態(正社員/それ以外)、残業時間(なし、該当なし/週10時間未満/週10時間以上)を共変量に追加した。1日の全体的な時間利用、および特定の行動とメンタルヘルスの関連性における有意性は、それぞれ尤度比検定とWald検定により検討した。本研究の焦点は、その他3つの行動に対する、ある1つの行動時間の重要性を検討することであるため、睡眠、SB、LPA、MVPAのそれぞれをilr₁の分子としたときの結果のみを示した。

CoDAによるロジスティック回帰分析によって得られたORは、それ単独で直接理解することが難しく、従来の回帰分析のように「ある行動が1単位(分/日)増加したときのORの変化」として解釈することはできない。より有意義な情報を得るために、追加の分析を行った。すなわち、各身体行動時間についてメンタルヘルスとの統計的有意な関連性が確認できた場合、モデル2に基づいてCoDAによるisotemporal substitutionを実施した^{29,38,39)}。この分析では、ある2つの行動時間を一定量置き換えた際のメンタルヘルスが不良となる可能性(predicted probability)の変化量を算出することができる。具体的には、他の2つの行動時間(例：睡眠とLPA)を一定に保ちながら、ある身体行動(例：SB)から別の行動(例：MVPA)へと一定時間を置換した。本研究では10分刻みで上限60分まで行動時間の置き換えを行った。CoDAの詳細および結果の解釈については、先行研究^{29,38,39)}を参照されたい。

すべての統計解析とグラフの描画は、統計解析ソフトR ver. 3.6.1(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)により実施した。有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

A. 対象者の特性

以下の基準に該当した対象者は分析から除外した：1)有効な加速度計データがない($n = 394$)、2)精神疾患の既往歴がある($n = 28$)、3)睡眠薬を服用している($n = 7$)、4)分析に使用するデータに欠測がある($n = 118$)、5)身体行動データに異常値がある(例：睡眠時間が1時間未満、SBやLPAが0分/日)($n = 5$)。本研究の最終的な分析対象は1095人の勤労者であった。平均年齢は50.2±9.5歳、女性が68.6%、営業職が23.4%、大多数の対象者は短大卒以上の正社員であった(表1)。睡眠時間やLPAは勤務日より非勤務日のほうが長い傾向があり、SBやMVPAは非勤務日のほうが短かった。

B. 24時間の身体行動とメンタルヘルスの関連性

1日の全体的な時間利用は、両モデルともに勤務日のみが心理的ストレスやワーク・エンゲイジメントと有意に関連した(表2, 3)。モデル2では、睡眠時間が多いことは低い心理的ストレス($OR = 0.20$, 95% CI = 0.10-0.44)や、高いワーク・エンゲイジメント($OR = 0.41$, 95% CI = 0.20-0.81)と関連した。一方、SBが多いことは、心理的ストレス($OR = 2.28$, 95% CI = 1.23-4.28)や低いワーク・エンゲイジメント($OR = 2.75$, 95% CI = 1.55-4.91)と有意に関連した。LPAが長いことは心理的ストレス($OR = 2.45$, 95% CI = 1.46-4.17)とのみ有意に関連した。MVPAとメンタルヘルス指標の有意な関連は認められなかった。更に、非勤務日ではいずれの行動もメンタルヘルス指標と有意な関連がみられなかった。

勤務日のSBやLPAを睡眠に置換することは、心理的ストレスの減少と関連していた(図1, 表A)。具体的には、1日60分のSBやLPAを睡眠に置換した場合、心理的ストレスが高い状態となる可能性がそれぞれ20.2%、26.6%減少すると予測された。

また、60分のSBを睡眠に置換した場合には、ワーク・エンゲイジメントが低い状態となる可能

表 1. 研究対象者の基本属性

		n=1095
平均(SD)年齢, 歳		50.2 (9.5)
性	男性	344 (31.4)
	女性	751 (68.6)
平均(SD)body mass index, kg/m ²		22.8 (3.7)
平均(SD)教育年数, 年		14.7 (2.0)
暮らし向き	良い/非常に良い	766 (70.0)
	悪い/非常に悪い	329 (30.0)
配偶者の有無	あり	740 (67.6)
	なし	355 (32.4)
喫煙習慣	喫煙経験なし/禁煙中	936 (85.5)
	喫煙習慣あり	159 (14.5)
飲酒習慣	全くなし	210 (19.2)
	ときどき	614 (56.1)
	毎日	271 (24.7)
雇用形態	正社員	852 (76.3)
	それ以外	243 (23.7)
職種	営業職	256 (23.4)
	それ以外	839 (76.6)
残業時間	なし/該当なし(例: フリーランスなど)	65 (5.9)
	週10時間未満	752 (68.7)
	週10時間以上	278 (25.4)
心理的ストレス	平均(SD)K6得点, 点 ^a	3.2 (3.4)
	低い(5 点未満)	794 (72.5)
	高い(5 点以上)	301 (27.5)
ワーク・エンゲイジメント(n=1086)	平均(SD)UWES 得点, 点	2.9 (1.4)
	低い(3 点未満)	509 (46.9)
	高い(3 点以上)	577 (53.1)
平均(SD)加速度計装着日数, 日	勤務日	10.6 (4.4)
	非勤務日	3.6 (2.2)
平均(%) ^b 行動時間, 分/日		
勤務日	睡眠	344.4 (23.9)
	SB	699.8 (48.6)
	LPA	315.0 (21.9)
	MVPA	80.8 (5.6)
非勤務日	睡眠	426.8 (29.6)
	SB	585.2 (40.6)
	LPA	362.2 (25.2)
	MVPA	65.8 (4.6)

SB: 座位行動, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動, K6: the 6-item Kessler Psychological Distress Scale, UWES: ユトレヒト・ワーク・エンゲイジメント尺度

特別な記述がない限り数値は人数(割合)を示す。

^a 点数が高いほど心理的ストレスが高いことを示す。

^b 行動時間は24時間に標準化された幾何平均で示された。括弧内は1日に占める各行動の割合を示す。

表 2. 24時間の身体行動と心理的ストレスの関連性 (n=1095)

	モデル 1 ^a			モデル 2 ^b		
	オッズ比 ^d	95% 信頼区間 下限 - 上限	P 値 ^e	オッズ比 ^d	95% 信頼区間 下限 - 上限	P 値 ^e
勤務日の身体行動 ^c						
睡眠	0.17	0.08 - 0.34	< 0.001	0.20	0.10 - 0.44	< 0.001
SB	2.12	1.22 - 3.70	0.008	2.28	1.23 - 4.28	0.010
LPA	2.73	1.84 - 4.09	< 0.001	2.45	1.46 - 4.17	< 0.001
MVPA	1.03	0.70 - 1.52	0.898	0.87	0.56 - 1.35	0.536
全体			< 0.001			< 0.001
非勤務日の身体行動 ^c						
睡眠	0.85	0.46 - 1.58	0.605	0.71	0.37 - 1.38	0.311
SB	1.13	0.72 - 1.77	0.587	1.22	0.75 - 1.97	0.427
LPA	1.31	0.87 - 1.98	0.205	1.37	0.87 - 2.17	0.181
MVPA	0.79	0.64 - 0.99	0.044	0.84	0.66 - 1.08	0.170
全体			0.186			0.334

SB: 座位行動, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

太字は統計的有意な関連性を示す ($P < 0.05$)。

^a モデル 1 は 1 日の行動時間のみを投入。

^b モデル 2 はモデル 1 に年齢, 性, body mass index, 教育年数, 暮らし向き, 配偶者の有無, 飲酒・喫煙習慣, 職種, 雇用形態, 残業時間を追加投入。

^c 1 日の身体行動はその他 3 つの行動に対するある行動の相対的な時間を示すように isometric log ratio (ilr) 変換した。

^d オッズ比は ilr 変換した身体行動 1 単位の増加に相当する。低い心理的ストレスを参照カテゴリとした。

^e 各身体行動における P 値は Wald 検定の結果, 1 日の全体的な時間利用における P 値は尤度比検定の結果を示す。

性が 11.4% 減少すると予測された (図 2, 表 B)。

考 察

本研究は, CoDA を用いて 1 日の身体行動時間をもつ相互依存性という特性に適切に対処したうえで, 勤労者の身体行動とポジティブ/ネガティブメンタルヘルスの関連性を検討した初めての研究である。その結果, 勤務日の SB や LPA から睡眠へと時間を置換することが, より良いメンタルヘルスと関連するという新たな知見を得ることで, 勤労者のメンタルヘルスを管理するためには十分な睡眠が重要であることを強調した。

本研究では, 勤務日の睡眠が多いことは低い心理的ストレスや高いワーク・エンゲイジメントと関連する一方で, SB が多いことはこれらの指標が不良な状態と関連した。本結果は, CoDA を用いない従来の研究において十分に知られた知見である^{4,7-9)}。また, アメリカの一般成人を対象に

CoDA を用いて検討した最近の研究結果とも一致している¹⁴⁾。本研究結果は, 非勤務日ではなく, 勤務日の睡眠と SB がメンタルヘルスの管理に重要であることを示唆している。

デバイスにより測定された LPA と心理的ストレスとの関連性についてはほとんど知られていない。LPA が成人の心理的ストレスの低さと有意に関連していることを示した研究は 1 件のみであり, これは CoDA を用いない横断研究である⁴⁰⁾。他方, CoDA を用いた 2 つの横断研究では, デバイスで測定した LPA と総合的なメンタルヘルス¹⁵⁾やうつ症状¹⁴⁾の有意な関連性はみられなかったと報告している。これら 3 つの先行研究はいずれも, 先進国の一般成人を代表するサンプルを使用しており, 参加者の特性は同等であると考えられる。したがって, 先行研究における結果の不一致は分析手法の違いによるものと推察される。また, 本研究は CoDA を用いた先行研究^{14,15)}とは対

表 3. 24時間の身体行動とワーク・エンゲイジメントの関連性 (n=1086)

	モデル 1 ^a			モデル 2 ^b		
	オッズ比 ^d	95% 信頼区間	<i>P</i> 値 ^e	オッズ比 ^d	95% 信頼区間	<i>P</i> 値 ^e
		下限 - 上限			下限 - 上限	
勤務日の身体行動 ^c						
睡眠	0.33	0.17 – 0.62	< 0.001	0.41	0.20 – 0.81	0.011
SB	2.26	1.37 – 3.75	0.001	2.75	1.55 – 4.91	< 0.001
LPA	1.13	0.80 – 1.60	0.478	0.86	0.54 – 1.37	0.524
MVPA	1.19	0.84 – 1.69	0.332	1.03	0.70 – 1.53	0.864
全体			0.002			0.005
非勤務日の身体行動 ^c						
睡眠	0.87	0.50 – 1.51	0.611	0.68	0.38 – 1.22	0.197
SB	1.35	0.91 – 2.03	0.142	1.36	0.88 – 2.11	0.165
LPA	1.05	0.73 – 1.53	0.784	1.31	0.87 – 1.98	0.194
MVPA	0.81	0.66 – 0.99	0.043	0.82	0.66 – 1.03	0.088
全体			0.063			0.128

SB: 座位行動, LPA: 低強度身体活動, MVPA: 中高強度身体活動

太字は統計的有意な関連性を示す ($P < 0.05$)。

^a モデル 1 は 1 日の行動時間のみを投入。

^b モデル 2 はモデル 1 に年齢, 性, body mass index, 教育年数, 暮らし向き, 配偶者の有無, 飲酒・喫煙習慣, 職種, 雇用形態, 残業時間を追加投入。

^c 1 日の身体行動はその他 3 つの行動に対するある行動の相対的な時間を示すように isometric log ratio (ilr) 変換した。

^d オッズ比は ilr 変換した身体行動 1 単位の増加に相当する。高いワーク・エンゲイジメントを参照カテゴリとした。

^e 各身体行動における P 値は Wald 検定の結果, 1 日の全体的な時間利用における P 値は尤度比検定の結果を示す。

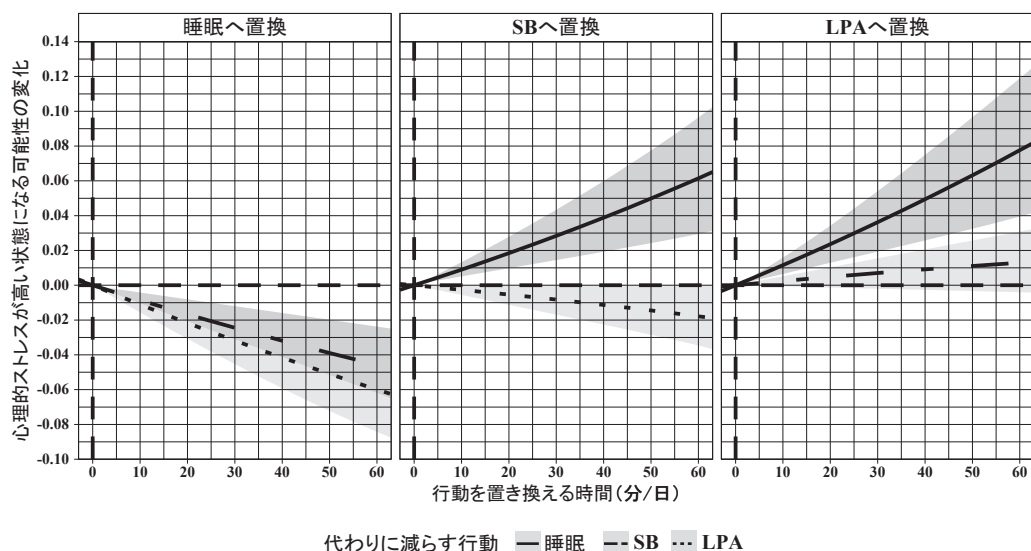


図 1. ある行動時間を別の行動時間に置き換えた際に心理的ストレスが高い状態になる可能性 (predicted probability) の変化

置き換える 2 つの行動以外の行動時間は集団の平均値で固定した。分析はモデル 2 に基づき実施した。心理的ストレスとの有意な関連性が確認された行動の結果のみを提示した。

SB: 座位行動, LPA: 低強度身体活動

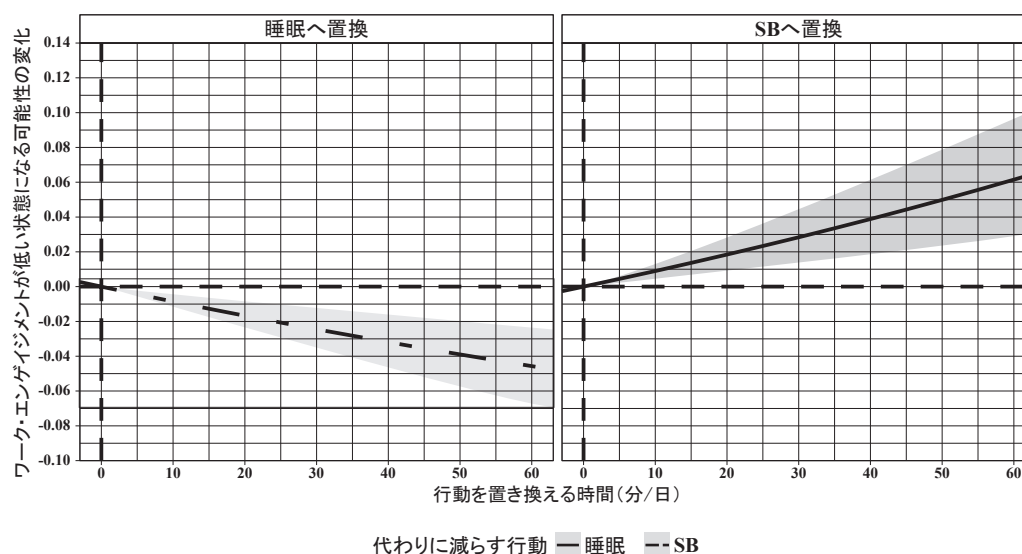


図2. ある行動時間を別の行動時間に置き換えた際にワーク・エンゲイジメントが低い状態になる可能性(predicted probability)の変化
置き換える2つの行動以外の行動時間は集団の平均値で固定した。分析はモデル2に基づき実施した。ワーク・エンゲイジメントとの有意な関連性が確認された行動の結果のみを提示した。
SB: 座位行動

象集団の属性が異なるため、これらの研究と結果が一致しなかったと考えられる。先行研究の参加者は複数の地域から抽出され、さまざまな職種や非勤労者(主婦や退職者など)のデータが含まれていた。しかし、本研究は1つの企業でおよそ類似した仕事に就いている勤労者を対象としている。本研究においてLPAが不良なメンタルヘルスと関連した要因として、職場でのLPAが忙しさを反映しており、その結果、この種の行動が仕事に関連した心理的ストレスの増大につながっていることが考えられる。

多くの疫学研究では、運動などのMVPAの実践がメンタルヘルスに恩恵をもたらすと示唆されてきたが^{5,6)}、CoDAを用いた先行研究では結果が一貫していない。ある研究¹⁴⁾では、MVPAに費やす時間が多いほど成人の抑うつ症状が少ないと予測され、この結果は高齢者でも同様であった¹⁵⁾。しかし、オーストラリアの成人を対象とした別の研究では、こうした有意な関連性が認められなかった¹³⁾。特筆すべきは、これらの先行研究の対象集団は勤労者に限定されたものではなかった点である。メタアナリシスから、身体活動のうつ病への効果は臨床集団よりも非臨床集団のほうが小

さい可能性が示唆されている⁴¹⁾。本研究において不良なメンタルヘルスの基準を満たした勤労者の割合は、日本人の一般集団^{31,34)}と比較しても同様であったことから、対象者の心理状態はそれほど深刻ではなかったと推察される。本研究でMVPAとメンタルヘルスの間に有意な関連性がみられなかった一部の要因として、対象集団の特徴や検出力の低さがあると考えられる。

予想に反して、非勤務日の身体行動とメンタルヘルスの有意な関連性を確認することができなかった。この結果は、デバイスで測定された非勤務日のSBとメンタルヘルスの関連性を検討した、非CoDAによる横断研究の結果と部分的に一致している⁴²⁾。つまり本先行研究でもまた、有意な関連性がみられなかったことを報告している。比較的安定している勤務日の行動と比べて、非勤務日の時間利用パターンは勤労者ごと、そして一人の勤労者のなかでも日によって大きく変動することが予想される。このような非勤務日の多様な過ごし方は、対象者の習慣的な身体行動の把握を困難にし、分析結果にも影響を与える可能性がある。今後の研究では、人や日によって大きな変動のある余暇活動が身体行動とメンタルヘルスの関連性

に及ぼす影響を調査することが求められる。

本研究から、勤労者のメンタルヘルスを管理するうえで有効な戦略は、SB や LPA の時間を睡眠に置き換えることであると示された。これを促進するために、雇用主は残業時間を減らして、仕事関連の SB や LPA を減少させることができる。家庭では、勤労者はテレビ視聴やコンピュータ使用などの SB を減らして、睡眠のための時間を増やすことができる。また、本研究の結果は、職域でのメンタルヘルスマネジメントという点からは十分な睡眠時間を確保することが MVPA を行うことよりも優先されるべきであると示唆している。

この研究にはいくつかの限界点がある。第一に、CoDA を用いた先行研究^{14,29)}によって確立された手法に基づき、自己申告による睡眠時間とデバイスで実測した日中の身体行動時間を併せて24時間に標準化していることは、行動データの不正確さにつながっている可能性がある。更に、腰部装着型加速度計では座位と立位の姿勢を完全には区別できないため²²⁾、本研究では一部の SB と LPA を誤分類している可能性がある。第二に、本研究が横断研究であり身体行動とメンタルヘルスの因果関係に言及できない点である。本研究で得られた知見の因果性と妥当性を確認するために、可能であれば、今後 CoDA を用いた縦断研究を実施すべきである。第三に、34%の参加者を分析から除外したことによるバイアスを含んでいる可能性がある点である。今後の研究では、欠測データに対処するための戦略を検討するとよいだろう。最後に、本研究では日本の首都圏に住み、定期健康診断を受けた単一企業の従業員データを使用しているため、得られた結果をすべての勤労者集団に一般化することはできないと考えられる。

結論として、本研究は勤務日の24時間の身体行動時間がメンタルヘルスと有意に関連することを示した。具体的には、睡眠時間は良好なメンタルヘルスと関連し、反対に SB や LPA は不良なメンタルヘルスと関連した。本研究結果は、SB や LPA から睡眠に時間を再配分することが、心理的ストレスの軽減やワーク・エンゲイジメントの

向上につながることを示唆しており、勤労者のメンタルヘルスマネジメントに効果的な戦略を提供している。

オーサーシップ

北濃成樹：研究の着想，方法論，データ整理，分析，執筆－原稿作成，甲斐裕子：指導，調査，執筆－レビューおよび編集校正，神藤隆志：調査，執筆－レビューおよび編集校正，角田憲治：執筆－レビューおよび編集校正，荒尾孝：プロジェクト管理，執筆－レビューおよび編集校正。

利益相反

本論文で報告した事項に影響を与えるような利益相反関連事項はない。

謝 辞

MYLS スタディの研究グループである明治安田新宿健診センターのスタッフには、本プロジェクトの運営面や実務面で多大なご協力をいただいたことに感謝いたします。

資 金

本研究は科研費(17K13238; 19K11569)の助成を受けたものである。研究のデザイン，データ収集，データの分析や解釈，原稿の執筆には、いずれの資金提供機関も関与していない。

デ ー タ

本研究で調査したデータは内容がデリケートであるため、調査回答者には生データの機密性が保たれ、共有されないことが保証されています。

参 考 文 献

- 1) World Health Organization. Depression and other common mental disorders: global health estimates. World Health Organization, Geneva. 2017. Link: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf> (Accession date: 2020/08/11).
- 2) Theorell T, Hammarstrom A, Aronsson G, Traskman Bendz L, Grape T, Hogstedt C, Marteinsdottir I, Skoog I, Hall C. A systematic review including meta-analysis of work environment and depressive symptoms. BMC Public Health. 2015; 15: 738.
- 3) Shimazu A, Schaufeli WB, Kamiyama K, Kawakami N. Workaholism vs. work engagement: the two different predictors of future well-being and performance. International Journal of Behavioral Medicine. 2015; 22: 18-23.

- 4) Litwiller B, Snyder LA, Taylor WD, Steele LM. The relationship between sleep and work: a meta-analysis. *The Journal of Applied Psychology*. 2017; 102: 682-99.
- 5) Mammen G, Faulkner G. Physical activity and the prevention of depression: a systematic review of prospective studies. *American Journal of Preventive Medicine*. 2013; 45: 649-57.
- 6) Nishi D, Suzuki Y, Nishida J, Mishima K, Yamanouchi Y. Personal lifestyle as a resource for work engagement. *Journal of Occupational Health*. 2017; 59: 17-23.
- 7) Mullane SL, Toledo MJL, Rydell SA, Feltes LH, Vuong B, Crespo NC, Pereira MA, Buman MP. Social ecological correlates of workplace sedentary behavior. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2017; 14: 117.
- 8) Munir F, Houdmont J, Clemes S, Wilson K, Kerr R, Addley K. Work engagement and its association with occupational sitting time: results from the Stormont study. *BMC Public Health*. 2015; 15: 30.
- 9) Zhai L, Zhang Y, Zhang D. Sedentary behaviour and the risk of depression: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2015; 49: 705-9.
- 10) Chastin SF, Palarea-Albaladejo J, Dontje ML, Skelton DA. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: a novel compositional data analysis approach. *PLoS One*. 2015; 10: e0139984.
- 11) Pedisic Z. Measurement issues and poor adjustments for physical activity and sleep undermine sedentary behaviour research - the focus should shift to the balance between sleep, sedentary behaviour, standing and activity. *Kinesiology*. 2014; 46: 135-46.
- 12) Dumuid D, Stanford TE, Martin-Fernandez JA, Pedisic Z, Maher CA, Lewis LK, Hron K, Katzmarzyk PT, Chaput JP, Fogelholm M, Hu G, Lambert EV, Maia J, Sarmiento OL, Standage M, Barreira TV, Broyles ST, Tudor-Locke C, Tremblay MS, Olds T. Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research. *Statistical Methods in Medical Research*. 2018; 27: 3726-38.
- 13) Curtis RG, Dumuid D, Olds T, Plotnikoff R, Vandelandotte C, Ryan J, Edney S, Maher C. The association between time-use behaviors and physical and mental well-being in adults: a compositional isotemporal substitution analysis. *Journal of Physical Activity & Health*. 2020; 17: 197-203.
- 14) del Pozo Cruz B, Alfonso-Rosa RM, McGregor D, Chastin SF, Palarea-Albaladejo J, del Pozo Cruz J. Sedentary behaviour is associated with depression symptoms: compositional data analysis from a representative sample of 3233 US adults and older adults assessed with accelerometers. *Journal of Affective Disorders*. 2020; 265: 59-62.
- 15) McGregor DE, Carson V, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Tremblay MS, Chastin SFM. Compositional analysis of the associations between 24-h movement behaviours and health indicators among adults and older adults from the Canadian Health Measure Survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15: 1779.
- 16) Im HJ, Baek SH, Chu MK, Yang KI, Kim WJ, Park SH, Thomas RJ, Yun CH. Association between weekend catch-up sleep and lower body mass: population-based study. *Sleep*. 2017; 40.
- 17) Gubelmann C, Vollenweider P, Marques-Vidal P. Of weekend warriors and couch potatoes: socio-economic determinants of physical activity in Swiss middle-aged adults. *Preventive Medicine*. 2017; 105: 350-5.
- 18) Pedisic Z, Dumuid D, Olds T. Integrating sleep, sedentary behaviour, and physical activity research in the emerging field of time-use epidemiology: definitions, concepts, statistical methods, theoretical framework, and future directions. *Kinesiology*. 2017; 49.
- 19) Tsunoda K, Kai Y, Uchida K, Kuchiki T, Nagamatsu T. Physical activity and risk of fatty liver in people with different levels of alcohol consumption: a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2014; 4: e005824.
- 20) Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *The British Journal of Nutrition*. 2011; 105: 1681-91.
- 21) Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S, Ohkawara K, Hikiyama Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I. Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait & Posture*. 2010; 31: 370-4.
- 22) Kurita S, Yano S, Ishii K, Shibata A, Sasai H, Nakata Y, Fukushima N, Inoue S, Tanaka S, Sugiyama T, Owen N, Oka K. Comparability of activity monitors used in Asian and Western-country studies for assessing free-living sedentary behaviour. *PLoS One*. 2017; 12: e0186523.
- 23) Murakami H, Kawakami R, Nakae S, Nakata Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Miyachi M. Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Internal Medicine*. 2016; 176: 702-3.
- 24) Peeters G, van Gellecum Y, Ryde G, Farias NA, Brown WJ. Is the pain of activity log-books worth the gain in precision when distinguishing wear and nonwear time for

- tri-axial accelerometers? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16: 515-9.
- 25) Tudor-Locke C, Camhi SM, Troiano RP. A catalog of rules, variables, and definitions applied to accelerometer data in the National Health and Nutrition Examination Survey, 2003-2006. *Preventing Chronic Disease*. 2012; 9: E113.
- 26) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S544-54.
- 27) Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A, American College of Sports Medicine; American Heart Association. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116: 1081-93.
- 28) Pate RR, O' Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2008; 36: 173-8.
- 29) McGregor DE, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Hron K, Chastin S. Cox regression survival analysis with compositional covariates: application to modelling mortality risk from 24-h physical activity patterns. *Statistical Methods in Medical Research*. 2019; 29: 1447-65.
- 30) Furukawa TA, Kawakami N, Saitoh M, Ono Y, Nakane Y, Nakamura Y, Tachimori H, Iwata N, Uda H, Nakane H, Watanabe M, Naganuma Y, Hata Y, Kobayashi M, Miyake Y, Takeshima T, Kikkawa T. The performance of the Japanese version of the K6 and K10 in the World Mental Health Survey Japan. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*. 2008; 17: 152-8.
- 31) Nishi D, Susukida R, Usuda K, Mojtabai R, Yamanouchi Y. Trends in the prevalence of psychological distress and the use of mental health services from 2007 to 2016 in Japan. *Journal of Affective Disorders*. 2018; 239: 208-13.
- 32) Shimazu A, Sonnentag S, Kubota K, Kawakami N. Validation of the Japanese version of the recovery experience questionnaire. *Journal of Occupational Health*. 2012; 54: 196-205.
- 33) Schaufeli WB, Bakker AB, Salanova M. The measurement of work engagement with a short questionnaire: a cross-national study. *Educational and Psychological Measurement*. 2006; 66: 701-16.
- 34) Shimazu A, Schaufeli WB, Miyataka D, Iwata N. Why Japanese workers show low work engagement: an item response theory analysis of the Utrecht Work Engagement scale. *BioPsychoSocial Medicine*. 2010; 4: 17.
- 35) Lund C, Brooke-Sumner C, Baingana F, Baron EC, Breuer E, Chandra P, Haushofer J, Herrman H, Jordans M, Kieling C, Medina-Mora ME, Morgan E, Omigbodun O, Tol W, Patel V, Saxena S. Social determinants of mental disorders and the Sustainable Development Goals: a systematic review of reviews. *The Lancet. Psychiatry*. 2018; 5: 357-69.
- 36) van den Boogaart KG, Tolosana-Delgado R. "compositions": a unified R package to analyze compositional data. *Computers & Geosciences*. 2008; 34: 320-38.
- 37) Templ M, Hron K, Filzmoser P. robCompositions: an R-package for robust statistical analysis of compositional data. In: Pawlowsky-Glahn V, Buccianti A (Eds), *Compositional data analysis: theory and applications*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 2011; 341-55.
- 38) Amagasa S, Inoue S, Murayama H, Fujiwara T, Kikuchi H, Fukushima N, Machida M, Chastin S, Owen N, Shobugawa Y. Associations of sedentary and physically-active behaviors with cognitive-function decline in community-dwelling older adults: compositional data analysis from the NEIGE study. *Journal of Epidemiology*. 2020; 30: 503-8.
- 39) Dumuid D, Pedisic Z, Stanford TE, Martin-Fernandez JA, Hron K, Maher CA, Lewis LK, Olds T. The compositional isotemporal substitution model: a method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity and sedentary behaviour. *Statistical Methods in Medical Research*. 2019; 28: 846-57.
- 40) Hamer M, Coombs N, Stamatakis E. Associations between objectively assessed and self-reported sedentary time with mental health in adults: an analysis of data from the Health Survey for England. *BMJ Open*. 2014; 4: e004580.
- 41) Rebar AL, Stanton R, Geard D, Short C, Duncan MJ, Vandelandotte C. A meta-meta-analysis of the effect of physical activity on depression and anxiety in non-clinical adult populations. *Health Psychology Review*. 2015; 9: 366-78.
- 42) Gibson AM, Muggeridge DJ, Hughes AR, Kelly L, Kirk A. An examination of objectively-measured sedentary behavior and mental well-being in adults across week days and weekends. *PLoS One*. 2017; 12: e0185143.

付録

表 A. ある行動時間を別の行動時間に置き換えた際に心理的ストレスが高い状態になる可能性(predicted probability)の変化

時間の変化 (分/日)	増やす 行動	predicted probability の変化量	95% 信頼区間		増やす 行動	predicted probability の変化量	95% 信頼区間	
			下限	上限			下限	上限
睡眠を減らす場合								
10	SB	0.0090	0.0044	0.0137	LPA	0.0117	0.0063	0.0173
20		0.0184	0.0091	0.0282		0.0228	0.0121	0.0341
30		0.0284	0.0139	0.0437		0.0344	0.0182	0.0517
40		0.0389	0.0188	0.0602		0.0505	0.0265	0.0768
50		0.0499	0.0240	0.0777		0.0633	0.0329	0.0967
60		0.0615	0.0294	0.0963		0.0765	0.0395	0.1177
SB を減らす場合								
10	睡眠	-0.0086	-0.0129	-0.0043	LPA	0.0025	-0.0005	0.0056
20		-0.0167	-0.0250	-0.0084		0.0048	-0.0010	0.0108
30		-0.0245	-0.0363	-0.0125		0.0070	-0.0016	0.0159
40		-0.0319	-0.0470	-0.0163		0.0090	-0.0023	0.0209
50		-0.0390	-0.0571	-0.0201		0.0109	-0.0031	0.0257
60		-0.0457	-0.0665	-0.0237		0.0127	-0.0040	0.0305
LPA を減らす場合								
10	睡眠	-0.0126	-0.0184	-0.0069	SB	-0.0024	-0.0052	0.0003
20		-0.0223	-0.0323	-0.0123		-0.0051	-0.0107	0.0006
30		-0.0317	-0.0455	-0.0176		-0.0078	-0.0164	0.0007
40		-0.0407	-0.0580	-0.0228		-0.0108	-0.0222	0.0008
50		-0.0522	-0.0736	-0.0296		-0.0139	-0.0282	0.0007
60		-0.0604	-0.0845	-0.0346		-0.0187	-0.0373	0.0004

分析はモデル 2 に基づいて実施した。SB: 座位行動, LPA: 低強度身体活動

表 B. ある行動時間を別の行動時間に置き換えた際にワーク・エンゲイジメントが低い状態になる可能性(predicted probability)の変化

時間の変化 (分/日)	増やす 行動	predicted probability の変化量	95% 信頼区間	
			下限	上限
睡眠を減らす場合				
10	SB	0.0086	0.0030	0.0145
20		0.0175	0.0060	0.0295
30		0.0265	0.0091	0.0448
40		0.0357	0.0122	0.0605
50		0.0451	0.0153	0.0766
60		0.0547	0.0185	0.0930
SB を減らす場合				
10	睡眠	-0.0085	-0.0142	-0.0030
20		-0.0168	-0.0280	-0.0060
30		-0.0250	-0.0415	-0.0089
40		-0.0330	-0.0546	-0.0118
50		-0.0409	-0.0674	-0.0147
60		-0.0487	-0.0798	-0.0177

分析はモデル 2 に基づいて実施した。SB: 座位行動

論文紹介

地域在住の自立高齢者における膝痛の関連要因—悉皆調査による横断研究

Sato S, Nemoto Y, Takeda N, Kitabatake Y, Maruo K, Arao T. Factors relevant to knee pain among independent community-dwelling older adults: a complete cross-sectional study. Open Journal of Preventive Medicine. 2020; 10: 277-87.

荒尾 孝

背景 膝痛は高齢者に高頻度で認められることから、
目的 個人の健康問題であるとともに、医療費や介護費などの社会保障費の増大といった社会的問題とも大きく関係しており、その予防対策が求められている。そこで、本研究は、要介護認定を受けていない自立高齢者の膝痛に関連する要因を明らかにすることを目的とした。

方法 本研究では、日本の中山間地域に位置する小都市規模人口の自治体（山梨県都留市）に住むすべての自立した高齢者6661名を対象に、郵送法による質問紙を用いた調査を行った。本研究における全自立高齢者とは行政に登録されている要介護認定者および要支援者を除くすべての高齢者とした。調査項目は基本属性（性、年齢、最終学歴、婚姻状況）、健康状態（body mass index; BMI、現症歴）、生活習慣（栄養状態、飲酒状況、喫煙状況）、膝痛、週当たりの身体活動時間、1日当たりの座位時間であった。解析に先立ち、欠測値に対して多重代入法によるデータの補完を行った。また、身体活動時間はWHOの推奨時間150分以上群（充足群）と未満群（非充足群）に、座位時間は中央値未満群と以上群にそれぞれ群分けした。解析は、膝痛の有無を従属変数、身体活動時間、座位時間、健康状態、生活習慣を独立変数、性、年齢、最終学歴、婚姻状況を調整変数とした多重ロジスティック回帰分析を行い、調整済みオッズ比（OR）と95%信頼区間（95%CI）を算出した。

結果 質問紙は5311名の高齢者から回答（回答率：79.7%）を得た。そのうち膝痛を有していた者は1843名（有症率34.7%）であった。膝痛の関連要因を検討した結果、身体活動（ $P=0.001$ ）、BMI（ $P<0.001$ ）、栄養状態（ $P<0.001$ ）が有意な関連要因で

あった。膝痛のORと95%CIは身体活動では0.81, 0.71~0.92, BMIでは0.60, 0.51~0.69（18.5~24.0 kg/m²群/25kg/m²以上群）、0.38, 0.29~0.51（18.5 kg/m²未満群/25kg/m²以上群）、栄養状態では0.63, 0.54~0.75であった（表）。

結論 本研究により、自立高齢者の3人に1人が慢性的な膝痛を有し、身体活動、BMI、および栄養状態が膝痛の関連因子であることが明らかとなった。これらの因子の改善が膝痛の予防や改善につながる可能性が示唆された。

表 膝痛の関連因子についてのロジスティック回帰分析結果（多重代入補完データ）

項目		オッズ比	95%信頼区間		P 値
			下限	上限	
身体活動	非充足	1			
	充足	0.81	0.71	0.92	0.001
座位時間	長時間	1			
	短時間	0.88	0.78	1	0.054
BMI	≥ 25.0	1			
	18.5-24.0	0.60	0.51	0.69	< 0.001
	< 18.5	0.38	0.29	0.51	< 0.001
栄養状態	不良	1			
	良好	0.63	0.54	0.75	< 0.001
喫煙状況	喫煙	1			
	非喫煙	1.05	0.85	1.3	0.674
飲酒状況	飲酒あり	1			
	飲酒なし	1.06	0.92	1.22	0.447

BMI; body mass index. 注：従属変数は膝痛、独立変数は身体活動、座位時間、健康状態（BMI、現症歴）、生活習慣（栄養状態、飲酒状況、喫煙状況）。調整変数は性、年齢、最終学歴、婚姻状況

執筆者によるコメント

本研究は日本の中山間地域に位置する小規模人口の自治体に居住するすべての自立高齢者を対象とした膝痛の関連要因を検討した悉皆調査です。本研究の結果より、地域在住の自立高齢者における膝痛の関連要因は、低身体活動、太りすぎ/肥満、および栄養不良であることが明らかになりました。本研究の結果は、地域に居住する高齢者における膝痛の予防策を開発するための貴重な情報となることが期待されます。

論文紹介

地域活動への参加が高齢期の身体活動量維持に効果的

Nemoto Y, Sato S, Kitabatake Y, Nakamura M, Takeda N, Maruo K, Arai T. Longitudinal associations of social group engagement with physical activity among Japanese older adults. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2020; 92: 104259.

荒尾 孝

背景 地域活動に参加する高齢者は、非参加者よりも身体活動量が多く、健康状態が良好であるとされている。しかし、身体機能の低下などに伴い高齢者の社会活動は変化するが、地域活動と身体活動の縦断的関連については未解明である。そこで本研究では、山間部に居住する高齢者を対象に2年間のコホート研究を実施し、地域活動への参加状態の変化と身体活動量の変化との関連を検討することを目的とした。

方法 山梨県都留市に居住し、要介護認定を受けていないすべての高齢者6661名を対象に2016年1月と2018年1月に郵送調査を実施した。両調査に回答した3688名を本研究の解析対象者とした。身体活動量は国際標準化身体活動質問票（IPAQ）を用いて評価し、総身体活動量、高強度身体活動時間、中強度身体活動時間、歩行時間をそれぞれ算出した。地域活動は、シニアクラブ、ボランティアグループ、スポーツの会、趣味の会のいずれかに参加する者を参加者とし、2016年および2018年の参加状況から、継続参加群、退会群、新規参加群、継続非参加群に分類した。統計解析においては、身体活動量の変化を目的変数、地域活動への参加状態の変化を説明変数、性、年齢、教育年数、就労状況、同居者の有無、婚姻状況、主観的健康感、既往歴（脳卒中、糖尿病、高血圧）、抑うつを調整変数とした共分散分析を行った。

結果 新規参加群を除くすべての群において、観察期間中に身体活動量が大きく低下した。新規参加群においては、総身体活動量および歩行時間が微減し、中強度身体活動時間が増加したことが示された。共分散分析の結果、継続参加群および新規参

加群では、継続非参加群よりも総身体活動量、中強度身体活動時間、歩行時間の低下が少ないことが示された。退会群では、中強度身体活動時間でのみ有意差が認められた。

結論 高齢期の地域活動への参加は、加齢に伴う身体活動量低下の抑制に有効であることが示唆された。

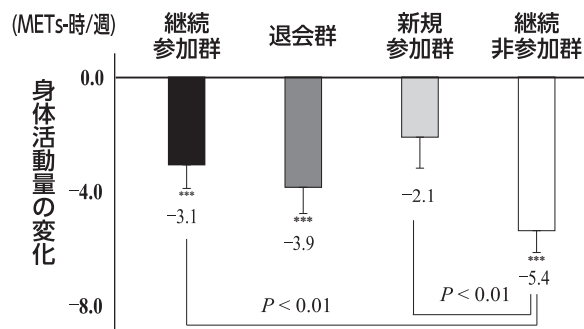


図 地域活動への参加状態ごとの身体活動量の変化
継続非参加群と比較して、継続参加群および新規参加群では、加齢に伴う身体活動量の低下が抑制されることが示唆された。

執筆者によるコメント

本研究の知見から、地域活動に継続的に参加している高齢者だけでなく、高齢期から新たに地域活動を始めても、身体活動量の維持に有効であることが示唆されました。

身体機能が低下した高齢者においては、健康への不安が運動実施の大きな阻害要因となります。しかし、地域活動であれば、自分の興味のある活動に参加しているうちに自然と身体活動量を維持することができるかもしれません。

論文紹介

仲間との運動実践は高齢者の要介護・死亡リスクの低減に寄与する

Fujii Y, Fujii K, Jindo T, Kitano N, Seol JH, Tsunoda K, Okura T. Effect of exercising with others on incident functional disability and all-cause mortality in community-dwelling older adults: a 5-year follow-up survey. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 17(12): 4329.

神藤 隆志

背景 地域在住高齢者を対象として、仲間との運動実践と要介護および死亡リスクとの関連を5年間の縦断研究により検討した。

方法 本研究では、2014年に茨城県笠間市I地区在住かつ要支援・要介護認定を受けていない高齢者3649名に郵送調査を実施した。返送があった2020名のうち、回答項目に欠損のない者1520名（平均年齢：73.4±6.3歳）を5年間の追跡対象とした。ベースライン時点における運動実践状況は自記式質問紙を用いて調査し、週1回以上の実践に関して得られた回答から、非実践群、一人で実践群、仲間と実践群の3群に分類した。追跡情報は、市のデータベースより収集し、2019年6月までの要介護認定情報および死亡情報をベースラインデータと連結させた。要介護認定については、要介護1以上の認定を発生ありと定義した。

仲間との運動実践と要介護発生および死亡との関連性を検討するため、COX回帰分析を用い、共変量には、年齢、性、body mass index、世帯構成、主観的経済状況、既往歴（脳血管疾患・心臓病・関節痛）、転倒歴、抑うつ度を投入した。また、要介護および死亡の累積生存率について、調整済み Kaplan-Meier 曲線（図）を作図した。

結果 COX回帰分析の結果、仲間と実践群は、非実践群に比して、要介護発生（0.59, 95% confidence interval; CI: 0.40–0.88）および死亡（0.40, 95% CI: 0.24–0.66）に対するハザード比が有意に低いことが示された。一方で、一人で実践群との比較においては、無調整モデルでは要介護発生（0.53, 95% CI: 0.36–0.80）および死亡（0.50, 95% CI: 0.29–0.85）に対するハザード比が有意に低かつ

たものの、調整モデルでは有意な関連は認められなかった。

結論 地域在住高齢者において、友人や家族などの仲間との運動実践は、要介護化の抑制や寿命延伸に寄与する可能性が示された。

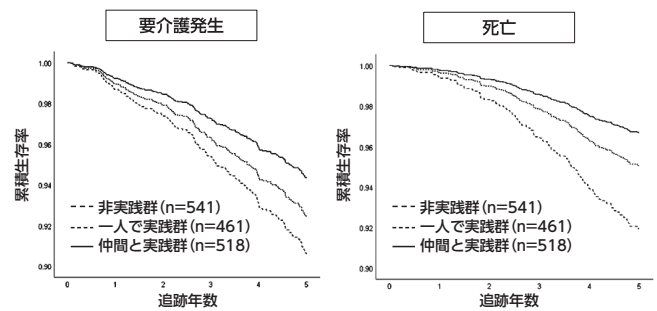


図 運動実践状況と要介護・死亡発生における調整済み Kaplan-Meier 曲線

※年齢、性、body mass index、世帯構成、主観的経済状況、既往歴（脳血管疾患・心臓病・関節痛）、転倒歴、抑うつ度を調整済み

執筆者によるコメント

これまで運動の量的な側面（強度、時間、頻度）に着目した研究が多く行われてきましたが、近年では運動の社会的な側面の効果にも注目が集まっています。興味深いことに、高齢期に仲間と一緒に運動を行うことで、一人で行う場合に比べて、低い抑うつ度や良好な主観的健康感、転倒発生の少なさ、高い身体活動レベルなどに関連することが報告されていたのです。

本研究では、新たな知見として、仲間との運動実践が将来の要介護化や死亡リスクという健康状態のエンドポイントと関連することを見いだしました。本知見は、運動の社会的側面の重要性を後押しするものであり、今後、なぜこのような関連性が認められるのかを追究していくことで、健康増進策の立案に役立つことが期待されます。

論文紹介

まばたきの頻度は有酸素能力と認知機能の関係性を説明する

Kuwamizu R, Suwabe K, Damrongthai C, Fukuie T, Ochi G, Hyodo K, Hiraga T, Nagano-Saito A, Soya H. Spontaneous eye blink rate connects missing link between aerobic fitness and cognition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2021 (Online ahead of print)

兵頭 和樹

背景 近年の研究から、有酸素能力と前頭前野の担
目的 う実行機能は関連することが明らかになっている。両者の関係を媒介する生理的なメカニズムとして、神経伝達物質であるドーパミンの働きが関与する可能性があるが、ヒトではドーパミン神経の機能を非侵襲的に定量化することは難しく、いまだその関与は不明であった。近年の研究から、意識せずに行っているまばたきの頻度（自発性瞬目率）が、ドーパミンの活動を反映する可能性が報告されている。そこで本研究では、ドーパミンの働きを反映しうる自発性瞬目率が有酸素能力と実行機能の関係性を媒介するか明らかにすることを目的とした。

方法 本研究には、35名の健常若齢男性（ 20.9 ± 1.8 歳）が参加した。有酸素能力の評価として、最高酸素摂取量をペダリング運動による漸増運動負荷試験により測定した。自発性瞬目率については、椅子に座り安静にしている間の5分間のまばたきの回数から、1分間当たりの平均回数を算出した。実行機能の評価としてストループ課題を行わせ、「ストループ干渉処理能力」（色のついた文字の意味に惑わされることなく文字の色を判断する能力）を評価指標として用いた。また、ストループ課題中は機能的近赤外線分光法（fNIRS）により前頭前野の脳活動を測定した。

結果 相関分析の結果、最高酸素摂取量とストループ課題成績（ストループ干渉処理能力）、および自発性瞬目率の3者は有意に相関していた。次に、この3者の関係性について、媒介分析を行った結果、自発性瞬目率は、最高酸素摂取量とストループ干渉処理能力の関係を媒介することが明らかとなった。また、自発性瞬目率が多い人ほど、左背外

側前頭前野の活動が効率的であることがわかった。

結論 有酸素能力の高い人は、ドーパミン神経の活動が高いことで高い実行機能を発揮していることが示唆された。更に、その脳内機構として左背外側前頭前野の神経効率性が関与している可能性がある。

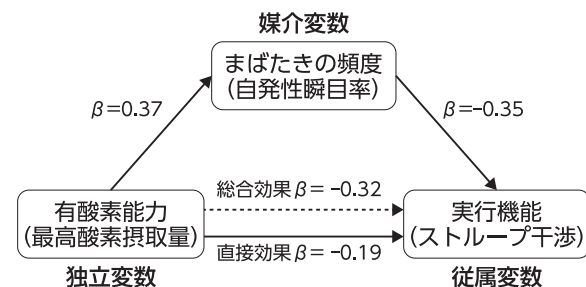


図 2 媒介分析結果

β は標準偏回帰係数を表す。総合効果は実行機能を従属変数にし、有酸素能力を独立変数に投入した場合の有酸素能力の影響度、直接効果は、まばたきの頻度を独立変数に追加で投入した場合の有酸素能力の影響度を示す。

執筆者によるコメント

本研究を共同で実施した征矢研究室とは、意欲と認知機能をともに高める運動のメカニズムとしてドーパミン神経の役割に着目して研究を行っています。今回、自発性瞬目率という非侵襲的にドーパミン神経の活動を評価できる指標を用いて、ドーパミンが有酸素能力と認知機能をつなぐ因子となる可能性がヒトで初めて明らかになりました。この自発性瞬目率は簡便に測定可能であるため、心身の機能を予測する指標としての応用も期待できます。

論文紹介

音楽を聞きながら運動することの前頭前野機能への効果はポジティブ感情に依存する

Suwabe K, Hyodo K, Fukuie T, Ochi G, Inagaki K, Sakairi Y, Soya H. Positive mood while exercising influences beneficial effects of exercise with music on prefrontal executive function: a functional NIRS study. Neuroscience. 2021; 454: 61-71.

兵頭 和樹

背景 一過性の運動は、前頭前野を活性化させ、前頭前野が担う実行機能を高める。この前頭前野は感情と関連する脳部位でもあることから、より気分を高める運動条件では、前頭前野はより活性化し、実行機能はより向上する可能性がある。そこで本研究では、運動中の気分を高める環境条件として音楽に着目し、音楽を聞きながら運動を実施することによるポジティブ感情の増加が実行機能や前頭前野の脳活動に与える効果を明らかにすることを目的とした。

方法 33名の健常な若齢成人 (20.9 ± 2.4 歳、女性12名) が本研究に参加した。すべての参加者は、10分間の中強度 ($50\% \dot{V}O_{2peak}$) ペダリング運動を、①自分の好きな音楽を聞きながら行う条件 (音楽条件) と、②メトロノームの音に合わせて行う条件 (メトロノーム条件) の2つの条件に日を空けて参加した。運動実施の前後には、気分を質問紙 (2次元気分尺度; TDMS) で測定し、前頭前野が担う実行機能をストループ課題で測定した。また、ストループ課題中の前頭前野の活動を機能的近赤外線分光法 (fNIRS) により測定した。統計解析として、気分、認知機能、脳活動に関しては2元配置分散分析を行った。また、音楽条件とメトロノーム条件の気分・認知機能・脳活動の変化の差に関して、相関分析を行った。

結果 気分に関しては、音楽条件では、メトロノーム条件よりも活性度 (Vitality) が有意に高まった。一方、ストループ課題の成績や前頭前野の活動の変化には、両条件で有意な違いはみられなかった。相関分析の結果、メトロノーム条件に比べて音楽条件でより活性度が高まるほど、ストループ課題

の成績は向上 (ストループ干渉時間が短縮) し、ストループ課題中の左前頭前野背外側部の活動は増加していた。

結論 本研究から、音楽を聞きながら運動することによる前頭前野の活性化と実行機能向上効果は、運動中のポジティブ感情が影響を与えることが示唆された。

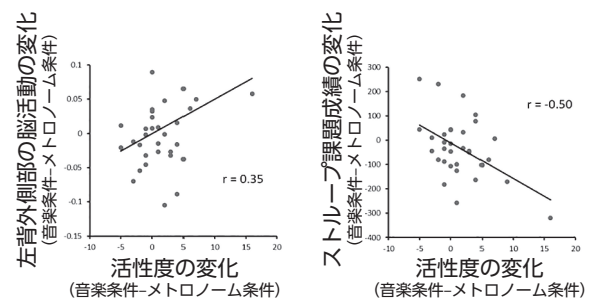


図 音楽条件とメトロノーム条件の活性度の変化差、前頭前野の脳活動の変化差、ストループ課題成績の変化差の散布図

執筆者によるコメント

本研究を共同で実施した征矢研究室では、豊かな運動を提唱しており、認知機能に対する運動効果をいかに高めるかを共同で研究しています。本研究は、運動による気分変化が認知機能に与える影響に着目し、同じ運動でも気分を高める環境で行うことが実行機能の向上効果をより高めることを示唆しています。この結果は、運動が認知機能に与える効果を高める環境条件の確立に寄与するものとして意義があると考えられます。

論文紹介

企業規模と高齢期の死亡リスク：JAGESにおける6年間の追跡研究

Kanamori S, Tsuji T, Takamiya T, Kikuchi H, Inoue S, Takagi D, Kai Y, Yamakita M, Kameda Y, Kondo K. Size of company of the longest-held job and mortality in older Japanese adults: a 6-year follow-up study from the Japan Gerontological Evaluation Study. Journal of Occupational Health. 2020; 62 (1): e12115.

甲斐 裕子

背景 日本の企業は規模（社員数）によって給与や
目的 産業保健サービスなどの労働環境が異なり、
規模が小さい企業の社員ほど生活習慣や健康診断結果などが不良であることが示されている。しかし、企業規模の違いが退職後の高齢期の健康格差につながるのかについては明らかにされていない。そこで最も長く勤めた企業の規模とその後の死亡との関連を検討した。

方法 本研究はJAGES（Japan Gerontological Evaluation Study, 日本老年学的評価研究）の一環である。2010～2012年にかけて、16自治体に住む要介護認定を受けていない65歳以上の男女95,827名に質問紙調査を実施した。その後2016年まで、死亡や転出の有無に関する情報を追跡した。企業での就労経験がある35,418名を解析対象とした。最も長く勤めた企業の規模については、「あなたのこれまでの仕事のなかで、最も長く勤めた会社・組織全体で何人ぐらいの方が働いていましたか」という質問から取得した。

結果 追跡期間中に3,935名（11.1%）が死亡した。男女別に、年齢、教育歴、最も長く勤めた職種、在住する自治体を考慮した解析の結果、男性では企業規模が大きくなるほど、有意に死亡リスクが低下し、特に1～9名の企業だった人と比べ、10,000名以上では22%死亡リスクが低いことが明らかとなった（図）。これらの関係に寄与する要因を探るため、高齢期の生活習慣（喫煙、飲酒、運動、野菜や果物の摂取、健康診断受診）、3大疾患（がん、心臓病、脳卒中）、所得の影響を検討した。その結果、これらの3要因のなかでは生活習慣が最も寄与している可能性が示された。

結論 男性では、最も長く勤めた企業の規模が大き
いほど高齢期の死亡リスクが下がる可能性が
示された。企業規模の違いによる高齢期の健康格差を縮小させるには、メカニズムや改善策を明らかにしたうえで、労働や産業保健に関する施策に反映させることが望まれる。

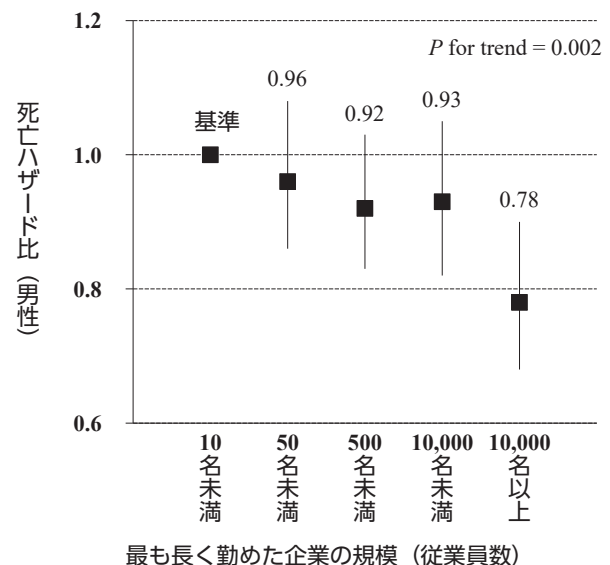


図 男性における企業規模と高齢期の死亡リスクとの関係
年齢、教育歴、最も長く勤めた職種、在住する自治体で調整済み

執筆者によるコメント

日本を代表する高齢者を対象とした大規模コホートであるJAGESから得られた研究成果です。現役時に勤めた企業の規模という「格差」が、高齢期の死亡リスクにまで持ち越されることを世界で初めて立証しました。日本の全企業のうち中小企業は99.7%、全勤労者の68.8%を占めるため、その社会的インパクトは無視できません。現役世代はもちろん、高齢世代の健康格差縮小のためにも、規模が小さい企業ほど恩恵を受けられるような施策が必要です。

2020年度

体力医学研究所活動報告

I 研究活動

1 研究課題

- (1) 職域プロジェクト研究：健康経営に資する身体活動・座位行動の健康影響とその改善対策
 - ・身体活動とメンタルヘルス・生活習慣病との関係に関する研究
 - ・職域での座りすぎの解消に向けた研究
 - ・オフィス環境と勤労者の健康に関する研究
 - ・行動経済学を応用した無関心層の身体活動促進戦略の開発に関する研究
- (2) 地域プロジェクト研究：社会的成果をもたらす健康づくり方法の開発
 - ・日本版社会的処方による健康づくり方法の開発
 - ・高齢者を対象としたオンライン・コミュニティによる健康づくり方法の開発
- (3) 基礎的研究：身体活動による健康効果のメカニズム解明
 - ・豊かな環境による脳機能発達に関する検証
 - ・不活動者の運動とメンタルヘルス
 - ・脳機能を高める運動条件の探索
 - ・運動が脳機能に与えるメカニズム

2 その他の活動

- (1) 「体力研究」118号刊行（令和2年4月30日）
- (2) ホームページ運営

II 健康啓発活動

1 講演および講義

対象：自治体、非営利法人、民間企業、教育機関等

2 学術成果に基づいた健康情報の発信

メディア掲載、ウェブサイト

III 研究助成

1 公募

第37回若手研究者のための健康科学研究助成公募
（令和2年12月1日～令和3年2月25日）

2 成果報告書刊行

「第35回若手研究者のための健康科学研究助成成果報告書」刊行
（令和2年4月30日）

Appendix

Appendix I 研究業績一覧

Appendix II 健康啓発活動業績一覧

Appendix III 第37回（2020年度）若手研究者のための健康科学研究助成受贈者一覧

Appendix IV 研究助成受贈者の論文紹介

Appendix I

研究業績一覧

1 総説

- (1) 兵頭和樹. 楽しい軽体操による認知機能増進効果. 体育の科学, 2020; 70(4): 260-264.
- (2) 城所哲宏. Stand up in class : 子どもの座りすぎの解消を目指した学級での取り組み. 子どもと発育発達. 2020; 18(1): 45-51.
- (3) 甲斐裕子, 北濃成樹, 神藤隆志, 角田憲治, 永松俊哉, 荒尾 孝. 身体活動と座位行動に着目した勤労者の健康づくり—体力医学研究所における労働衛生分野の疫学研究—. 体力科学. 2020; 69(6): 429-436.

2 原著論文

- (1) Kanamori S, Tsuji T, Takamiya T, Kikuchi H, Inoue S, Takagi D, Kai Y, Yamakita M, Kameda Y, Kondo K. Size of company of the longest-held job and mortality in older Japanese adults: a 6-year follow-up study from the Japan Gerontological Evaluation Study. Journal of Occupational Health. 2020 Jan; 62(1): e12115.
- (2) Jindo T, Kai Y, Kitano N, Arai H, Makishima M, Arao T. Association of self-efficacy for breaking up prolonged sitting with objectively measured sedentary behavior among office workers. Bulletin of the Physical Fitness Research Institute. 2020 Apr; 118: 1-9.
- (3) Kidokoro T, Miyashita M. Combined associations of cardiorespiratory fitness and grip strength with non-high-density lipoprotein cholesterol concentrations among Japanese children and adolescents. Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2020 May; 9(3): 135-142.
- (4) Kidokoro T, Fuku N, Yanagiya T, Takeshita T, Takaragawa M, Annear M, Xiaojie T, Waiganjo LB, Bogonko LF, Isika JK, Kigaru MD, Mwangi FM. Physical activity and sedentary behaviour patterns among Kenyan and Japanese children: a comprehensive cross-country comparison. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Jun; 17(12): 4254.
- (5) Fujii Y, Fujii K, Jindo T, Kitano N, Seol JH, Tsunoda K, Okura T. Effect of exercising with others on incident functional disability and all-cause mortality in community-dwelling older adults: a 5-year follow-up survey. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020 Jun; 17(12): 4329.
- (6) Tomkinson GR, Kidokoro T, Dufner T, Noi S, Fitzgerald JS, McGrath RP. Temporal trends in the handgrip strength of older Japanese adults between 1998 and 2017. Age and Ageing. 2020 Jul; 49(4): 634-639.
- (7) Kubota A, Matsushita M, Arao T, Merom D, Cerin E, Sugiyama T. A community-wide walking promotion using maps and events for Japanese older adults. Journal of Aging and Health. 2020 Aug-Sep; 32(7-8): 735-743.
- (8) Nemoto Y, Sato S, Kitabatake Y, Nakamura M, Takeda N, Maruo K, Arao T. Longitudinal associations of social group engagement with physical activity among Japanese older adults. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2020 Sep; 92: 104259.
- (9) Annear M, Kidokoro T, Shimizu Y. Physical activity among urban-living middle-aged and older Japanese during the build-up to the Tokyo Olympic and Paralympic games: a population study. Journal of Aging and Physical Activity. 2020 Oct; 29(2): 308-318.
- (10) Sato S, Nemoto Y, Takeda N, Kitabatake Y, Maruo K, Arao T. Factors relevant to knee pain among independent community-dwelling older adults: a complete cross-sectional study. Open Journal of Preventive Medicine. 2020; 10(11): 277-287.

- (11) Kitano N, Kai Y, Jindo T, Tsunoda K, Arao T. Compositional data analysis of 24-hour movement behaviors and mental health in workers. *Preventive Medicine Reports*. 2020 Dec; 20: 101213.
- (12) Suwabe K, Hyodo K, Fukuie T, Ochi G, Inagaki K, Sakairi Y, Soya H. Positive mood while exercising influences beneficial effects of exercise with music on prefrontal executive function: a functional NIRS study. *Neuroscience*. 2021 Feb; 454: 61-71.
- (13) Annear M, Kidokoro T, Shimizu Y. Walking and sitting time among urban-living middle-aged and older Japanese. *International Journal of Gerontology*. 2021; 15: 84-86.
- (14) Tomkinson GR, Kidokoro T, Dufner T, Noi S, Fitzgerald JS, Brown-Borg HM. Temporal trends in 6-minute walking distance for older Japanese adults between 1998 and 2017. *Journal of Sport and Health Science*. 2021 (in press)
- (15) Kuwamizu R, Suwabe K, Damrongthai C, Fukuie T, Ochi G, Hyodo K, Hiraga T, Nagano-Saito A, Soya H. Spontaneous eye blink rate connects missing link between aerobic fitness and cognition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2021 (in press)
- (16) 山田卓也, 福田吉治, 佐藤慎一郎, 天野奥津江, 丸尾和司, 中村睦美, 根本裕太, 武田典子, 澤田 亨, 北畠義典, 荒尾 孝. 地域在住の自立高齢者に対する膝痛改善教室の医療費に与える効果の検証. *日本公衆衛生雑誌*. 2021; 68(5): 331-338.
- (17) Annear M, Kidokoro T, Shimizu Y. Existential threats to the Summer Olympic and Paralympic Games? A review of emerging environmental health risks. *Reviews on Environmental Health*. 2021 (in press)
- (18) Annear M, Shimizu Y, Kidokoro T, McLaughlan R. Constructing legacy: walking audits of the leisure time physical activity potential of Tokyo Olympic venues and their urban milieu. *Annals of Leisure Research*. 2021; 1-25.
- (19) Jindo T, Kai Y, Kitano N, Makishima M, Takeda K, Arao T. Impact of ergonomics on cardiometabolic risk in office workers: transition to activity-based working with height-adjustable desk. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2021 (in press)
- (20) Yasukawa K, Koike Y, Konno T, Sudo M, Ohkawara K, Ando S. Effects of alterations in visual flow on psychophysiological responses to virtual reality exercise. *Perceptual and Motor Skills*. 2021 (in press)
- (21) Kanamori S, Kondo N, Takamiya T, Kikuchi H, Inoue S, Tsuji T, Kai Y, Muto G, Kondo K. Social participation and mortality according to company size of the longest-held job among older men in Japan: a six-year follow-up study from the JAGES. *Journal of Occupational Health*. 2021 (in press)

3 解説論文

- (1) 甲斐裕子, 北濃成樹, 神藤隆志. 座りすぎの健康影響とオフィスでの対策. *人間生活工学*. 2020; 21(2): 5-9.

4 その他の論文・報告書等

- (1) 城所哲宏, アニア マイケル, 枝元香菜子: 小学校学級における長期的なスタンディングデスクの導入が児童の座位活動パターンに及ぼす影響. 2019年度笹川スポーツ研究助成研究成果報告書. 2020; 312-318. (優秀研究受賞)
- (2) 神藤隆志, 甲斐裕子, 北濃成樹. 勤労者における座位行動改善プログラムの提案—連続座位 (座りっぱなし) 中断セルフエフィカシー尺度を活用した検討—. 2019年度笹川スポーツ研究助成研究成果報告書. 2020;

347-353.

- (3) 朝倉 隆, 竹鼻ゆかり, 伊藤秀樹, 北澤 武, 涌井佐和子, 中西唯公, 城所哲宏, 青柳直子, 齋藤千景. 小中学生の生活, 健康・体力, 学習に通学手段・時間が及ぼす影響—発達段階別比較—. 文部科学省平成31年度「少子化・人口減少社会に対応した活力ある学校教育推進事業」報告書. 2020.
- (4) 城所哲宏. 自然と動きたくなる学校環境: 身体活動のニューノーマルを考える. 子どものからだと心白書 2020. 2020; 43-45.
- (5) 須藤みず紀. 環境エンリッチメントにおける運動の有無が骨格筋量に及ぼす影響. 福岡大学基盤研究機関「身体活動の研究拠点形成」令和2年度報告書. 2020.
- (6) 甲斐裕子, 神藤隆志, 山口大輔, 吉葉かおり, 河原賢二, 荒尾 孝, 石倉恭子. 行動経済学を応用した体を動かす人を増やす研究. 平成31年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)「健康への関心度による集団のグルーピングと特性把握ならびに健康無関心層への効果的な介入手法の確立(研究代表者 福田吉治)」分担研究報告書. 2020.

5 学会発表(招待講演)

- (1) 城所哲宏. 自然と動きたくなる学校環境—身体活動のニューノーマルを考える—. 笹川スポーツ財団 笹川スポーツアカデミー2020, Web開催. 2020年9月
- (2) 甲斐裕子, 北濃成樹, 神藤隆志, 荒尾 孝. 勤労者における座りすぎ対策の必要性. シンポジウム「勤労者における座位行動の健康・労働影響とその対策」. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (3) 神藤隆志, 甲斐裕子, 北濃成樹, 荒尾 孝. オフィスにおける座りすぎ対策: 昇降デスクを含む環境改善を中心として. シンポジウム「勤労者における座位行動の健康・労働影響とその対策」. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (4) 北濃成樹, 甲斐裕子, 神藤隆志, 荒尾 孝. 職場における「持続可能な」座りすぎ軽減介入とは: RE-AIMモデルによる評価. シンポジウム「身体活動促進とSDGs—多分野連携で進める研究と社会実装—」. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (5) 甲斐裕子, 神藤隆志, 山口大輔, 吉葉かおり, 河原賢二, 荒尾 孝, 石倉恭子. 身体活動促進のためのナッジ戦略の実際. シンポジウム「職域における身体活動・運動推進へのナッジ戦略」. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (6) 中田由夫, 松尾知明, 笹井浩行, 甲斐裕子. 身体活動及び運動習慣獲得のための介入方法に関する指針案の作成検討. シンポジウム「身体活動基準2013と身体活動指針(アクティブガイド)の改定にむけて」. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (7) 甲斐裕子. スポーツ科学が解き明かす健康経営のヒント—with コロナ時代の企業の健康づくりを考える—. 笹川スポーツ財団 笹川スポーツアカデミー2020, Web開催. 2020年12月
- (8) 甲斐裕子, 山口大輔. ナッジを活用した身体活動促進の支援. シンポジウム「健康支援に活かすナッジ×ヘルスリテラシー」. 第22回日本健康支援学会年次学術大会・第8回日本介護予防・健康づくり学会大会, Web開催. 2021年3月

6 学会発表(一般発表)

- (1) Annear M, Kidokoro T, Shimizu Y. Active aging and the Tokyo 2020 Olympics: a large-scale survey of physical activity parameters and capacity for behavior change among middle-aged and older Japanese. The 2020 Yokohama Sport Conference, Online conference. 2020 September
- (2) Xiaojie T, Kidokoro T, Mwangi FM. Ethnographic exploration of quantitative physical activity assessment in rural Kenya. The 2020 Yokohama Sport Conference, Online conference. 2020 September

- (3) 兵頭和樹, 諏訪部和也, 山口大輔, 荒尾 孝. 音楽に合わせた軽体操の間欠的な実施は高齢者の気分・実行機能をより高めるか? 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (4) 高倉久志, 高橋和也, 須藤みず紀, 安藤創一, 加藤久詞, 大澤晴太, 井澤鉄也. 持久的運動後に短時間低酸素曝露を行うトレーニングプロトコルが骨格筋有酸素性代謝能力に及ぼす影響について. 第75回日本体力医学会大会, Web開催. 2020年9月
- (5) Katagiri Y, Senoo A, Mizuguchi N, Tamura T, Saito S, Mochizuki K, Sudo M, Ohkawara K, Tsurugano S, Ando S. Does structure of the brain predict cognitive performance at rest and during exercise? 25th Annual Congress of the European College of Sports Science, Online conference. 2020 October
- (6) Mochizuki K, Takagi Y, Kitajima D, Katagiri Y, Sudo M, Fujibayashi M, Tsurugano S, Ando S. Differential effects of electrical muscle stimulation and voluntary exercise on cognitive performance: role of sympathetic nervous system activation. 25th Annual Congress of the European College of Sports Science, Online conference. 2020 October
- (7) 山口大輔, 甲斐裕子, 神藤隆志, 吉葉かおり, 河原賢二, 野田隆行, 荒尾 孝. 企業における無関心層が参加する運動の取組みの特徴—ナッジ理論に基づく質的分類—. 第79回日本公衆衛生学会総会, Web開催. 2020年10月
- (8) 神藤隆志, 甲斐裕子, 吉葉かおり, 山口大輔, 河原賢二, 野田隆行, 荒尾 孝. 企業における昇降デスク導入の関連要因と課題. 第79回日本公衆衛生学会総会, Web開催. 2020年10月
- (9) 甲斐裕子. コロナ禍での身体活動・運動, 座位行動について. 産業保健研究会2020年12月例会「コロナ禍×身体活動・運動—ピンチをチャンスに変える職場の挑戦—」, Web開催. 2020年12月
- (10) 角田憲治, 藤井悠也, 相馬優樹, 北濃成樹, 神藤隆志, 永田康喜, 大藏倫博. 地域在住高齢者における歩行量, 自転車活動量と死亡リスクとの関連—Kasama Studyにおける6年間の追跡研究—. 日本体育測定評価学会第20回記念大会, Web開催. 2021年2月(優秀発表)
- (11) Hyodo K, Kidokoro T, Kai Y, Noda T, Yamaguchi D, Kawahara K, Nishida S, Soya H, Arao T. Feasibility of a home-based online exercise program in older adults: a pilot study. ARIHHP Human High Performance FORUM 2021, Online conference. 2021 March
- (12) 角田憲治, 藤井悠也, 相馬優樹, 北濃成樹, 神藤隆志, 藤井啓介, 大藏倫博. 中山間地域在住高齢者における歩行および自転車移動許容距離と新規要介護認定との関連: Kasama Studyにおける6年間の追跡研究. 第22回日本健康支援学会年次学術大会・第8回日本介護予防・健康づくり学会大会, Web開催. 2021年3月
- (13) 河原賢二, 飯田倫崇, 岩崎和正, 神藤隆志, 兵頭和樹, 野田隆行, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 在宅勤務中のオンライン型職場運動プログラムの実用性と有効性. 第22回日本健康支援学会年次学術大会・第8回日本介護予防・健康づくり学会大会, Web開催. 2021年3月

7 その他の業績(研究費の取得)

- (1) 北濃成樹. 勤労者の健康や労働生産性への効果を最適化する1日の過ごし方とは?(科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)若手研究). 令和2~5年度
- (2) 城所哲宏. 児童のコミュニケーションを促進する学級環境: スタンディングデスクを用いた介入研究(科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)若手研究). 令和2~5年度

Appendix II

健康啓発活動業績一覧

1 講演および講義

- (1) ①行動変容の基礎理論とその応用. 港南区保健福祉センター 行動変容セミナー. 2020年6月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (2) スローエアロビック®で介護予防. 特別養護老人ホーム長舟園 スローエアロビック®研修会. 2020年7月(対象:介護職員)
- (3) なぜいま「座りすぎ」を解消する必要があるのか. 明治安田総合研究所 座りすぎ防止に関するセミナー. 2020年7月(対象:職員)
- (4) ②行動変容の取り組みの振り返りと継続のコツ. 港南区保健福祉センター 行動変容セミナー. 2020年7月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (5) ③集団やグループを対象とした行動変容支援のコツ. 港南区保健福祉センター 行動変容セミナー. 2020年7月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (6) スローエアロビック®が脳機能に与える効果. スローエアロビック®指導員養成講習会オンライン講座. 2020年8月(対象:エアロビック指導者)
- (7) 行動変容に関する理論. 中央労働災害防止協会 2020年度第3回特定保健指導実践者育成研修. 2020年8月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (8) スマホ社会の落とし穴. 佐久市立平根小学校 PTA講演会. 2020年10月(対象:学校関係者)
- (9) 行動科学理論を生かした健康支援. 中央労働災害防止協会 2020年度第1回産業保健指導・産業栄養指導専門研修会. 2020年12月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (10) 行動変容に関する理論. 中央労働災害防止協会 2020年度第4回特定保健指導実践者育成研修. 2021年2月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (11) Sport in Lifeコンソーシアム加盟団体取組事例の紹介「明治安田厚生事業団における身体活動促進の取り組みーワークスタイルのスポーツ化への挑戦!」. Sport in Lifeコンソーシアム総会. 2021年3月(対象:コンソーシアムメンバー)
- (12) ナッジ理論と職域連携. 令和2年度第10回八王子市保健師業務連絡会. 2021年3月(対象:保健師)

2 メディア掲載

- (1) 法研「へるすあっぷ21」:(連載) 身体活動研究所「若者 VS 高齢者 よく体を動かしているのはどっち?」執筆. 2020年4月号
- (2) 法研「へるすあっぷ21」:(連載) 身体活動研究所「社員に強制的に運動させてもメンタルヘルスに効果がある?」執筆. 2020年5月号
- (3) 法研「へるすあっぷ21」:(連載) 身体活動研究所「外出自粛で運動不足...家でちょこちょこ動くのは意味がない?」執筆. 2020年6月号
- (4) 公益財団法人健康・体力づくり事業財団「健康づくり」:特集ナッジ理論を活用した健康づくり「特別座談会:ナッジ理論を用いた健康施策のあり方」有識者として参加. 2020年6月
- (5) 法研「へるすあっぷ21」:(連載) 身体活動研究所「『職場みんなで体操』って仕事にプラスになるの?」執筆. 2020年7月号
- (6) 株式会社ふるさと通信社「シニアふるさと通信」:「よい睡眠で健康づくり」執筆. 第55号(2020年7-8月号)
- (7) 地方公務員安全衛生推進協会「地方公務員 安全と健康フォーラム」:「提言②座りすぎ・その健康リスクと対策「スタンディング戦略」と「ブレイク戦略」のススメ」執筆. 第114号(2020年7月)
- (8) 法研「へるすあっぷ21」:(連載) 身体活動研究所「オフィスの模様替えで『座りすぎ』を減らせる?」執筆.

2020年8月号

- (9) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「コロナ禍で減った歩数を増やすには何から始めたらいいの？」執筆. 2020年9月号
- (10) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「運動サークル『お休み』長期化 高齢者に、何かまずいですか？」執筆. 2020年10月号
- (11) 日本エアロビック連盟季刊誌「スマイル」：「ITで作る高齢者の新しい社会参加の仕組み」執筆. 2020年10月号
- (12) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「ストレッチには『柔軟』以外にも健康効果を期待できますか？」執筆. 2020年11月号
- (13) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「心の元気にまず必要な生活習慣は？」執筆. 2020年12月号
- (14) MONOist, HealthDay Japan, 日本生活習慣予防協会, 保健指導リソースガイド, Yahooニュース, m3, スポーツ栄養Web：プレスリリース「日常生活での座りすぎを1時間減らして睡眠に充てると勤労者のメンタル不調が10～20%減少する可能性を試算—活動量の実測データに基づく日本人初の知見」に関する内容. 2020年12月
- (15) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「コロナ禍で歩数はどのくらい減った？」執筆. 2021年1月号
- (16) 新聞「スポーツニッポン」, Web「スポニチAnnex」：「テレワークで『サイレントうつ』... “緊急事態”にならないようケアを」執筆. 2021年1月
- (17) スポーツ庁ウェブサイト：「『スポーツエールカンパニー2021』認定企業の取組事例」. 2021年1月
- (18) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「座りすぎの悪影響は運動すれば問題なし？」執筆. 2021年2月号
- (19) 法研「へるすあっぷ21」：(連載) 身体活動研究所「運動は1回20分以上で週3回しないと効果なし？」執筆. 2021年3月号
- (20) J:COMチャンネル「つながるNEWS」：プレスリリース「高齢者向けオンライン健康づくりシステムの共同実証研究を開始」に関する内容. 2021年3月

AppendixⅢ

第37回(2020年度)若手研究者のための健康科学研究助成受贈者一覧

a. 指定課題 (10件, 一律100万円を助成)

(五十音順・敬称略, 所属は応募時のものを記載)

氏 名	所 属	研究テーマ
赤澤 暢彦	国立スポーツ科学センター スポーツ研究部	メンタルコンディションとフィットネスパフォーマンスを繋ぐ脳科学的機序の解明
伊藤 祐規	大阪大学大学院 医学系研究科	脳-筋連関の観点から捉えた運動による認知症発症予防効果に関わる分子メカニズムの同定
井上愛沙子	九州歯科大学 歯学部	運動機能と認知・記憶機能の向上を目指したうま味受容体を基軸とする脳-腸-骨格筋連環の解明
井上 浩輔	カリフォルニア大学ロサンゼルス校 公衆衛生大学院	身体活動量低下がうつ状態を介して, 心血管死亡を引き起こす因果メカニズムの解明 —因果推論における機械学習の応用—
桑水 隆多	筑波大学大学院 人間総合科学学術院	運動によるメンタルヘルス増進効果は「目」から予測できるか?
笹井 浩行	東京都健康長寿医療センター研究所 自立促進と精神保健研究チーム	コロナ禍における都内在住高齢者の運動・栄養・社会参加の変化と認知機能低下の関連 —2019~2022年の4時点データを用いた縦断研究—
諏訪部和也	流通経済大学 スポーツ健康科学部	気分と認知機能を改善する就寝前ストレッチ運動プログラムの開発
樽味 孝	産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門	脳老廃物除去システムに対する加齢及び一過性有酸素運動の影響
角田 憲治	山口県立大学 社会福祉学部	地域在住高齢者における活動的移動の許容距離は, 認知症発症, 要介護化の予測因子となり得るか? —一市の悉皆調査に基づく長期追跡研究—
山下 琢矢	神戸学院大学 薬学部	軽度認知障害の運動介入による改善メカニズムの解明 —脳内Exosome解析を切り口とした新たなアプローチ—

b. 一般課題 (10件, 一律50万円を助成)

氏 名	所 属	研究テーマ
阿部 紀之	千葉大学大学院 医学薬学府	地域在住フレイル高齢者における社会参加と要介護認定, 死亡との関連 —6年間の縦断研究—
安在 絵美	奈良女子大学 生活環境学部	膝関節機能評価のためのマルチモーダル歩行評価システムの開発と地域在住高齢者を対象とした実証研究
池戸 葵	愛媛大学プロテオサイエンスセンター 病態生理解析部門	スポーツによる相対的エネルギー不足 (RED-S) による骨髄間葉系幹細胞機能変容の解明
坂本 幸平	国際医療福祉大学 医療福祉学部	AIと健康情報等のビックデータを活用した生活習慣病の重症化予防モデル作成と特定保健指導に有効な健康指数の開発に関する研究
佐々木亮樹	アデレード大学 医学部	加齢によって変化する運動関連脳内ネットワークの特定と強化
谷川果菜美	大阪大学大学院 医学系研究科	小児と母親の身体活動度及び座位行動と骨密度との関連についての疫学研究
松石雄二郎	筑波大学大学院 人間総合科学研究科	COVID-19回復後患者における運動・生活行動障害とメンタルヘルス低下の実態と将来的支援内容の考察
矢島 克彦	城西大学 薬学部	エネルギー代謝における「脂肪酸レスポンダー・ノンレスポンダー」の存在明確化と特徴解明
山北 満哉	山梨県立大学 看護学部	運動・スポーツのライフコースと認知症の関連 —高齢者を対象とした大規模地域コホート研究—
吉原 利典	順天堂大学大学院 スポーツ健康科学研究科	サルコペニア発症の性差を紐解く骨格筋受容体発現制御

<選考委員奨励枠> (3件, 一律30万円を助成)

* 受贈課題以外から選考委員推薦による特別枠

氏 名	所 属	研究テーマ
松島みどり	筑波大学 人文社会系	オンラインセルフケア教室を通じた妊産婦の心の健康支援 —With, Afterコロナでの健幸社会構築を目指して—
村上 慶子	東北大学 東北メディカル・メガバンク機構	新型コロナウイルス感染症の流行が未就学児の身体活動とメンタルヘルスに及ぼす影響 —流行前後にわたる前向きコホート研究—
守屋 正道	東京大学大学院 新領域創成科学研究科	バーチャルリアリティ (VR) と近赤外分光法 (NIRS) による客観的ストレス評価技術の研究開発

Appendix IV 研究助成受贈者の論文紹介

認知課題の反復による運動学習の促進

Kimura T, Nakano W. Repetition of a cognitive task promotes motor learning. Human Movement Science. 2019; 66: 109-16.

木村 剛英（つくば国際大学医療保健学部理学療法学科，第34回受賞者）

運動学習は，新たな動作の習得や動作の円滑な遂行に深くかかわる。リハビリテーションの場面では運動学習を成立させるために，目的とする動作を反復する方法が一般的に用いられていた。しかし，時間的・体力的制約の多い入院患者などは動作の反復に十分な時間を確保することができず，運動学習の成立に難渋する。もし，運動学習を促進することができれば，患者の早期退院や早期社会復帰など幅広い社会的貢献が期待できる。そこで筆者らは，運動学習を促進する新たな方法として認知課題に着目した。

本研究では認知課題に「Nバック課題」を，運動学習を評価する課題には「マウスの操作課題」を用いた。研究対象者はまずNバック課題を約20分間行い，その後マウスの操作課題を行った。実験の結果，Nバック課題を行わなかった研究対象者と比較して，Nバック課題を行った研究対象者ではマウスの操作課題の成績が早期に向上し，運動学習は促進した。

認知課題はパソコンがあればいつでもどこでも実施できるため，臨床現場への導入が容易である。今後は認知課題が運動学習を促進する機序の解明，運動学習を促進する効果的な認知課題の探索，といった研究成果の臨床還元を見据えた研究を展開していきたい。

若年健常者におけるリズムミッドハンドグリップ運動中の脳脊髄液及び脳血行動態の解明

Tarumi T, Yamade T, Fukuie M, Zhu DC, Zhang R, Ogoh S, Sugawara J. Brain blood and cerebrospinal fluid flow dynamics during rhythmic handgrip exercise in young healthy men and women. The Journal of Physiology. 2021; 599 (6):1799-813.

樽味 孝（産業技術総合研究所，第35回受賞者）

近年，脳のゴミ排出機構に関して脳脊髄液動態が注目されている。本研究の目的は，リズムミッドハンドグリップ（RHG）を用いた中強度運動が，脳脊髄液および脳血行動態へ与える影響を明らかにすることとした。26名の若年男女を対象に，安静条件とRHG条件を順不同で実施し，各条件においてMR撮像を行い，中脳水道の脳脊髄液動態，内頸動脈と椎骨動脈，内頸静脈，上矢状静脈洞，直静脈洞における脳血行動態を測定した。またMR撮像中，血圧，心拍数，呼吸数，呼気終末二酸化炭素分圧を計測した。RHG条件では安静条件と比較して，心拍数，平均血圧，呼吸数が有意に増加し，呼気終末二酸化炭素分圧は有意に低下した。RHG条件では，一心拍中の脳脊髄液量および全計測部位における血液量が有意に低下した。1分間当たりの流量解析から，RHG条件では，内頸動脈，椎骨動脈，内頸静脈の血流量は有意に増加し，中脳水道における脳脊髄液流量（頭側方向と尾側方向の和から算出した絶対量）は有意に低下した。相関解析の結果，一心拍中の内頸動脈における血液量の変化は，脳脊髄液量および静脈血流量の変化と有意な相関を示した。これらの結果から，運動中の脳脊髄液動態は脳血行動態と緊密に連動していることが示された。

地方在住高齢者の筋量・筋力と近隣環境— 3 年間の縦断研究

Okuyama K, Abe T, Yano S, Sundquist K, Nabika T. Neighborhood environment and muscle mass and function among rural older adults: a 3-year longitudinal study. *International Journal of Health Geographics*. 2020; 19(1): 51.

奥山 健太 (ルンド大学プライマリヘルスケアセンター, 第35回受賞者)

高齢者のサルコペニアは、転倒、要介護および死亡のリスクである。高齢者が暮らす自宅周辺環境が、サルコペニアのリスクとなることが明らかとなれば、地域レベルの予防施策に役立てることができる。そこで本研究は、地理情報システムによって算出した近隣環境要因と3年間にわたり測定した地方在住高齢者の筋量・筋力との関連を縦断的に検証した。

データは島根大学が島根県雲南市、邑南町、隠岐の島町と共同で調査した2016～2019年の筋量・筋力測定値を用いた。研究対象者は男女計2526名で、各対象者の自宅から1000m圏域内における道路の傾斜角度、バス停密度、交差点密度、世帯密度、公民館までの距離を算出した。それぞれの近隣環境要因と筋量・筋力の変化を解析した結果、高齢男性においては公民館までの距離が遠いと筋量低下のリスクが低く、高齢女性においては世帯密度が高いと筋力低下のリスクが低くなることが明らかとなった。

高齢者が暮らす自宅周辺の環境が筋量・筋力に長期的に影響することが明らかとなった。特に男性では公民館までの距離、女性では世帯密度が、影響度が小さいものの、近隣環境としてサルコペニアのリスク要因の可能性が示唆されたことは注目に値する。

Bulletin of the Physical Fitness Research Institute
published by
Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare,
150, Tobuki, Hachioji, Tokyo

2021年 4 月30日

発行者	中熊一仁
編集者	甲斐裕子
発行所	公益財団法人 明治安田厚生事業団 体力医学研究所 〒192-0001 東京都八王子市戸吹町150 電話 (042) 691-1163番 (代表)
編集協力	東京六法出版株式会社
印刷製本	亜細亜印刷株式会社
