

体力研究

体力医学研究所報告

BULLETIN OF THE PHYSICAL FITNESS RESEARCH INSTITUTE

二次出版

加速度計で測定した勤労者の身体活動および座位行動のCOVID-19発生前後における変化—Journal of Epidemiologyに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

藤井悠也, 北濃成樹, 甲斐裕子, 神藤隆志, 荒尾 孝 1

男子高校生における学校運動部からの早期離脱の関連要因：2.4年間の追跡調査—Frontiers in Sports and Active Living, section Sport Psychologyに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

神藤隆志, 北濃成樹, 永田康喜, 中原(権藤)雄一, 鈴川一宏, 永松俊哉 17

地域在住高齢者における身体活動の強度または蓄積パターンと実行機能との関連：組成データ分析を用いた横断的研究—Frontiers in Human Neuroscienceに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

兵頭和樹, 北濃成樹, 上野愛子, 山口大輔, 渡邊裕也, 野田隆行, 西田純世, 甲斐裕子, 荒尾 孝 28

論文紹介 46

海外研修レポート 53

2023年度 体力医学研究所活動報告 55

2024
MAY
No.
122

〔二次出版〕

加速度計で測定した勤労者の身体活動および座位行動の COVID-19発生前後における変化 —Journal of Epidemiology に掲載された 英語論文の日本語による二次出版—

藤井悠也¹⁾, 北濃成樹¹⁾, 甲斐裕子¹⁾, 神藤隆志^{1,2)}, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

背景: 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により, 勤労者の身体活動(physical activity: PA)が減少し, 座位行動(sedentary behavior: SB)が増加した可能性がある。しかし, これまでのほとんどの研究では, PAとSBは自己申告により評価されていた。そこで本研究は, 日本人勤労者におけるCOVID-19発生前後のPAおよびSBの変化について加速度計を用いて明らかにすることを目的とした。

方法: 本研究は, 首都圏在住勤労者の健康診断データを用いた1年間の縦断研究である。ベースライン調査は2019年6月から11月, 追跡調査は2020年6月から11月に実施された。どちらの調査でも, 参加者は少なくとも10日間, 起きている時間に3軸加速度計を腰に装着するよう求められた。分析にあたり, 装着時間の変動を考慮し, PAとSBに費やした時間(分)を装着時間に占める割合(%)に換算した。COVID-19発生前後のPAとSBの変化を調べるために, 対応のあるt検定を実施した。

結果: 参加者757人のうち, 536人(70.8%)を分析対象とした。分析対象者の平均年齢は53.3歳, 女性が69.6%, ほとんどが正社員であった。解析の結果, PAは, 平日および週末に関係なく減少したが, 週末の変化量は少なかった。一方で, SBは平日・週末ともに有意に増加した。これらPAの減少もしくはSBの増加は, 1日当たり約10分程度であった。

結論: 首都圏在住勤労者において, COVID-19の発生前後, 客観的に測定されたPAは減少し, SBは増加した。そして, その効果量は1日当たり約10分程度であることが明らかになった。

Key words: 身体不活動, 座位時間, オフィスワーカー, ソーシャルディスタンス

背景

新型コロナウイルス感染症2019(COVID-19)は, 2019年12月に発生し, 2020年3月に世界保健機関(WHO)によって世界的なパンデミック宣言がな

された¹⁾。日本では, 2020年1月以降徐々に感染が拡大し, 2020年4月7日に政府が最初の緊急事態宣言を発令した²⁾。その後, 2020年から2022年にかけて緊急事態宣言が繰り返された。これらの宣言は, 他国のロックダウン規制とは異なり,

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) 筑波大学 体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, 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。

Fujii Y, Kitano N, Kai Y, Jindo T, Arao T. Changes in accelerometer-measured physical activity and sedentary behavior from before to after COVID-19 outbreak in workers. *Journal of Epidemiology*. 2024; 34(5): 247-53.

人々の自粛と自己防衛意識に頼った自主的な感染予防を促進するため、ソーシャルディスタンス措置などが採用された³⁾。勤労者においては、COVID-19のパンデミックによってワークスタイルが大きな影響を受け、在宅勤務が普及した^{4,5)}。この働き方の変化は、通勤ほか職業に関連する身体活動(physical activity: PA)に大きな影響を与えた^{6,7)}。Ráthonyiらは、パンデミック中の勤労者のPAと座位行動(sedentary behavior: SB)の変化に関する39の論文をレビューした。その結果、対象論文の76.4%においてPAの減少が報告され、75.0%においてSBの増加が確認された⁸⁾。しかし、先行研究のほとんどは、2つの大きな方法論的境界を有していた⁸⁾。第一に、ほとんどの研究は質問票によってPAを評価しており、想起バイアスの問題がある⁹⁾。一般的に、客観的にPAを評価できる方法は、この想起バイアスの影響を受けない。COVID-19のパンデミック中はネガティブな感情になりやすく¹⁰⁾、それが想起バイアスに多大な影響を与えた可能性を考慮すると¹¹⁾、パンデミック前後のPAとSBを客観的に評価する方法を採用する必要がある。更に、3軸加速度計など、客観的に測定できるツールを用いることで、PAがいつ、どの程度変化したかを示す証拠も得ることが可能となる。勤労者のPAパターンが平日と週末で異なる可能性があることを考えると、このエビデンスは介入策の立案に役立つだろう。第二に、最近のシステマティックレビューでは、先行研究の4分の3近くが横断デザインを採用していることが示された⁸⁾。個人内の変化を検出するためには、同一対象者に対する縦断調査を実施する必要がある。したがって、パンデミック前後のPAとSBの変化におけるバイアスを少なくするために、この2つの制限を克服する必要がある。更に、COVID-19のまん延に対する制限解除後のPAとSBの変化に関するエビデンスはまだ不足している。これまでのほとんどの研究は、社会的緊急性と時間的制約のために、最も厳しい行動制限措置(ロックダウンなど)の下での即時的な変化を調べていた^{8,12)}。最近の縦断的研究では、ロッ

クダウン解除後の児童におけるPAの変化が検証され、活動レベルが依然としてパンデミック前のレベルに回復していないことが報告されている¹³⁾。持続的な運動不足が非感染性疾患のリスクを高める可能性があることを踏まえると¹⁴⁾、勤労世代においても、厳しい行動制限措置が解除された後のPAとSBの変化を特定することは重要だと考えられる。そこで本研究では、日本人勤労者におけるCOVID-19発生前後のPAとSBの1年間の変化を、加速度計を用いて明らかにすることを目的とした。

方法

A. 参加者とデータ収集

本研究は、明治安田新宿健診センター(東京都新宿区)の健康診断データを用いた明治安田ライフスタイルスタディ(MYLSスタディ[®])による1年間の縦断研究である¹⁵⁾。研究対象者の選択基準は、1)加速度計によるオプション検査を受けたこと、2)生命保険会社またはその関連会社(事務職)に勤務しており、研究者が参加者の就業規則を特定できること、3)この研究に参加するためのインフォームドコンセントに同意した者とした。ベースライン調査は、COVID-19発生前の2019年6月から11月までに実施された。追跡調査は1回目の緊急事態宣言解除直後の2020年6月16日から、2回目の緊急事態宣言発令¹⁶⁾直前の2020年11月までに実施した¹⁷⁾。ベースライン調査には1059人が参加し、追跡調査には757人が参加した(追跡調査率:71.5%)。対象者の就業先における勤務日および勤務時間は、月曜日から金曜日の9:00~17:00であり、フレックスタイム制は導入されていなかった。調査対象者のうち、ベースライン調査でリモートワーク制度を利用していた者はおらず、追跡期間中に在宅勤務を導入した従業員は約20%であった(調査対象企業の人事部による情報提供)。本研究の参加者は、健康保険組合から毎年の健康診断に対する費用補助を受けているホワイトカラー勤労者であった。この研究は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. 身体活動と座位行動

参加者の PA と SB は、3 軸加速度計(Active style Pro HJA750-C: オムロンヘルスケア株式会社, 京都, 日本)によって計測した^{18,19)}。加速度計は、健診日の少なくとも 2 週間前に、測定手順と健康診断キットとともに各参加者に郵送された。参加者は、デバイスを損傷する可能性のある状態(例えば、水中での活動や接触のあるスポーツなど)を除いて、少なくとも 10 日間、起きている間に加速度計を腰に装着するように求められた。エポック長は 60 秒に設定され、metabolic equivalents (METs) は、開発者が提供するソフトウェアによって計算された¹⁹⁾。検出限界を下回る活動が 60 分連続した場合を非装着時間と定義し、データが 10 時間の装着時間を超えた場合は有効日と見なした。有効な平日データを 2 日以上かつ有効な週末データを 1 日以上もつ参加者を分析対象とした^{20,21)}。各 60 秒のエポックは、低強度 PA (LPA: 1.6~2.9 METs), 中強度から高強度 PA (MVPA: ≥ 3.0 METs), または SB (≤ 1.5 METs) に分類された。副次的アウトカムとして、bouted MVPA (BMVPA: 最大 2 分間の中断を許容し、かつ 10 分以上連続した MVPA)²²⁾, prolonged SB (PSB: 30 分以上の連続した SB)^{23,24)}, および歩数も評価した。これらの各行動に費やされた時間と歩数は、1 日ごとに集計され、すべての有効日数で平均された。活動レベルの日内変動をとらえるために、時間ごとの総 PA (METs-h) を計算した。

C. 人口統計データ

参加者の特性を明らかにするために、人口統計学的情報を取得した。これらの変数には、年齢(連続値)、性別、身長、体重(連続値)、body mass index: BMI(連続値)、配偶者の有無(あり、なし)、教育年数(連続値)、主観的経済状況(大変ゆとりがある、ゆとりがある、苦しい、大変苦しい)、職種(管理職、事務員、専門職、販売/サービス職、その他)、および雇用状況(正社員、その他)が含まれた。オフィスワーカーは、管理職、事務員、専門職などの職種に回答した人と定義し

た。BMI は測定された身長と体重を使用して計算され、残りの変数は自記式アンケートによって評価された。

D. 統計解析

分析にあたり、装着時間の変動を考慮し、PA と SB に費やした時間(分)を装着時間に占める割合(%)に換算した。2019 年と 2020 年の PA と SB の分布を示すため、箱ひげ図とバイオリンプロットを示した。COVID-19 発生前後の PA または SB の変化を調べるために、対応のある t 検定を実行し、効果量(Cohen の d)を計算した。分析は、全体および平日と週末別に行われた。総 PA の日内変動をラインプロットとヒートマップを用いて図示した。感度分析として、性別、年齢(50 歳未満または 50 歳以上)、職種(オフィスワーカーまたは販売/サービス職)、および主観的経済状況(苦しい/大変苦しい、またはゆとりがある/大変ゆとりがある)ごとに、すべての分析を実施した。年齢のカットオフは、この集団の平均年齢(53.3 歳)に近い 50 歳とした。すべての統計分析と視覚化は、R バージョン 4.0.2 (R Foundation for Statistical Computing, ウィーン, オーストリア)を使用して実行され、有意水準は $P < 0.05$ に設定した。

結果

ベースライン調査の参加者は 1059 人、追跡調査の参加者は 757 人で、追跡率は 71.5% であった。適格な参加者 757 人のうち、221 人(29.2%)の勤労者が加速度計の欠損データのために除外され、536 人(70.8%)が分析に含まれた。ベースライン特性は、分析対象となった参加者と対象外の参加者(追跡調査を受けていない、または加速度計のデータが欠損している)ごとに補足表 1 に示す。ベースライン調査と追跡調査は、ほとんどの参加者について同じ季節に実施され(補足図 1)、平均追跡期間は 378.6 日(標準偏差, 36.2 日)であった(表 1)。参加者の平均年齢は 53.3 歳で、69.6% が女性であった。平均教育年数は 14.5 年(大学卒に相当)で、ほとんどが正社員であった。参加者の PA と SB の特徴を補足表 2 に示す。

表1. ベースラインでの参加者の特徴

変数	全対象者 (n = 536)	男性 (n = 163)	女性 (n = 373)
平均値(SD)年齢, 歳	53.3(8.9)	51.9(6.9)	53.9(9.6)
性別			
男性	163 (30.4%)	-	-
女性	373 (69.6%)	-	-
平均値(SD)身長, cm	161.5(9.0)	171.9(5.8)	157.0(5.9)
平均値(SD)体重, kg	59.6(12.4)	68.5(11.6)	55.7(10.7)
平均値(SD)BMI, kg/m ²	22.7(3.8)	23.1(3.4)	22.5(4.0)
配偶者の有無			
あり	352 (65.9%)	141 (86.5%)	211 (56.9%)
なし	182 (34.1%)	22 (13.5%)	160 (43.1%)
欠損	2	0	2
平均値(SD)教育年数, 年	14.5(1.8)	15.9(0.8)	13.9(1.8)
欠損	15	3	12
主観的経済状況			
大変ゆとりがある	31 (5.8%)	12 (7.4%)	19 (5.2%)
ゆとりがある	364 (68.5%)	122 (74.8%)	242 (65.8%)
苦しい	113 (21.3%)	24 (14.7%)	89 (24.2%)
大変苦しい	23 (4.3%)	5 (3.1%)	18 (4.9%)
欠損	5	0	5
職種			
オフィスワーカー	390 (72.8%)	150 (92.0%)	240 (64.3%)
販売/サービス職	146 (27.2%)	13 (8.0%)	133 (35.7%)
雇用状況			
正社員	424 (80.5%)	148 (91.9%)	276 (75.4%)
その他	103 (19.5%)	13 (8.1%)	90 (24.6%)
欠損	9	2	7
平均値(SD)追跡期間, 日数	378.6(36.2)	377.0(34.3)	379.3(37.1)

SD: standard deviation (標準偏差)

図1は、2019年から2020年までのPA, SB, および歩数の変化を示している。各点は、PA およびSBにおける装着時間の平均変化率を示している。点が0の左側にある場合は、2020年にその活動が減少したことを示している。LPAとMVPAは、平日および週末に関係なく減少したが、週末の変化は有意ではなかった。逆に、SBは平日と週末の両方で増加した。PAとSBの変化の大きさは、LPAとMVPAを統合すると、平日・週末を問わず、加速度計の装着時間の割合でPAの減少が約1%ポイントに相当し、SBは同程度増加した。平日のベースライン時の平均装着時間が951分であったことから、1%ポイントの変化は1日9.5分(約10分)と算出できる。平日と週末のBMVPA

時間に明確な変化は見られなかった。一方でPSBは平日と週末の両方で増加した。歩数は平日と週末の両方で減少した(200~800歩/日)。すべての変化量は、補足表3および補足図2に記載されている。感度分析の結果、性別、年齢、職種、主観的経済状況ごとに見ても、PAとSBにおける変化の傾向は変わらないことが示された(補足図3~6)。

図2は、2019年(赤線)と2020年(青線)における総PAの日内変動を、平日と週末に分けてプロットしている。折れ線グラフの影は、平均±1標準偏差の範囲を示している。ヒートマップでは、濃い赤と青は、それぞれ2019年から2020年にかけての総PAにおける減少または増加を示している。

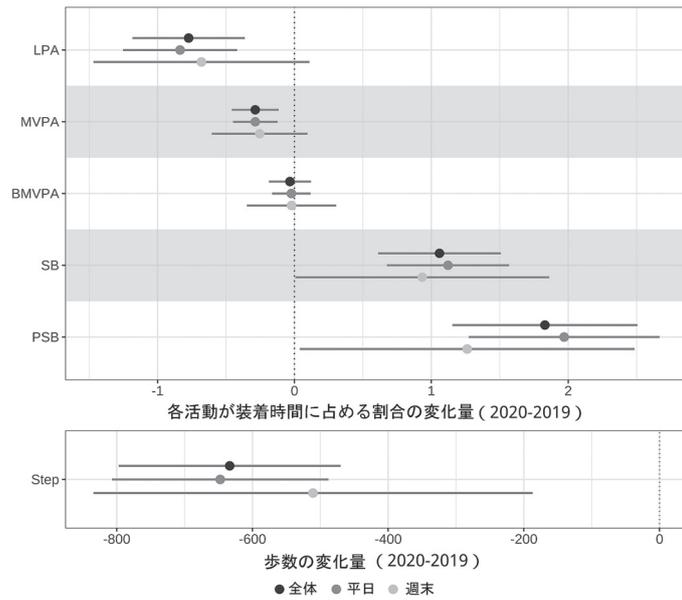


図1. 2019年から2020年までの身体活動と座位行動の変化点は平均値，エラーバーは95%信頼区間を示す。装着時間に占める割合は，加速度計の装着時間に対して各活動に費やした時間の割合を算出した。

LPA：light-intensity physical activity(低強度身体活動)，MVPA：moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)，BMVPA：bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity(10分以上連続した中高強度身体活動)，SB：sedentary behavior(座位行動)，PSB：prolonged sedentary behavior(30分以上連続した座位行動)

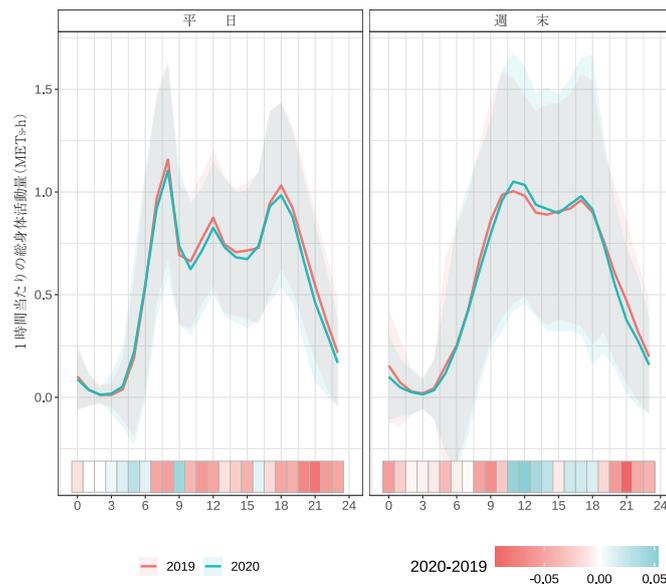


図2. 2019年と2020年の身体活動における日内変動の比較折れ線グラフの影は，平均値から1標準偏差±の範囲を示す。ヒートマップにおける濃い赤と青は，それぞれ2019年から2020年にかけての総身体活動の大幅な減少または増加を示している。

平日の結果は、7:00から24:00までのヒートマップが赤い線で描かれており、2019年と比較して2020年の総PAが減少していることを示している。対照的に、2020年における週末の総PAは11:00から18:00に2019年より増加している傾向が確認され、19:00以降は減少した。

考 察

本研究は、勤労者におけるCOVID-19発生前後のPAとSBの1年間の変化について、加速度計を用いて明らかにした最初の研究であった。その結果、COVID-19発生前後において、主に平日のPAが減少し、SBが増加したことが示された。具体的な効果量としては、LPAとMVPAを統合すると、平日・週末を問わず、加速度計装着時間の割合でPAの減少が約1%ポイントに相当し、SBは同程度増加した。ベースライン調査時の平日における平均装着時間は951分であったため、1%ポイントの変化は、1日当たり9.5分(約10分)と推定できる。感度分析では、これらの傾向は性別、年齢、職種、主観的経済状況によって変わらないことも示唆された。

先行研究のレビューでは、ほとんどの研究において、COVID-19のまん延によるロックダウン措置によって勤労者のPAとSBが悪影響を受けたことが報告されている⁸⁾。しかし、多くの研究が質問紙を用いてPAとSBを評価しており、測定バイアスの問題がある。Wunschらは、COVID-19がすべての世代のPAに与える影響に関するシステマティックレビューにおいて、パンデミックにおけるPAの変化を調査するためには、行動の客観的な評価と縦断的データを活用することの重要性を強調した¹²⁾。我々の研究は、客観的な縦断的データを用いて、これらの2つの方法論的限界を克服し、パンデミック時のPA低下とSB増加に関する、これまでの知見を拡張した。

COVID-19の発生前後、PAの減少とSBの増加が観察されたが、これらの行動の変化の大きさは平日と週末で異なる傾向を示した。平日には、BMVPAを除くすべての行動に変化が見られた。

しかし、週末には、SB、PSB、および歩数でのみ変化が見られた。COVID-19に対する勤労者の行動の変化を、平日と週末に分けて検証した研究は限られている²⁵⁾。Brusacaらは、COVID-19パンデミック中の勤労者は、パンデミック前と比較して、平日のMVPAが減ったことを明らかにしたが、週末の行動はパンデミック前とパンデミック中との間であまり変化していなかった²⁵⁾。我々の結果は、彼らの結果と部分的に一致していた。ほとんどの強度のPAが週末に変化を示さなかったのは、平日と比較してこれらの行動に大きなばらつきがあるためと思われる。客観的な測定方法を用いれば、バイアスが少ない状態で装着日のPAを評価できるが、日によって大きく行動が変化する週末におけるPAの平均量を推定するには、より多くのデータが必要だったと考えられる。我々のデータでは、週末の平均装着日数はわずか4.5日程度であり、週末の「習慣的な」行動を評価するには十分ではなかった可能性がある。週末のPAとSBの変化を明らかにするには、更に長期間の調査を含んだ研究が必要となる。

日内変動の結果によって、平日7:00以降の総PAは、2019年と比較して2020年において減少していたことが示された。これは、パンデミックによる外出制限に伴う働き方の変化を反映したものだと考えられる。首都圏の緊急事態宣言では、国から従業員の出勤率をパンデミック前比で70%に減らすよう要請された²⁶⁾。緊急事態宣言解除後も、感染拡大防止のための基本的な対策は引き続き徹底された。調査対象企業の人事部によると、追跡期間中に在宅勤務を導入した従業員は約20%にとどまったが、残りの従業員は、同僚や顧客と直接会うことは避けるよう求められた。したがって、これらすべてのワークスタイルの変化が、日中の総PAの減少とSBの増加につながった可能性がある。一方、就業時間後における総PAの減少は、感染防止対策としてレジャー施設の利用制限やイベント開催が制限されたことが原因と考えられる。特に首都圏では、「歓楽街」を訪れる人の減少が報告されている²⁷⁾。以上のことから、首都圏に住む

日本人勤労者は、平日の就業前、就業中、就業後に PA が減少している可能性がある。一方、週末の日内変動を見ると、昼間は PA が増加する傾向にあるが、夕方以降は減少する傾向にあることが明らかとなった。昼間の活動の増加は、夜間の行動制限に伴う「代償活動」として発生したと考えられる(例えば、夜間は店が閉まっているため、昼間に買い物に行くようになった等)。しかし、週末の PA は全体的に減少する傾向があったため、夜間の活動が日中の活動に完全に取って代わったわけではないことが示唆された。

この研究では、PA 減少および SB 増加は 1 日当たり約 10 分であることが確認された。この変化は、COVID-19 の発生後、PA が 1 日当たり 23 分減少、SB が 75 分増加したと報告された以前の研究^{28,29)}で確認されたものよりも比較的小さかった¹²⁾。この違いには 2 つの理由が考えられる。第一の理由は、PA の評価方法の違いである。本研究では PA と SB の測定には加速度計を使用した。ほとんどの先行研究では自己申告式の質問票を使用していたため、想起バイアスが生じていた可能性がある⁹⁾。アンケートは、ネガティブな状況下で悲観的に推定されることが報告されている。COVID-19 のパンデミック時のように、心理的にネガティブな状況下では¹⁰⁾、自己申告による PA は悲観的に評価されることがあり¹¹⁾、過去の活動量を過大に、現在を過少に報告した可能性がある。したがって、PA と SB の変化における効果量は、先行研究では過大評価されていた可能性がある。第二の理由は、実施されていた制限措置の違いである。これまでのほとんどの研究は、ロックダウンが実施された地域で調査を行っている^{8,12)}。本研究はロックダウンなどの厳しい制限とは異なり、比較的緩やかな制限が実施されている東京で調査を行い、更にこれらの制限が解除されている期間中に追跡調査が実施された。今後の研究では、制限の厳しさごとに PA と SB への影響が異なるかを比較し検証する必要がある。

この研究では、PA と SB の変化は比較的小さいことが示されたが、公衆衛生への影響は小さく

ない可能性がある。日本では、厚生労働省が 2013 年に身体活動ガイドラインを制定し、1 日 10 分の PA を上乗せする「+10(プラステン)」のメッセージを強調している³⁰⁾。「+10」の推奨は、MVPA を 1 日 10 分増やすことで、非感染性疾患、認知症、関節筋骨格系障害、更には死亡のリスクを 2 ~ 8 % 減らすことができるという研究成果に基づいている³¹⁾。我々の研究では、総 PA が 1 日当たり 10 分「減少」したことを考えると、パンデミックの間、人口は「+10」の推奨とは反対の方向(病気のリスクの増加に向かって)に動いたといえる。人口レベルで PA を 1 日当たり 10 分増やすことは困難である³²⁾。したがって、勤労者の PA を増やすために、更に積極的な介入が必要である。

本研究の強みは、パンデミック時の行動変化を調査するうえで必要な、いくつかの制限を乗り越えたことである。したがって、これらの結果は、測定バイアスを回避し、日本人勤労者における COVID-19 発生後の PA または SB の詳細な変化を示すことができた。しかし、我々の研究にはいくつかの限界がある。まず、外的妥当性の問題である。本調査は首都圏の企業に勤める勤労者を対象に実施された。参加者の大半は、労働時間が決まった正社員で、比較的裕福な人々であった。したがって、この結果が他の地域、国、職業、勤務スケジュール(フレックスタイムなど)の人々に適用できるのかは不明である。第二に、本研究は PA の客観的評価を用いていたが、活動強度に関して誤分類が生じた可能性がある。特に、腰に取り付けられた加速度計は姿勢を検出できないため、SB と LPA の誤分類につながる可能性がある³³⁾。最後に、すべての参加者が COVID-19 の発生に曝露していたため、対照群は設定されておらず、結果は単に時間の変化を反映しているという批判に反論できない。

結論として、COVID-19 の発生後、日本人勤労者では PA が減少し、SB が増加した。また変化量は 1 日当たり 10 分に相当した。更に、これらの行動の変化は、週末よりも平日のほうが明瞭であり、平日の就業時間前、就業時間中、就業時間後

に確認された。これらの知見は、パンデミックによる制限が勤労者のPAおよびSBに及ぼす悪影響を防ぐための対策の開発に役立つ情報となる。特に、本研究の結果から示唆されたように、平日の通勤、日中の仕事関連PA、就業後の余暇PAの減少を補うための計画を、国、企業、個人が策定すべきである。COVID-19パンデミック中またはパンデミック後において、勤労者のPAとSBを回復する方法を探るには、今後の更なる研究が必要である。

謝 辞

本プロジェクトの運営面・実務面で多大なる支援をいただいた明治安田新宿健診センターの皆様には感謝申し上げます。

資 金

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金若手研究(17K13238, 20K19701)および科学研究費補助金基盤研究(19K11569)の支援を受けて行われた。資金提供機関はいずれも、研究デザイン、データ収集、分析、データの解釈、または原稿の作成に関与していない。

データ利用に関する声明

本研究のデータは、責任著者へのリクエストにより入手できます。

利益相反

宣言なし。

参考文献

- 1) World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19-11 March 2020. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>. 2020. (アクセス日: 2022年2月24日)
- 2) Prime Minister of Japan and His Cabinet. [COVID-19] Declaration of a state of emergency in response to the novel coronavirus disease (April 16). 2020. URL: https://japan.kantei.go.jp/ongoingtopics/_00020.html(アクセス日: 2022年2月24日)
- 3) Watanabe T, Yabu T. Japan's voluntary lockdown. *PloS One*. 2021; 16(6): e0252468.
- 4) Hosoda M. Telework amidst the COVID-19 pandemic: effects on work style reform in Japan. *Corporate Governance*. 2021; 21(6): 1059-71.
- 5) Okubo T. Spread of COVID-19 and telework: evidence from Japan. *Covid Economics*. 2020; 32(26): 1-25.
- 6) Javad Koohsari M, Nakaya T, Shibata A, Ishii K, Oka K. Working from home after the COVID-19 pandemic: do company employees sit more and move less? *Sustainability*. 2021; 13(2): 939.
- 7) Fukushima N, Machida M, Kikuchi H, Amagasa S, Hayashi T, Odagiri Y, Takamiya T, Inoue S. Associations of working from home with occupational physical activity and sedentary behavior under the COVID-19 pandemic. *Journal of Occupational Health*. 2021; 63(1): e12212.
- 8) Ráthonyi G, Kósa K, Bács Z, Ráthonyi-Ódor K, Füzési I, Lengyel P, Bácsné Bába É. Changes in workers' physical activity and sedentary behavior during the COVID-19 pandemic. *Sustainability*. 2021; 13(17): 9524.
- 9) Cross TJ, Isautier JMJ, Stamatakis E, Morris SJ, Johnson BD, Wheatley-Guy C, Taylor BJ. Self-reported physical activity before a COVID-19 'lockdown': is it just a matter of opinion? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2021; 7(2): e001088.
- 10) Robinson E, Sutin AR, Daly M, Jones A. A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies comparing mental health before versus during the COVID-19 pandemic in 2020. *Journal of Affective Disorders*. 2022; 296: 567-76.
- 11) Drace S. Evidence for the role of affect in mood congruent recall of autobiographic memories. *Motivation and Emotion*. 2013; 37(3): 623-8.
- 12) Wunsch K, Kienberger K, Niessner C. Changes in physical activity patterns due to the Covid-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(4): 2250.
- 13) Salway R, Foster C, de Vocht F, Tibbitts B, Emm-Collison L, House D, Williams JG, Breheny K, Reid T, Walker R, Churchward S, Hollingworth W, Jago R. Accelerometer-measured physical activity and sedentary time among children and their parents in the UK before and after COVID-19 lockdowns: a natural experiment. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2022; 19(1): 51.
- 14) Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Impact of physical inactivity on the world's major non-communicable diseases. *Lancet*. 2012; 380(9838): 219-29.
- 15) 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(8): e005824.
- 16) Prime Minister of Japan and His Cabinet. [COVID-19] The declaration of the lifting of the state of emergency in response to the novel coronavirus disease. 2020. URL: https://japan.kantei.go.jp/ongoingtopics/_00027.html (アクセス日: 2022年6月3日)
 - 17) Prime Minister of Japan and His Cabinet. [COVID-19] Declaration of a state of emergency in response to the novel coronavirus disease (January 7). 2021. URL: https://japan.kantei.go.jp/ongoingtopics/_00038.html (アクセス日: 2022年6月3日)
 - 18) 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(5): 702-3.
 - 19) 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(11): 1681-91.
 - 20) 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.
 - 21) Mäse 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(11 Suppl): S544-54.
 - 22) Clarke J, Janssen I. Sporadic and bouts physical activity and the metabolic syndrome in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014; 46(1): 76-83.
 - 23) Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116(9): 1081-93.
 - 24) Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2008; 36(4): 173-8.
 - 25) Brusaca LA, Barbieri DF, Mathiassen SE, Holtermann A, Oliveira AB. Physical behaviours in Brazilian office workers working from home during the COVID-19 pandemic, compared to before the pandemic: a compositional data analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(12): 6278.
 - 26) Ministry of Economy, Trade and Industry. METI requested related associations to promote teleworking of workers and other actions as responses to Government's declaration of state of emergency involving novel coronavirus disease. 2020. URL: https://www.meti.go.jp/english/press/2020/0413_002.html (アクセス日: 2022年6月8日)
 - 27) Nagata S, Nakaya T, Adachi Y, Inamori T, Nakamura K, Arima D, Nishiura H. Mobility change and COVID-19 in Japan: mobile data analysis of locations of infection. *Journal of Epidemiology*. 2021; 31(6): 387-91.
 - 28) Yang Y, Koenigstorfer J. Determinants of physical activity maintenance during the Covid-19 pandemic: a focus on fitness apps. *Translational Behavioral Medicine*. 2020; 10(4): 835-42.
 - 29) Cheval B, Sivaramakrishnan H, Maltagliati S, Fessler L, Forestier C, Sarrazin P, Orsholits D, Chalabaev A, Sander D, Ntoumanis N, Boisgontier MP. Relationships between changes in self-reported physical activity, sedentary behaviour and health during the coronavirus (COVID-19) pandemic in France and Switzerland. *Journal of Sports Sciences*. 2021; 39(6): 699-704.
 - 30) Miyachi M, Tripette J, Kawakami R, Murakami H. "+10 min of physical activity per day": Japan is looking for efficient but feasible recommendations for its population. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2015; 61(Suppl): S7-9.
 - 31) Murakami H, Tripette J, Kawakami R, Miyachi M. "Add 10 min for your health": the new Japanese recommendation for physical activity based on dose-response analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2015; 65(11): 1153-4.
 - 32) Saito Y, Oguma Y, Tanaka A, Kamada M, Inoue S, Inaji J, Kobori Y, Tajima T, Kato R, Kibayashi Y, Narumi Y, Takeuchi A, Miyachi M, Lee IM, Takebayashi T. Community-wide physical activity intervention based on the Japanese physical activity guidelines for adults: a non-randomized controlled trial. *Preventive Medicine*. 2018; 107: 61-8.
 - 33) 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(10): e0186523.

補足資料

補足表 1. 分析対象となった参加者と対象外となった参加者のベースライン特性の比較

変数	分析対象 (n = 536)	対象外 (n = 523)	P-value ^a
平均値 (SD) 年齢, 歳	53.3 (8.9)	52.0 (9.3)	0.03
性別			0.35
男性	163 (30.4%)	174 (33.3%)	
女性	373 (69.6%)	349 (66.7%)	
平均値 (SD) 身長, cm	161.5 (9.0)	162.0 (8.6)	0.35
平均値 (SD) 体重, kg	59.6 (12.4)	60.8 (12.3)	0.11
平均値 (SD) BMI, kg/m ²	22.7 (3.8)	23.0 (3.8)	0.19
配偶者の有無			0.43
あり	352 (65.9%)	349 (68.4%)	
なし	182 (34.1%)	161 (31.6%)	
欠損	2	13	
平均値 (SD) 教育年数, 年	14.5 (1.8)	14.5 (1.9)	0.85
欠損	15	39	
主観的経済状況			0.07
大変ゆとりがある	31 (5.8%)	38 (7.5%)	
ゆとりがある	364 (68.5%)	313 (61.5%)	
苦しい	113 (21.3%)	139 (27.3%)	
大変苦しい	23 (4.3%)	19 (3.7%)	
欠損	5	14	
職種			0.17
オフィスワーカー	390 (72.8%)	335 (68.6%)	
販売/サービス職	146 (27.2%)	153 (31.4%)	
欠損	0	35	
雇用状況			0.44
正社員	424 (80.5%)	382 (78.3%)	
その他	103 (19.5%)	106 (21.7%)	
欠損	9	35	

SD: standard deviation (標準偏差)

^a 統計解析: *t* 検定, カテゴリ変数にはカイ二乗検定

補足表 2. 参加者の身体活動と座位行動の特徴

変数	ベースライン(2019)	追跡(2020)
	Mean (SD)	Mean (SD)
装着日数, 日		
平日	12.2 (4.5)	11.8 (4.5)
週末	4.6 (2.5)	4.5 (2.5)
装着時間, 分/日		
平日	951.1 (122.7)	936.7 (131.0)
週末	873.6 (148.3)	868.1 (154.7)
活動時間, 分/日		
平日		
LPA	270.5 (92.3)	259.0 (91.4)
MVPA	68.0 (25.3)	64.1 (24.4)
BMVPA ^a	27.3 (19.7)	26.6 (20.4)
SB	612.5 (126.9)	613.6 (128.5)
PSB ^a	221.0 (118.4)	236.0 (124.6)
週末		
LPA	276.3 (94.2)	267.8 (96.8)
MVPA	58.3 (37.3)	55.5 (36.5)
BMVPA ^a	26.4 (31.9)	25.9 (33.3)
SB	539.0 (150.5)	544.9 (161.3)
PSB ^a	257.1 (138.8)	268.5 (158.3)
歩数, 歩/日		
平日	9163.7 (2645.2)	8516.2 (2723.0)
週末	6965.6 (4048.9)	6454.9 (4077.3)

SD: standard deviation (標準偏差), LPA: light-intensity physical activity (低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), BMVPA: bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity (10分以上連続した中高強度身体活動), SB: sedentary behavior (座位行動), PSB: prolonged sedentary behavior (30分以上連続した座位行動)

a: PSB/BMVPA は 1 日当たりの合計活動時間を示す。

補足表 3. 全参加者の身体活動と座位行動の変化

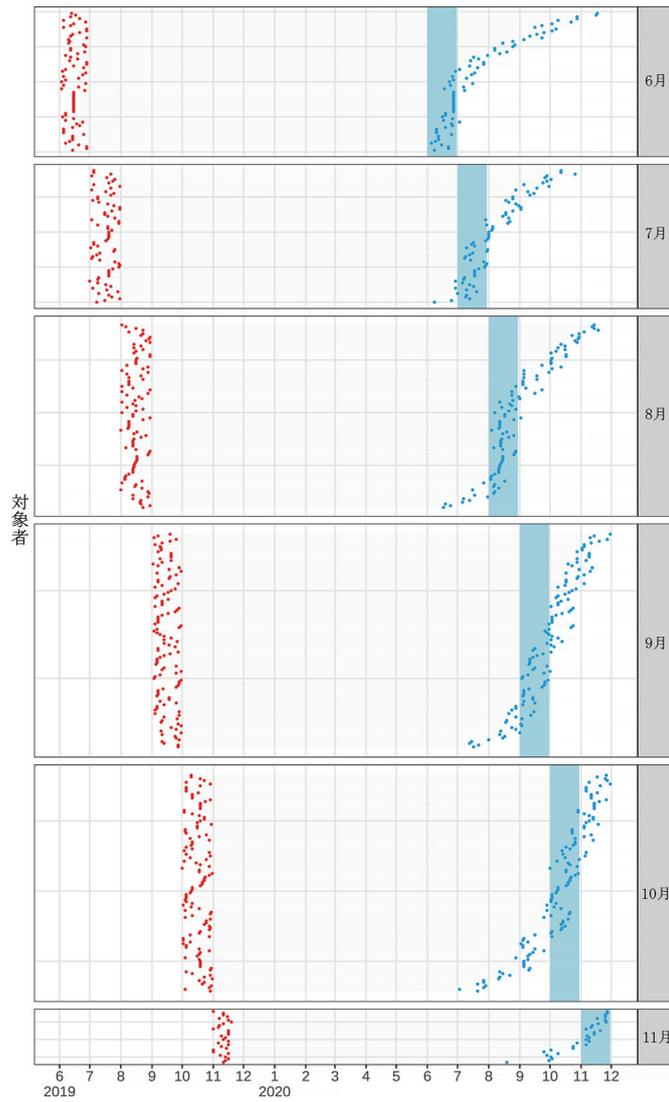
		ベース ライン (平均値)	追跡 (平均値)	変化量 ^c	95% CI		P-value	Cohen's d
LPA ^a	全体	29.3	28.6	-0.77	-1.18	-0.36	< 0.01	0.09
	平日	28.5	27.7	-0.84	-1.25	-0.42	< 0.01	0.09
	週末	31.8	31.2	-0.68	-1.47	0.11	0.09	0.06
MVPA ^a	全体	7.1	6.8	-0.29	-0.46	-0.12	< 0.01	0.11
	平日	7.2	6.9	-0.29	-0.45	-0.12	< 0.01	0.11
	週末	6.8	6.5	-0.25	-0.60	0.10	0.15	0.06
BMVPA ^a	全体	2.9	2.9	-0.03	-0.19	0.12	0.67	0.01
	平日	2.9	2.9	-0.02	-0.16	0.12	0.75	0.01
	週末	3.1	3.1	-0.02	-0.35	0.30	0.90	0.01
SB ^a	全体	63.6	64.6	1.06	0.61	1.51	< 0.01	0.12
	平日	64.2	65.4	1.12	0.68	1.57	< 0.01	0.12
	週末	61.4	62.3	0.93	0.01	1.86	0.05	0.08
PSB ^a	全体	24.5	26.3	1.83	1.15	2.51	< 0.01	0.17
	平日	23.0	25.0	1.97	1.27	2.67	< 0.01	0.17
	週末	29.0	30.3	1.26	0.04	2.48	0.04	0.09
Step ^b	全体	8575	7941	-634	-797	-470	< 0.01	0.24
	平日	9164	8516	-648	-807	-488	< 0.01	0.24
	週末	6966	6455	-511	-834	-187	< 0.01	0.13

CI: confidence interval (信頼区間), LPA: light-intensity physical activity (低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), BMVPA: bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity (10分以上連続した中高強度身体活動), SB: sedentary behavior (座位行動), PSB: prolonged sedentary behavior (30分以上連続した座位行動)

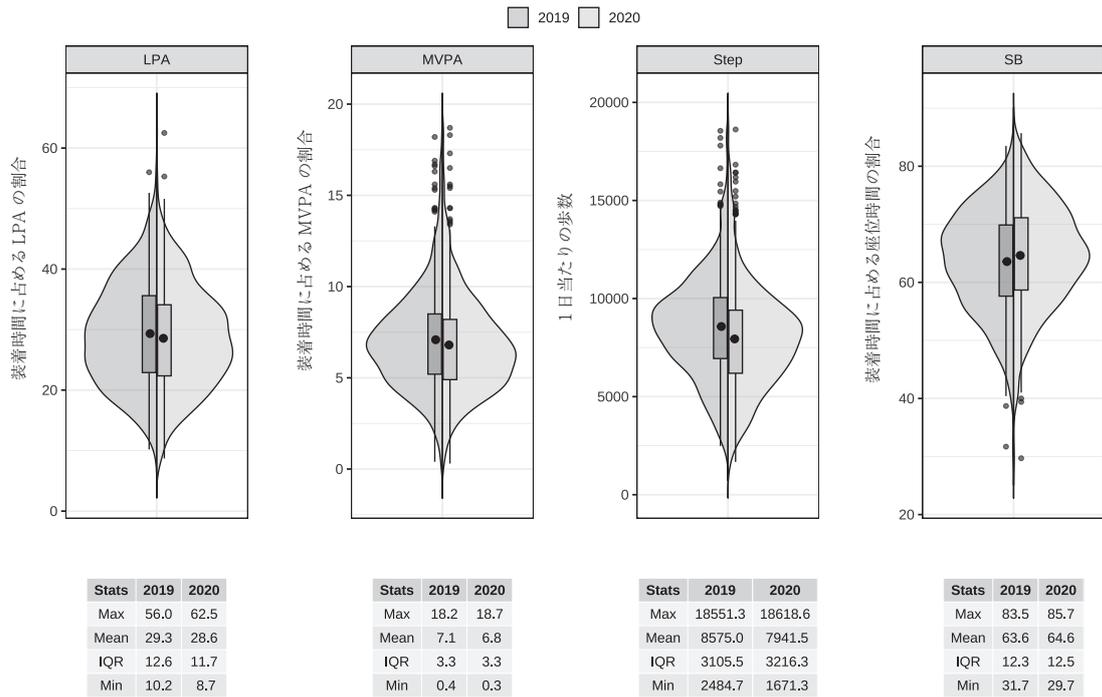
a: 装着時間に占める割合の平均値

b: 1日当たりの歩数の平均値

c: ベースラインから追跡までの変化量を示す。

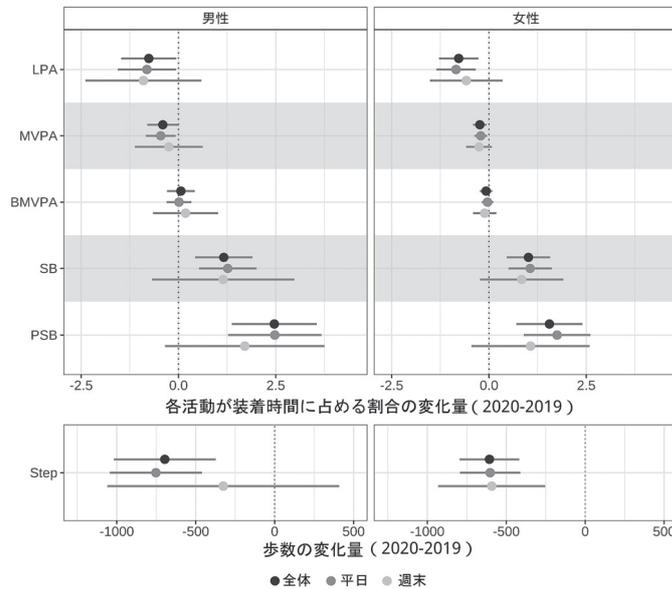


補足図1. 各参加者のベースライン調査から追跡調査までの間隔
 ベースライン調査の時期が赤点、追跡調査の時期が青点で示され
 ている。ベースライン調査と同じ月に追跡調査を実施した場合、
 青くハイライトされている範囲に収まる(ちょうど約1年間の追
 跡期間を意味する)。



補足図 2. 2019年と2020年の身体活動と座位行動の分布
箱ひげ図内の点は平均値を示す。

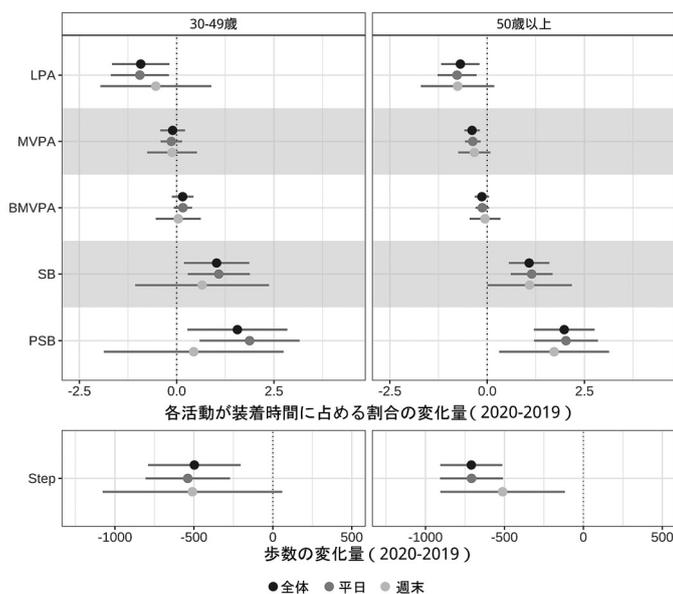
LPA: light-intensity physical activity (低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), SB: sedentary behavior (座位行動), Max: maximum (最大値), IQR: interquartile range (四分位範囲), Min: minimum (最小値)



補足図 3. 2019年から2020年における身体活動と座位行動の男女別の変化

点は平均値, エラーバーは95%信頼区間を示す。装着時間に占める割合は, 加速度計の装着時間に対して各活動に費やした時間の割合を算出した。

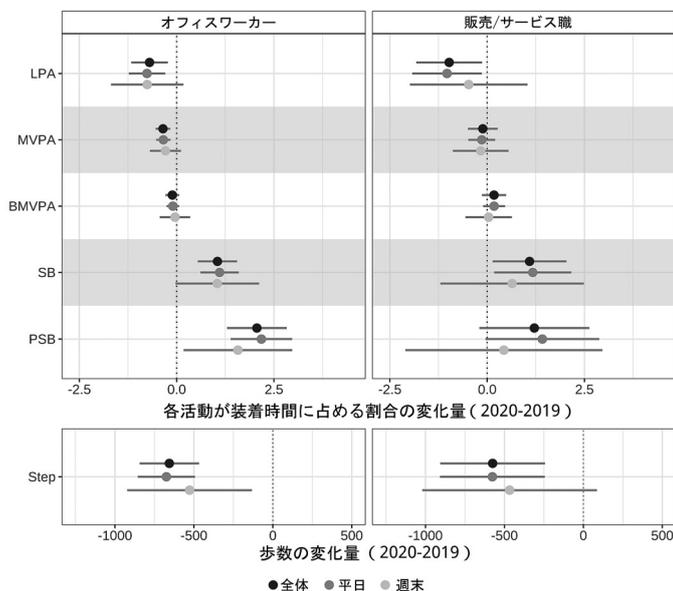
LPA: light-intensity physical activity (低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), BMVPA: bouts moderate- to vigorous-intensity physical activity (10分以上連続した中高強度身体活動), SB: sedentary behavior (座位行動), PSB: prolonged sedentary behavior (30分以上連続した座位行動)



補足図4. 2019年から2020年における身体活動と座位行動の年齢別の変化

点は平均値，エラーバーは95%信頼区間を示す。装着時間に占める割合は，加速度計の装着時間に対して各活動に費やした時間の割合を算出した。

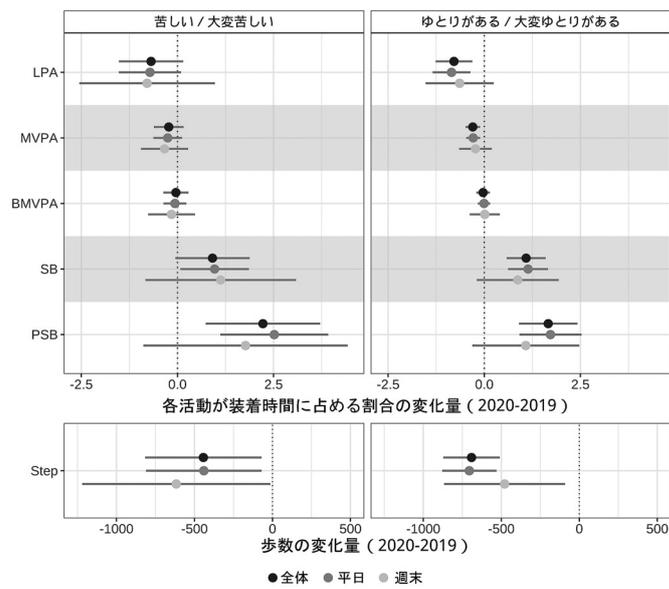
LPA：light-intensity physical activity(低強度身体活動)，MVPA：moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)，BMVPA：bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity(10分以上連続した中高強度身体活動)，SB：sedentary behavior(座位行動)，PSB：prolonged sedentary behavior(30分以上連続した座位行動)



補足図5. 2019年から2020年における身体活動と座位行動の職種別の変化

点は平均値，エラーバーは95%信頼区間を示す。装着時間に占める割合は，加速度計の装着時間に対して各活動に費やした時間の割合を算出した。

LPA：light-intensity physical activity(低強度身体活動)，MVPA：moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)，BMVPA：bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity(10分以上連続した中高強度身体活動)，SB：sedentary behavior(座位行動)，PSB：prolonged sedentary behavior(30分以上連続した座位行動)



補足図 6. 2019年から2020年における身体活動と座位行動の主観的経済状況別の変化

点は平均値，エラーバーは95%信頼区間を示す。装着時間に占める割合は，加速度計の装着時間に対して各活動に費やした時間の割合を算出した。

LPA：light-intensity physical activity(低強度身体活動)，MVPA：moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)，BMVPA：bouted moderate- to vigorous-intensity physical activity(10分以上連続した中高強度身体活動)，SB：sedentary behavior(座位行動)，PSB：prolonged sedentary behavior(30分以上連続した座位行動)

〔二次出版〕

男子高校生における学校運動部からの早期離脱の関連要因： 2.4年間の追跡調査

—Frontiers in Sports and Active Living, section Sport Psychology に
掲載された英語論文の日本語による二次出版—

神藤隆志^{1,2)}, 北濃成樹¹⁾, 永田康喜³⁾, 中原(権藤)雄一⁴⁾, 鈴川一宏⁵⁾, 永松俊哉⁶⁾

SUMMARY

学校運動部と早期離脱との関係については、これまで十分に明らかにされていない。本研究の目的は、福岡県の私立男子高等学校の運動部における早期離脱の関連要因を明らかにすることとした。1年生928名のうち、同校の運動部に所属する331名を本研究の対象とした。2017年5月にベースライン調査を実施し、2019年10月に追跡調査を実施した。本研究では、早期離脱を3年生の4月よりも早く運動部を辞めた生徒と定義した。早期離脱の関連要因として、生物学的要因、個人内要因、個人間要因、組織的要因を検討した。早期離脱を目的変数、検討した関連要因を説明変数とする単変量ロジスティック回帰分析を用い、オッズ比(OR)と95%信頼区間(CI)を算出した。全体で232名(85.0%)が3年生の4月以降も運動部への参加を継続し、41名(15.0%)が早期離脱を経験した。早期離脱との統計学的に有意な関連は、体重(OR = 0.94, 95% CI = 0.90-0.98), BMI(OR = 0.84, 95% CI = 0.74-0.97), 傷害や障害の経験(OR = 0.40, 95% CI = 0.19-0.87), 競技戦績(OR = 0.29, 95% CI = 0.13-0.62), スポーツ経験期間(OR = 0.99, 95% CI = 0.98-1.00)であった。この結果から、生徒の学校関係者や家族は早期離脱の可能性を認識し、生徒が早期離脱を経験した場合には適切なサポートを提供すべきであることが示唆される。学校の運動部活動の競技レベルや規範は、学校や運動部によって異なる可能性があるため、今回の知見が他の学校や運動部に当てはまるかどうか検証する必要がある。

Key words: 組織化されたスポーツ, 部活動, ドロップアウト, 青年期, アスリート

緒言

スポーツ参加は青年期の身体活動(PA)の維持

に役立つ¹⁾, 身体的²⁾, 心理社会的³⁾な健康と発達に好影響をもたらす。しかし、組織化された地域や学校のスポーツクラブは、離脱率が高い^{4,5)}。

- 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) 大阪教育大学 表現活動教育系 Division of Art, Music, and Physical Education, Osaka Kyoiku University, Osaka, Japan.
- 3) 筑波大学 体育系 Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- 4) 福岡県立大学 人間社会学部 Faculty of Integrated Human Studies and Social Sciences, Fukuoka Prefectural University, Fukuoka, Japan.
- 5) 日本体育大学 体育学部 Faculty of Sport Science, Nippon Sport Science University, Tokyo, Japan.
- 6) 山野美容芸術短期大学 The General Department of Aesthetics, Yamano College of Aesthetics, Tokyo, 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。

Jindo T, Kitano N, Nagata K, Nakahara-Gondoh Y, Suzukawa K, Nagamatsu T. Correlates of early attrition from school sports clubs in male senior high school students: a 2.4-year follow-up study. *Frontiers in Sports and Active Living, section Sport Psychology*. 2023; 5: 1203113.

早期離脱は、身体的健康指標の低下⁴⁾、心理的困難、生活の質の低下と関連している^{5,6)}。早期離脱を予測したり、早期離脱前後の支援策を開発したりするためには、まずその関連要因を明らかにする必要がある。なぜなら、青年期におけるスポーツ実践の場で実験計画を採用することには実務上の制約があるからである⁷⁾。

Crane and Temple⁸⁾のシステマティックレビューでは、早期離脱の理由として、楽しさの欠如、有能感の認識、社会的プレッシャー、優先事項の競合、身体的要因(成熟や傷害)の5つが挙げられている。Balishら⁷⁾は、早期離脱は年齢を除き、個人内または個人間要因および心理的要因と関連していることを明らかにしている。一方、参加要因(傷害など)や制度的要因(スポーツの種類など)、生物学的要因(年齢、身体計測指標、体力など)については十分に検討されていない。更に、体力と早期離脱との関係についての検討^{9,10)}や、最近の先行研究の結果には一貫性がない。早期離脱を理解するためには、それぞれの要因がどの程度のレベルで関連しているのか、現代に適用できるエビデンスが必要である。

青年期のスポーツ参加は、その後の人生において身体的にアクティブなライフスタイルを送ることができるようになるため、重要である¹¹⁾。したがって、青年期におけるスポーツからの早期離脱に関する問題を検討することは、成人後に身体的に活発な生活を送る人の数を増やすために有益である。一方、スポーツ離れに関する知見は欧米諸国に限られている⁷⁾。青年期の主なスポーツ環境は、学校中心型、地域中心型、学校と地域の両方が中心となるパターンに分類でき、国によって傾向が異なる¹²⁾。欧米諸国が主に学校と地域中心型の両方、または地域中心型に分類されるのに対し、アジア諸国の多くは学校中心型に分類される¹²⁾。日本では、学校運動部が青年期における主要な組織のスポーツの場であり、単なるスポーツ活動ではなく、教育活動として位置づけられている¹²⁾。高校生の約50%が学校運動部に所属しており¹³⁾、生徒の競技レベルも幅広い。運動部に所属する生

徒は、学校生活を通じて1つの運動部に所属し続けるのが規範とされている¹⁴⁾。このような特有な文化をもつ日本の学校運動部における早期離脱との関連要因は、他国のスポーツクラブとは異なる可能性がある。しかし、日本の学校運動部における早期離脱に関する縦断的研究は1件しかなく、モチベーションとバーンアウトに焦点を当てている¹⁵⁾。日本の生徒のスポーツ参加の機会とPAを維持するための戦略を開発するためには、まず日本の青年期における運動部からの早期離脱の関連要因をさまざまな観点から探る必要がある。その後、明らかになった関連要因を、因果関係の推論や予測を目的とした今後の研究につなげる必要がある。さまざまな関連要因を検討・解釈するためには、スポーツ離脱の社会生態学的モデル⁷⁾の枠組みが有効である。これらの関連要因は、修正可能である場合とそうでない場合があるが⁷⁾、早期離脱の影響を受けやすい特徴として考えられ、早期離脱に関する予防策や支援策を計画するのに役立つであろう。

そこで本研究の目的は、日本の男子高校生の運動部員を対象として、2.4年間の縦断的調査を行い、社会生態学的モデルに従って早期離脱の関連要因をさまざまな角度から検討することとした。日本の学校運動部では、多大な努力を必要とし、プレッシャーのなかでも諦めないことを要求され、学校生活との関連性が強いという特有な文化があるため、有能感の認知やスポーツにおけるソーシャルサポートなどの心理的要因に加えて、ストレス対処力や学校生活のウェルビーイングに関する項目が早期離脱と関連すると仮説を立てた。

方法

A. 研究デザインと参加者

本研究は、福岡県にある私立男子高等学校で実施した。対象校は、運動部に所属する生徒が十分におり、縦断的研究デザインを受け入れたことを考慮し、便宜的サンプリングによって選定した。同校には複数の強豪運動部があるが、スポーツ専門のコースはなかった。体育の授業で自記式質問

紙調査を実施し、学校の年次体力テストのデータは職員から提供を受けた。ベースライン調査および追跡調査は、2017年5月(1年生)、2018年5月(2年生)、2019年5月(3年生)、および2019年10月から12月(卒業の約6か月前)に実施した。

包含基準は、学校の運動部に所属する生徒とした。全1年生(n=928)のうち、ベースライン調査に欠席した者(n=22)と、研究へのデータ使用に同意しなかった者(n=16)を除外した。合計331名の生徒が包含基準を満たした。

B. 評価項目

1. 運動部からの早期離脱

追跡調査では、高校時代を通しての運動部への参加パターンを調べた。生徒は運動部に所属しているかどうかを尋ねられた。運動部に所属していない者は、辞めた年と月を明らかにした。運動部への参加期間はそれに応じて計算された。運動部の所属者については、ベースラインから追跡調査までの期間(すなわち30か月)を割り当てた。非所属者の場合は、ベースラインから退部時までの期間とした。日本では、運動部を3年生より早く退部した生徒を早期離脱ととらえることが一般的である¹⁴⁾。そこで本研究では、3年生の4月よりも早く運動部を辞めた生徒を早期離脱者と定義した。

2. 早期離脱の関連要因

日本の学校運動部における早期離脱の関連要因は、これまで限られた研究¹⁵⁾しか行われていないため、関連要因の候補はさまざまな観点から検討する必要がある。先行研究^{7,8)}を参考に説明変数を設定した。具体的には、心理的要因に加え、身体の傷害や障害、体力、競技戦績など、十分に調査されていない変数を関連要因の候補として本研究に含めた。

現在のところ、先行のシステマティックレビューでは、変数を生物学的要因、個人内要因、個人間要因、制度的要因、地域社会要因、政策的要因に分類した社会生態学的モデル⁷⁾や、変数を個人内要因、個人間要因、構造的要因に分類した余暇制約理論⁸⁾を用いて関連要因を解釈している。本研究では、生物学的要因や個人間要因といった

詳細な分類が本研究に適していると考えられたため、社会生態学的モデルを用いて関連要因を分類した。

1) 生物学的要因

生物学的要因には、身長、体重、体格指数(BMI)、体力が含まれた。身長(学校の健康診断用の機器を使用)と体重(MC-190, 株式会社タニタ, 東京, 日本)を客観的に測定し、BMIを算出した。標準化された体力テスト¹⁶⁾は、対象校を含む日本のすべての学校で毎年実施されており^{16,17)}、その合計点を分析に含めた。体力テストは1964年以来、国によって義務づけられており、その信頼性はテストマニュアルによって確立されている¹⁶⁾。体力テストは、握力(筋力)、上体起こし(腹筋の筋力・持久力)、長座体前屈(柔軟性)、反復横跳び(敏捷性)、50 m走(スピード)、立ち幅跳び(下半身の爆発力)、ハンドボール投げ(上半身の爆発力)、20 m シャトルラン(心肺体力)の8項目からなる。各測定結果は、年齢と性別に特化した日本の体力標準値を用いて1から10までの標準化された得点に変換され、合計して分析用の合計得点を算出した¹⁶⁾。各テストの詳細な測定情報¹⁸⁾および体力測定の概要¹⁷⁾については、先行研究に記載されている。

2) 個人内要因

個人内要因には、傷害または障害、競技戦績、毎週のトレーニング時間、主観的な練習の強度、競技活動の時間、主観的な競技パフォーマンス、学校生活ウェルビーイング、首尾一貫感覚(SOC)が含まれた。

過去1年間に日常生活に支障をきたすような傷害や身体障害の経験は、2年生と3年生の調査で評価し、該当する生徒にはその時期についても質問した。その時期が運動部を退部した時期より前であれば、「経験あり」とした。

競技戦績については、過去1年間の最高戦績を尋ねた。回答選択肢は、「都道府県レベル大会以上の入賞」、「全国レベル大会に出場」、「全国レベル以上の大会で入賞」、「特に入賞した大会はない、または該当なし」の4つとした。何らかの戦績が

ある生徒は、「都道府県レベルの大会以上の入賞」に分類された。その他は「特に戦績なし、該当なし」とした。

1日当たりのトレーニング時間(時間と分)を評価し、トレーニング日数を乗じて1週間の総トレーニング時間を算出した。普段のトレーニングセッションにおける主観的な強度を、「疲労なし」から「非常にきつい」までの7つの選択肢を用いて測定した。生徒のそのスポーツへの参加状況として、経験期間(年, 月)を評価した。

競技の戦績にかかわらず、過去1か月のスポーツのパフォーマンスについて生徒の主観的評価を求める独自に開発した項目を用いて、主観的な競技パフォーマンスを評価した。回答は11段階のリッカート尺度(「最悪のパフォーマンス」= 0, 「最高のパフォーマンス」= 10)で行った。

学校生活ウェルビーイングは、先行研究¹⁹⁾で開発された22項目の尺度を用いて評価した。9項目は学校生活の充実度、6項目は学業成績、7項目は進路決定に関するものであった。

SOCの測定には、東大健康社会学版SOC3項目スケール²⁰⁾を用いた。この尺度は、SOCの下位概念(処理可能感、有意味感、把握可能感)を7つの回答選択肢を用いて評価するものである。スコアは3~21の範囲で、スコアが高いほどストレス対処力が高いことを示す。

3) 個人間要因

個人間要因には、スポーツと全般のソーシャルサポートが含まれた。対象者のスポーツ活動に関連したソーシャルサポートの認知を評価するために、競技者用ソーシャルサポート尺度^{21,22)}を用いた。この尺度は5つの項目からなる：(1)理解・激励、(2)尊敬・評価、(3)直接援助、(4)情報提供、(5)娯楽共有。回答は「大変不満である」(1点)から「大変満足である」(5点)までであった。

5~25点の5項目の合計点をソーシャルサポート得点とした。全般的なソーシャルサポートは、日本語版のソーシャルサポート尺度^{23,24)}を用いて評価した。この尺度は、家族、重要な他者、友人からのソーシャルサポートの認知に関する12項目か

らなる。回答の選択肢は、「全く違う」から「全くそのとおり」までの7つである。12点から84点までの合計点が分析に用いられた。

4) 組織的要因

組織的要因には、スポーツの種類とスポーツチームの戦績が含まれた。スポーツの種類は、個人か集団スポーツかに分類し、所属している部で判断した。個人スポーツ(武道やラケットスポーツなど)でも、集団で行うものもあるが、それらは個人スポーツに分類した。チームの戦績は、個人の競技戦績と同じ4つの選択肢を用い、チームの過去3年間の最高戦績で評価した。

3. 統計解析

データ分析にはSPSS version 27 (IBM, Inc., Armonk, NY, USA)を用いた。統計的有意水準は $P < 0.05$ とした。

対象者の25.7%および18の分析変数のうち15に少なくとも1つの欠損データがあったため(欠損データの割合は0.6~17.5%)、これらの欠損データは、missing at randomの仮定(すなわち、欠損値は変数自体に依存せず、他の観測変数に依存する)に従って代入された。我々は、100の多重代入のデータセット²⁵⁾を用意し、Rubinのルール²⁶⁾を適用して、別々に統合された結果からプールされた結果を分析した。

各関連要因と早期離脱との関係を調べるため、単変量ロジスティック回帰分析を行い、早期離脱のオッズ比(OR)と95%信頼区間(CI)を算出した。早期離脱の関連要因を探索することを目的としており、因果関係の推論や予測は行っていないため、未調整推定値を報告した。ORが1より小さい場合は負の関連を示し、ORが1より大きい場合は変数間の正の関連を示す。ORが1から離れれば離れるほど、より強い関連を示す。

結 果

全体では、3年生の4月以降も運動部に継続して参加している生徒は232名(85.0%)、早期離脱者は41名(15.0%)、データ欠損者は58名であった。早期離脱者は1年生19名、2年生22名であった

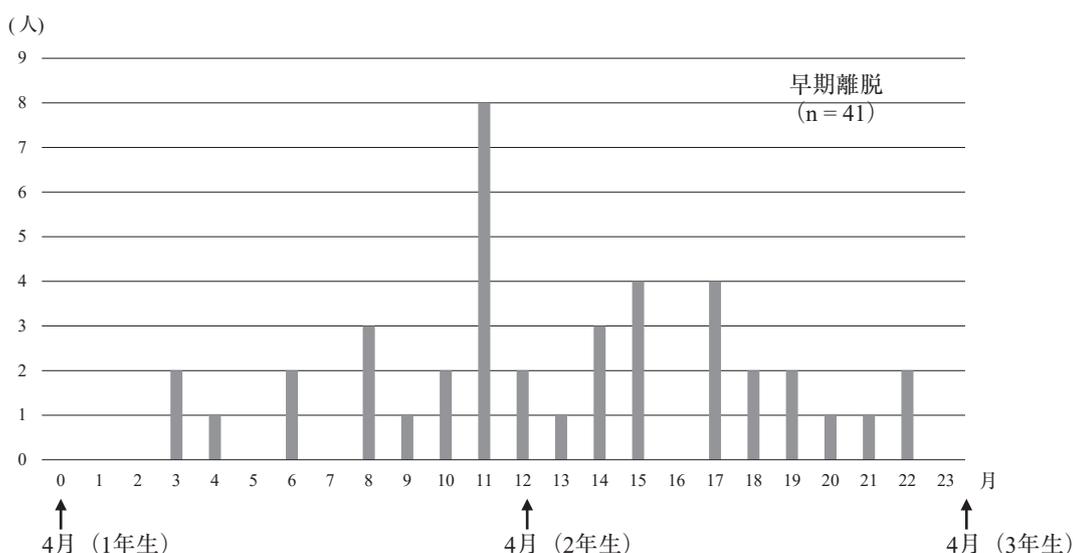


図1. 早期離脱の時期

(図1)。

表1は、代入データと完全データにおける参加者の特徴を示している。傷害または障害の経験は、説明変数のなかで最大の欠損データ率(n = 49, 14.8%)を示した。

図2は生徒のスポーツの種類を示した。個人スポーツは11, 集団スポーツは6であった。表2は早期離脱に対するロジスティック回帰分析の結果である。その結果, 早期離脱と体重(OR = 0.94, 95% CI = 0.90-0.98), BMI(OR = 0.84, 95% CI = 0.74-0.97), 傷害または障害の経験(OR = 0.40, 95% CI = 0.19-0.87), 競技戦績(OR = 0.29, 95% CI = 0.13-0.62), スポーツ経験期間(OR = 0.99, 95% CI = 0.98-1.00)との間に有意な関連が認められた。

考 察

本研究では、高校生の男子運動部員を対象に、早期離脱と関連要因との関係について縦断的デザインを用いて検討した。その結果, 日常生活に影響を及ぼすような傷害や障害, 個人の競技戦績, スポーツの経験期間が早期離脱と関連していた。関連要因として報告されていた他の変数(主観的な競技パフォーマンス, ソーシャルサポートなど)は統計的有意性を示さなかった。

先行の総説では、身体の形態と早期離脱との関連は十分に検討されていない⁷⁾。一方, さまざまなスポーツをする青少年を対象に早期離脱の関連要因を調べた横断研究では, BMIは早期離脱と関連しなかった⁹⁾。反対に, 青年期の水泳選手を対象とした横断研究では, 早期離脱を経験していない選手のほうが, 身長が高かった²⁷⁾。また, 青年期のバスケットボール選手を対象とした縦断研究では, ベースラインから2年間継続した選手は, 早期離脱を経験した選手よりも身長が高く体重も重いことを明らかにしている¹⁰⁾。これらの知見から, 形態指標はスポーツのパフォーマンスと強く関係しているため, 同じスポーツを継続するという観点で, 早期離脱と関連している。

傷害は早期離脱の関連要因として挙げられている⁸⁾。しかし, 早期離脱の理由として傷害を報告した研究がある一方で^{28,29)}, 傷害は早期離脱にはそれほど重要ではないという報告もある³⁰⁾。なぜなら, 早期離脱を経験しなかった学生は, そのような経験をした学生よりも傷害や障害を多く経験しているからである。同様に, 日本における過去の回顧記述研究では, 対象の大学生の41%が高校時代にスポーツに関連した傷害を経験しており, 傷害を経験した学生の半数以上(54%)が完治前にスポーツに復帰していることが報告されている³¹⁾。

表1. 代入および完全データにおける対象者の特徴

変数	代入データ (n = 331)	完全データ (n = 235)	欠損データ n (%)
生物学的要因			
身長, cm (SD)	169.3 (5.7)	169.3 (5.6)	4 (1.2)
体重, kg (SD)	61.5 (10.4)	61.4 (10.7)	4 (1.2)
Body mass index, kg/m ² (SD)	21.4 (3.2)	21.4 (3.2)	4 (1.2)
体力スコア, 点 (SD)	61.9 (8.4)	61.5 (8.2)	15 (4.5)
個人内要因			
傷害や障害の経験			49 (14.8)
経験なし, 人 (%)	192 (58.1)	134 (57.0)	
経験あり, 人 (%)	139 (41.9)	101 (43.0)	
競技戦績			4 (1.2)
特に戦績なし, 該当なし, 人 (%)	172 (51.9)	125 (53.2)	
都道府県レベルの大会以上の入賞, 人 (%)	159 (48.1)	110 (46.8)	
1週間の総トレーニング時間, 時間 / 週 (SD)	19.6 (5.7)	19.3 (5.0)	3 (0.9)
普段のトレーニングセッションの主観的強度, 点 (SD)	5.0 (0.9)	5.0 (0.9)	0 (0.0)
スポーツ経験期間, 年 (SD)	6.4 (3.5)	6.5 (3.3)	0 (0.0)
主観的競技パフォーマンス, 点 (SD)	4.9 (2.0)	4.8 (2.1)	2 (0.6)
学校生活ウェルビーイング			
学校生活の充実度, 点 (SD)	37.6 (6.2)	37.4 (6.2)	16 (4.8)
学業パフォーマンス, 点 (SD)	18.6 (4.1)	18.6 (4.0)	16 (4.8)
進路選択, 点 (SD)	24.7 (5.1)	24.7 (5.1)	17 (5.1)
首尾一貫感覚, 点 (SD)	14.7 (3.5)	14.6 (3.2)	16 (4.8)
個人間要因			
競技ソーシャルサポート, 点 (SD)	19.8 (3.0)	19.7 (2.9)	0 (0.0)
全般ソーシャルサポート, 点 (SD)	67.0 (13.7)	66.7 (13.2)	16 (4.8)
組織的要因			
スポーツの種類			4 (1.2)
個人, 人 (%)	114 (34.3)	77 (32.8)	
集団, 人 (%)	217 (65.7)	158 (67.2)	
チームの競技戦績			3 (0.9)
特に戦績なし, 該当なし, 人 (%)	77 (23.1)	58 (24.7)	
都道府県レベルの大会以上の入賞, 人 (%)	254 (76.9)	177 (75.3)	

SD: 標準偏差

傷害や障害は早期離脱の原因となりうるが^{28,29)}, 運動部活動を継続するうえで, より頻度の高い出来事ととらえることもできる。

競技戦績とスポーツ経験期間は早期離脱と有意に関連していた。Balish ら⁷⁾の総説によると, 青年期のレスリング選手は前シーズンの競技戦績が高いことが早期離脱の少なさと関連していたが³⁰⁾, 研究の質が低く, 報告数も少ないため, 根拠は不十分である。その後の研究では, 早期離脱を経験

しなかった青年期のバスケットボール選手は, 早期離脱を経験した選手よりも競技経験年数が長いことが報告されている¹⁰⁾。このように決定的な研究がないことから, 本研究では, さまざまな学校運動部における競技戦績, スポーツ経験年数と早期離脱の関連を新たに報告した。競技戦績の高い生徒や経験の豊富な生徒は, 運動部に参加する目的で入学を選択する可能性がある。また, スポーツ推薦で大学に入学しようとする生徒もいること

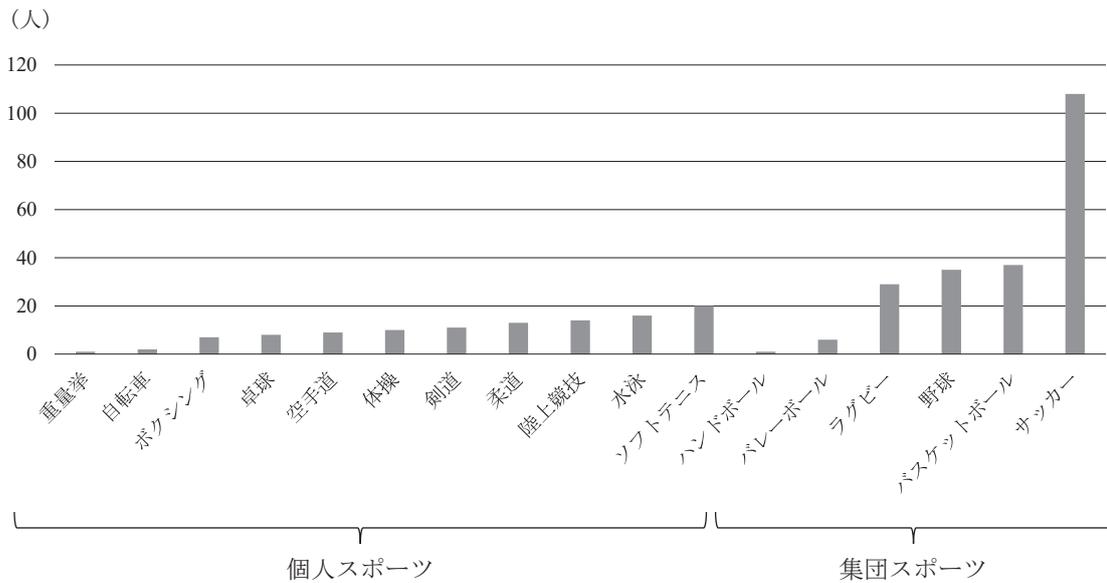


図2. スポーツ種目の詳細

が想定される。これらの推測から、スポーツに取り組む、あるいはスポーツにかかわる進路を選択するという意思が、早期離脱を回避することにつながっている可能性がある。

反対に、欧米の先行研究^{7,8)}で確認されている他の関連要因については、統計的有意性は認められなかった。具体的には、質の高い関連要因である「有能感⁷⁾」に相当する「主観的競技パフォーマンス」に注目すべきである。また、早期離脱の関連要因⁷⁾である「スポーツにおける親しい友人関係の有無」や「コーチとの関係」を含む「競技ソーシャルサポート」も有意な関連を示さなかった。これは、本研究では早期離脱者数が少ないため、統計的検出力が低かった可能性がある。一方、日本の運動部特有の文化が、関連要因の違いを説明するかもしれない。もし部が主観的な競技パフォーマンスよりも競技戦績を重要視する規範もっているならば、その規範が早期離脱の関連要因に影響を与えるかもしれない。学校運動部または生徒の規範を明らかにする今後の調査は有益であろう。一方、先行研究では、競技ソーシャルサポートがバーンアウトを緩和すること²²⁾や、バーンアウトが学校運動部からの早期離脱と関連すること¹⁵⁾が報告されている。しかし、競技レベルが低い生徒は、次の学年に進むにつれてバーンアウト

トのスコアが悪化する傾向があるにもかかわらず、活動を継続するよう奨励されるのが普通なのかもしれない¹⁵⁾。したがって、競技ソーシャルサポートが学校運動部におけるバーンアウトなどの心理状態に影響するとしても、部の特有の文化によって早期離脱には影響しないと考えられる。これらのことを踏まえ、今後の研究では、運動部活動を辞めたくても辞められない生徒が存在するかどうかの確認を検討する必要がある。

本研究における早期離脱率は15.0%であった。欧米諸国の研究(ベースラインとフォローアップで同じスポーツに取り組んだ場合と異なるスポーツに取り組んだ場合を含む)では、早期離脱率は10~14歳の青少年で33.3%⁵⁾、14~17歳の青少年で18.5%³²⁾と報告されている。日本の学校運動部の調査では、3年目の5月までに38.0%の早期離脱が報告されている¹⁵⁾。したがって、対象者の地域、年齢、スポーツ団体(同一団体への参加有無)によって早期離脱率に差がある。先行研究と比較すると、同じ運動部活動であっても、本研究の対象者の早期離脱率は低くみえる。しかし、関連要因から、早期離脱しやすい生徒の特徴が読み取れる。現場への示唆としては、学校の関係者や生徒の家族が、そのような特徴をもつ生徒に注意を払い、適切なサポートを提供することが考えら

表2. 早期離脱に対するロジスティック回帰分析の結果(基準：早期離脱なし)

変数	OR	95% CI
生物学的要因		
身長, cm(SD)	0.94	(0.89 – 1.00)
体重, kg(SD)	0.94	(0.90 – 0.98)
Body mass index, kg/m ² (SD)	0.84	(0.74 – 0.97)
体力スコア, 点(SD)	0.96	(0.92 – 1.00)
個人内要因		
傷害や障害の経験		
経験なし, 人(%)	Ref.	
経験あり, 人(%)	0.40	(0.19 – 0.87)
競技戦績		
特に戦績なし, 該当なし, 人(%)	Ref.	
都道府県レベルの大会以上の入賞, 人(%)	0.29	(0.13 – 0.62)
1週間の総トレーニング時間, 時間/週(SD)	1.00	(1.00 – 1.00)
普段のトレーニングセッションの主観的強度, 点(SD)	1.16	(0.78 – 1.72)
スポーツ経験期間, 年(SD)	0.99	(0.98 – 1.00)
主観的競技パフォーマンス, 点(SD)	0.87	(0.75 – 1.02)
学校生活ウェルビーイング		
学校生活の充実度, 点(SD)	0.98	(0.93 – 1.03)
学業パフォーマンス, 点(SD)	0.99	(0.91 – 1.07)
進路選択, 点(SD)	1.00	(0.93 – 1.06)
首尾一貫感覚, 点(SD)	0.98	(0.89 – 1.09)
個人間要因		
競技ソーシャルサポート, 点(SD)	0.92	(0.82 – 1.03)
全般ソーシャルサポート, 点(SD)	1.00	(0.98 – 1.03)
組織的要因		
スポーツの種類		
個人, 人(%)	Ref.	
集団, 人(%)	1.04	(0.50 – 2.14)
チームの競技戦績		
特に戦績なし, 該当なし, 人(%)	Ref.	
都道府県レベルの大会以上の入賞, 人(%)	0.87	(0.41 – 1.84)

単変量解析を実施。太字は統計的有意性を示す($P < 0.05$)。

OR: オッズ比, CI: 信頼区間

れる。一方、本研究の関連要因は競技レベルと密接に関連しているようである。競技レベルの低い選手の早期離脱を防ぐには、社会的比較ではなく、個人のパフォーマンスを成功として扱うことで達成できるかもしれない³⁰⁾。以上のことから、学校運動部活動では、生徒の競技レベルが幅広いため、競技戦績や社会的比較よりも、パフォーマンス重視の支援が重要であると考えられる。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、「優先順位の競合」や「早期離脱の意向」など、これまでに報告されている重要な要因を考慮していない^{7,8)}。また、スポーツ推薦による大学入学の意思など、スポーツキャリアの視点が欠けていた。これらの要因は、制度や文化の違いがあり、早期離脱に影響を与える可能性がある。学校運動部を含むさまざまなスポーツ環境において、これらの

要因が早期離脱と関連しているかどうかを明らかにするため、更なる調査が必要である。第二に、調査した変数(傷害や障害を除く)は、1年目の時点でのみ評価した。各要因の状態は時間の経過とともに変化するため(例: Tsuchiya, 1998), そのような変化を考慮し、分析する必要がある。加えて、競技戦績、トレーニング時間、普段のトレーニングセッションにおける主観的な強度、主観的な競技パフォーマンスなど、いくつかの変数が未検証の尺度を用いて評価されている点にも注意が必要である。第三に、結果を一般化する際には注意が必要である。本研究は、競技レベルの高い私立男子高等学校1校(個人競技戦績あり: 48.1%, 団体競技戦績あり: 76.9%)で実施した。学校運動部活動の競技レベルや規範は、他の学校や運動部とは異なる可能性があるため、今後、本研究の結果がさまざまな学校や運動部に当てはまるかどうかを検証する必要がある。また、対象校は競技スポーツが盛んな学校であったため、運動部活動の文化が異なる学校においても、今回の調査結果が当てはまるかどうかについては、今後の調査が必要である。また、本研究では男子高校生しか対象にできなかったため、今後は競技レベルが異なる、女子生徒や本研究の対象とは異なる発達段階に属する中学生や大学生を対象とした研究が必要である。

結 論

本研究により、対象校の運動部において、早期離脱は、体重・BMIの低さ、日常生活に影響するような傷害や障害の経験がないこと、個人の競技戦績が低いこと、スポーツ経験期間が短いことと関連していることが明らかになった。反対に、欧米諸国での先行研究で挙げられた他の潜在的な関連要因は、統計的有意性を示さなかった。学校の運動部は特有な文化をもっているため、生徒の早期離脱に関連する要因も特有である可能性がある。本研究で得られた知見は、生徒の早期離脱の可能性を認識し、生徒が早期離脱を経験した場合には、学校関係者や生徒の家族が適切な支援を行

うことが必要であることを示唆している。今後、関連要因と早期離脱との因果関係やそのメカニズムを明らかにすることで、早期離脱予防策の開発に役立つと考えられる。

データ利用可能性に関する声明

本論文の結論を裏付ける生データは、不当な留保なしに著者によって提供される。

倫理声明

本研究は、日本体育大学倫理審査委員会により承認された(承認番号: 017-H003)。本研究への参加には、国内法および施設要件に従い、参加者の親権者/近親者からの書面によるインフォームド・コンセントは不要であった。

著者の貢献

TJ, NK, KS, TNは本研究の着想とデザインに貢献した。TJはデータベースの整理、統計解析を行い、原稿の初稿を執筆した。NKは統計解析の方法を批判的に検討した。KNとYNは解析結果の解釈に貢献した。すべての著者が原稿の改訂に貢献し、提出された原稿を読み、承認した。

謝 辞

著者らは、調査校の徳野光博理事長および植木貴頼先生に感謝する。

利益相反

著者らは、本研究が、潜在的な利益相反と解釈される商業的または金銭的関係がない状態で実施されたことを宣言する。

参考文献

- 1) Lee JE, Pope Z, Gao Z. The role of youth sports in promoting children's physical activity and preventing pediatric obesity: a systematic review. *Behavioral Medicine*. 2018; 44(1): 62-76.
- 2) Cayres-Santos SU, Urban JB, Barbosa MF, Lemes IR, Kemper HCG, Fernandes RA. Sports participation improves metabolic profile in adolescents: ABCD growth study. *American Journal of Human Biology*. 2020; 32(5): e23387.
- 3) Eime RM, Young JA, Harvey JT, Charity MJ, Payne WR. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health

- through sport. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2013; 10: 98.
- 4) Howie EK, McVeigh JA, Smith AJ, Straker LM. Organized sport trajectories from childhood to adolescence and health associations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2016; 48(7): 1331-9.
 - 5) Vella SA, Schweickle MJ, Sutcliffe JT. Prevalence of drop-out from organised extracurricular sports and associations with body fat percentage during childhood and adolescence. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2020; 6(1): e000751.
 - 6) Vella SA, Cliff DP, Magee CA, Okely AD. Sports participation and parent-reported health-related quality of life in children: longitudinal associations. *The Journal of Pediatrics*. 2014; 164(6): 1469-74.
 - 7) Balish SM, McLaren C, Rainham D, Blanchard C. Correlates of youth sport attrition: a review and future directions. *Psychology of Sport and Exercise*. 2014; 15(4): 429-39.
 - 8) Crane J, Temple V. A systematic review of dropout from organized sport among children and youth. *European Physical Education Review*. 2015; 21(1): 114-31.
 - 9) da Silva DRP, Werneck AO, Collings P, Fernandes RA, Ronque ERV, Sardinha LB, Cyrino ES. Identifying children who are susceptible to dropping out from physical activity and sport: a cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*. 2019; 137(4): 329-35.
 - 10) Soares ALA, Kos LD, Paes RR, Nascimento JV, Collins D, Goncalves CE, Carvalho HM. Determinants of drop-out in youth basketball: an interdisciplinary approach. *Research in Sports Medicine*. 2020; 28(1): 84-98.
 - 11) Tammelin T, Näyhä S, Hills AP, Järvelin MR. Adolescent participation in sports and adult physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*. 2003; 24(1): 22-8.
 - 12) Nakazawa A. Seeing sports as educational activities: a postwar history of extracurricular sports activities in Japan. *Hitotsubashi Journal of Social Studies*. 2014; 45(1): 1-14.
 - 13) スポーツ庁. 平成29年度運動部活動等に関する実態調査報告書. 2018. URL: https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop04/list/detail/1406073.htm (アクセス日: 2022年1月25日)
 - 14) Cave P. "Bukatsudō": the educational role of Japanese school clubs. *The Journal of Japanese Studies*. 2004; 30(2): 383-415.
 - 15) 横田匡俊. 運動部活動の継続及び中途退部にみる参加動機とバーンアウトスケールの変動. *体育学研究*. 2002; 47(5): 427-37.
 - 16) 文部科学省. 新体力テスト実施要項. 1999. URL: https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (アクセス日: 2021年10月7日)
 - 17) Kidokoro T, Tomkinson GR, Noi S, Suzuki K. Japanese physical fitness surveillance: a greater need for international publications that utilize the world's best physical fitness database. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2022; 11(3): 161-7.
 - 18) Kidokoro T, Edamoto K. Improvements in physical fitness are associated with favorable changes in blood lipid concentrations in children. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2021; 20(3): 404-12.
 - 19) Togari T, Yamazaki Y, Takayama TS, Yamaki CK, Nakayama K. Follow-up study on the effects of sense of coherence on well-being after two years in Japanese university undergraduate students. *Personality and Individual Differences*. 2008; 44(6): 1335-47.
 - 20) Togari T, Yamazaki Y, Nakayama K, Shimizu J. Development of a short version of the sense of coherence scale for population survey. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2007; 61(10): 921-2.
 - 21) 土屋裕睦, 桂 和仁, 中込四郎. ソーシャル・サポートが大学運動選手の運動部活動に対する適応感形成に与える影響. *筑波大学体育科学系紀要*. 1995; 18: 75-83.
 - 22) 土屋裕睦, 中込四郎. 大学新入運動部員をめぐるソーシャル・サポートの縦断的検討: バーナウト抑制に寄与するソーシャル・サポートの活用法. *体育学研究*. 1998; 42: 349-62.
 - 23) Zimet GD, Dahlem NW, Zimet SG, Farley GK. The multidimensional scale of perceived social support. *Journal of Personality Assessment*. 1988; 52(1): 30-41.
 - 24) 岩佐 一, 権藤恭之, 増井幸恵, 稲垣宏樹, 河合千恵子, 大塚理加, 小川まどか, 高山 緑, 蘭牟田洋美, 鈴木隆雄. 日本語版「ソーシャル・サポート尺度」の信頼性ならびに妥当性—中高年者を対象とした検討—. *厚生*の指標. 2007; 54(6): 26-33.
 - 25) 高橋将宜, 渡辺美智子. 欠測データ処理—Rによる単一代入法と多重代入法—. 共立出版, 東京. 2017; 38-53.
 - 26) Rubin DB. *Multiple imputation for nonresponse in survey*. John Wiley & Sons, New York, 2004.
 - 27) Fraser-Thomas J, Coté J, Deakin J. Examining adolescent sport dropout and prolonged engagement from a developmental perspective. *Journal of Applied Sport Psychology*. 2008; 20(3): 318-33.
 - 28) DuRant RH, Pendergrast RA, Donner J, Seymore C, Gaillard G. Adolescents' attrition from school-sponsored sports. *American Journal of Diseases of Children*. 1991; 145(10): 1119-23.

- 29) Koukouris K. Premature athletic disengagement of elite Greek gymnasts. *European Journal for Sport and Society*. 2005; 2(1): 35-56.
- 30) Burton D, Martens R. Pinned by their own goals: an exploratory investigation into why kids drop out of wrestling. *Journal of Sport Psychology*. 1986; 8(3): 183-97.
- 31) Shigematsu R, Katoh S, Suzuki K, Nakata Y, Sasai H. Sports specialization and sports-related injuries in Japanese school-aged children and adolescents: a retrospective descriptive study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(14): 7369.
- 32) Howie EK, Ng L, Beales D, McVeigh JA, Straker LM. Early life factors are associated with trajectories of consistent organized sport participation over childhood and adolescence: longitudinal analysis from the Raine Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019; 22(4): 456-61.

〔二次出版〕

地域在住高齢者における身体活動の強度または蓄積パターンと 実行機能との関連：組成データ分析を用いた横断的研究 —Frontiers in Human Neuroscience に掲載された 英語論文の日本語による二次出版—

兵頭和樹^{1)†}, 北濃成樹^{1)†}, 上野愛子¹⁾, 山口大輔¹⁾, 渡邊裕也¹⁾,
野田隆行¹⁾, 西田純世¹⁾, 甲斐裕子¹⁾, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

目的：先行研究では、高齢者における身体活動(physical activity: PA)と実行機能との正の関連が示唆されている。しかし、これまでの研究は、1日の時間の使い方やPAの蓄積パターンを十分に考慮していなかった。そこで本研究では、地域在住の高齢者において、日常のPA、座位行動(sedentary behavior: SB)、睡眠の相互作用を考慮しながら、PAの強度や蓄積パターンと実行機能(抑制制御、ワーキングメモリ、認知的柔軟性)との関連を検討することを目的とした。

方法：本横断研究は、2021年から2022年にかけて実施された、認知機能に対する運動の効果に関するランダム化比較試験のベースラインデータを用いた。76人の地域在住高齢者のデータを解析に用いた。PAとSBに費やした時間は加速度計を用いて評価し、睡眠時間は自己申告とした。実行機能の評価として、ストループ課題(抑制制御)、N-back課題(ワーキングメモリ)、タスクスイッチング課題(認知的柔軟性)を実施した。PAと実行機能の関連性の検討および行動時間の仮想的な置き換えに対する実行機能の変化量の推定には、さまざまな潜在的交絡因子を考慮したcompositional multiple linear regressionとcompositional isotemporal substitutionをそれぞれ実施した。

結果：残りの行動時間と比較して低強度PA(light intensity PA: LPA)の時間が長いほど、ストループ課題の成績が良好であった。更に、この関連は、散発的なLPAよりも10分以上続くLPAのほうが強かった。更に、30分/日のSBまたは睡眠をLPAに仮想的に置き換えることは、ストループ課題の良好な成績と関連した(約5~10%の向上に相当)。一方、中高強度PAの時間と各実行機能課題成績との有意な関連性はみられなかった。

結論：LPAは抑制制御と正の関連があり、この関連性は散発的なLPAよりも継続的なLPAにおいて強かった。更に、SBまたは睡眠時間を減らし、LPA、特に継続的なLPAの時間を増やすことは、後期高齢者における抑制制御を適切に管理するための重要な対策となりうる。今後大規模な縦断的研究や介入研究により、これらの関連性を確認し、その因果関係や背景にあるメカニズムを明らかにすることが求められる。

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.

†これらの著者は本研究に等しく貢献した筆頭著者である。

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。

Hyodo K, Kitano N, Ueno A, Yamaguchi D, Watanabe Y, Noda T, Nishida S, Kai Y, Arai T. Association between intensity or accumulating pattern of physical activity and executive function in community-dwelling older adults: a cross-sectional study with compositional data analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2023; 16: 1018087.

Key words: 加速度計, バウト, isothermal substitution, ストループ課題, N-back 課題, タスクスイッチング課題, 認知機能

緒 言

実行機能とは、目標に向かって行動や思考を制御する高次認知機能であり、抑制制御、ワーキングメモリ、認知的柔軟性などから構成される¹⁾。実行機能は、高齢期において自立した生活を送るために必要であるが^{2,3)}、この機能は加齢に伴い低下する^{4,5)}。したがって、高齢者の生活の質を維持するためには、高齢期でもできるだけ実行機能を維持することが重要である。運動を含む日常的な身体活動(physical activity: PA)は、高齢期における実行機能を維持するための生活習慣として注目されている⁶⁾。このことは、運動が脳内の分子的、細胞的、構造的変化を誘発するという知見によって裏付けられている⁷⁾。先行研究の大半は、中高強度の運動が実行機能に及ぼす影響に着目してきたが⁸⁾、いくつかのシステマティックレビューやメタアナリシスでは、低強度の運動が有益な効果をもたらす可能性があることを報告している^{9,10)}。更に、大半が運動以外の活動で構成されている日常的なPAが実行機能と関連することも報告されている。具体的には、日常生活における低強度のPA(light-intensity PA: LPA)、または中高強度のPA(moderate- to vigorous-intensity PA: MVPA)が、抑制制御、ワーキングメモリ、認知的柔軟性などの実行機能の向上と関連することが、観察研究によって報告されている¹¹⁻¹⁶⁾。

しかし、これらの研究にはいくつかの方法論上の限界がある。第一に、これまでの研究では、1日の時間利用の相互依存的な性質が十分に考慮されていない。つまり、1日は24時間と決まっており、PA、座位行動(sedentary behavior: SB)、睡眠で構成されているため、1つの行動(例えばPA)の時間が増加するたびに、他の行動(例えばSBや睡眠)に費やされる時間は本質的に減少する。SB¹⁷⁾と睡眠^{18,19)}も実行機能の決定因子と考えられているため、PAと実行機能の関係は、どの行動

の代わりにPAを行うかによって異なると考えられる^{20,21)}。この問題に対して、高齢者を対象にSBまたは睡眠からPAへ時間を置き換えることと実行機能の関連性を調べた横断研究は2件のみである^{22,23)}。しかし、これらの研究では、行動に費やした時間を絶対的な尺度として扱っていた。つまり、これらの研究は1日の時間利用の組成的な性質に違反しており、潜在的には誤った結果を導き出している可能性がある²⁴⁾。代替的なアプローチは、組成データ解析(compositional data analysis: CoDA)を使用することである。PA、SB、睡眠に費やされた1日の時間を組成としてとらえるCoDAでは、こうした相互依存的な性質に適切に対処することができる。この統計手法は、従来、地球化学、栄養学、政治学などさまざまな分野で用いられてきた²⁰⁾。2015年にChastinらが1日の行動時間を分析する手法としてCoDAを提唱して以来²⁰⁾、多くの研究がこの統計手法を用いて身体行動と健康アウトカムの関連性を検証している²⁵⁾。場合によっては、従来の統計モデルとCoDAの結果に有意な差はないと報告されている²⁶⁾。しかし、時間利用データにおけるCoDAアプローチの妥当性は立証されており、PAと健康アウトカムの関連性を検討する際には、この統計手法を使用することが推奨されている^{20,21,27)}。

第二に、これら2つの研究は、PAの蓄積パターンを考慮していない。最近、PAと実行機能との関連は、1回当たりのPAの長さ依存することが示唆されている。一過性の運動効果を検討した実験的研究では、高齢者における実行機能に対するPAのポジティブな効果は、ある時間以上持続した場合のみ顕著であることが示唆されている^{28,29)}。一方、2つの横断的研究では、短いPA(例えば、5分以下または10分以下)であっても、良好な抑制制御やワーキングメモリと関連することが報告されている^{30,31)}。しかし、こうした先行研究間での一貫性のない結果により、日常のPA

における1回当たりの実施時間と実行機能の関連性は依然として不明瞭である。

これらの課題を解決する研究は、「日常生活において、どの行動を減らし、代わりにどのような種類のPAを増やす必要があるのか」を明らかにするうえで役立つと考えられる。更に、この研究で得られる知見は、高齢者が実行機能を維持するための生活習慣の提案に貢献すると考えられる。そこで、本研究では高齢者を対象に、加速度計で測定したPAとさまざまな実行機能の関連を、CoDAを用いて日々の時間利用の相互依存性を考慮しながら検討することを目的とした。更に、本研究では、高齢者におけるSBまたは睡眠からPAへの置き換えと実行機能の関連性を推定することを目的とした。

方 法

A. 参加者と実験手順

この横断研究は、オンラインでの運動を用いた介入研究のベースラインデータを用いた。運動介入は2021年9～11月と2022年1～4月に2回実施した(試験登録：UMIN-CTR UMIN000044758)。ベースラインの加速度計データは2021年8月と2022年1月に収集した。研究の参加者は東京都八王子市の地域在住高齢者で、チラシや口コミで募集した。合計102人の高齢者が介入研究への参加に同意した。研究の説明を行ったあと、各参加者から書面によるインフォームド・コンセントを得た。その後、参加者は健康状態に関するアンケートに答え、精神状態短時間検査(Mini-Mental State Examination: MMSE)を受けた。そして、参加者は静かな部屋で認知課題を個別に行った。最後に各参加者には加速度計が配布され、10日間以上連続して装着するよう指示された。この研究の組入基準は、1) 60歳以上であること、2) 重度の認知障害(MMSEスコア ≥ 21)でないこと、3) 脳卒中やパーキンソン病などの中枢神経疾患の既往歴がないこと、4) 医師から運動を制限されていないことであった。その結果、89人の高齢者が参加基準を満たした。公益財団法人明治安田厚生事

業団倫理審査委員会は、本研究を承認した(承認番号：2021-0001)。

B. 身体活動

参加者のPAとSBを評価するために、3軸加速度計(Active style Pro HJA750-C：オムロンヘルスケア、京都、日本)を使用した。参加者は、起きている時間帯に少なくとも10日間、加速度計を腰に装着するよう指示された。この加速度計の妥当性は検証済みであり、その測定精度は欧米諸国で広く使用されている他の機器と同等である^{32,33}。エポック長は60秒とし、メッツ(metabolic equivalents: METs)は開発者提供のソフトウェアを用いて推定した。活動カウントが60分以上連続して検出限界未満であった場合には非装着時間と定義した。参加者が10時間以上デバイスを装着した日を有効日とみなした³⁴。4日以上有効日を有する参加者のデータを分析に使用した。各60秒は、SB(1.5 METs以下)、LPA(1.6～2.9 METs)、MVPA(3.0 METs以上)に分類した^{35,36}。また、bouted LPA(BLPA：連続10分以上継続したLPA[LPAの閾値未満の活動を2分間だけ許容])とbouted MVPA(BMVPA：連続10分以上継続したMVPA[MVPAの閾値未満の活動を2分間だけ許容])も評価した。この2分間の許容時間は、実世界の活動パターン(例えば、ウォーキングやジョギング中に横断歩道で立ち止まるなど、スポーツ中の短時間の休息)に対応している³⁷。これらの各行動に費やした時間は、1日ごとに集計し、すべての有効日について平均した。また、ピッツバーグ睡眠質問票(Pittsburgh Sleep Quality Index)日本語版³⁸の睡眠時間に関する項目を用いて、対象者の夜間における睡眠時間を評価した。先行研究³⁹⁻⁴¹に基づき、本研究では、質問紙(睡眠)とデバイス(PAとSB)のデータを統合し、24時間に標準化した。具体的には、まず24時間から睡眠時間を差し引き、理論的な覚醒時間を算出した。次に、加速度計の装着時間に占めるPAとSBの割合に基づいて、理論的な覚醒時間をそれぞれの活動時間に再配分した。

C. 実行機能

本研究では、コンピュータを用いたストループ課題、N-back 課題、タスクスイッチング課題を用いて、抑制制御、ワーキングメモリ、認知的柔軟性を評価した。認知課題は Psychopy3 ソフトウェア⁴²⁾を用いて作成した。参加者は、静かな部屋で、これらの課題を実施し、課題の順序はカウンターバランスをとった。各認知課題のパフォーマンスを測定する前に、参加者は課題のルールを覚えて慣れるために練習した。

1. ストループ課題

抑制制御測定のために、コンピュータを用いたストループ課題^{43,44)}を実施した。コンピュータ画面上に2行の文字が提示され、参加者は、上段の単語または文字の色が、下段に印刷された色の名前と一致するかどうかを判断することを求められた。一致する場合は左手の人差し指でNキーを、一致しない場合は右手の人差し指でCキーを、できるだけ速く正確に押す必要があった。課題は中立条件と不一致条件からなり、それぞれ20回の試行で構成された。中立条件では、上段に「XXXX」という文字列が赤、緑、青、黄のいずれかで表示され、下段に「あか」、「みどり」、「あお」、「きいろ」のひらがなが黒で表示された。不一致条件では、上段に「あか」、「みどり」、「あお」、「きいろ」のいずれかが不一致の色(例えば「あお」は赤)で表示された。各試行は3秒間で、上の行が350ミリ秒先に表示され、その後両方の行が2650ミリ秒続いた。順次的な視覚的注意を達成するため、上の行は下の行より早く表示された。課題では、40試行(中立条件20試行、不一致条件20試行)がランダムに提示された。Cキーが正解となる試行数とNキーが正解となる試行数は同じであった。刺激間隔(inter-stimulus interval: ISI)は9秒、10秒、11秒のいずれかとし、画面中央に十字マークを提示した。中立条件と不一致条件における正答率(accuracy: AC)と平均反応時間(reaction time: RT)を測定した。

2. N-back 課題

ワーキングメモリの測定にはN-back課題を用

いた⁴⁵⁾。N-back 課題は、0-back(ワーキングメモリの負荷なし)条件と2-back(ワーキングメモリ負荷が高い)条件からなる。それぞれの条件では、「あ」から「こ」までのひらがな1文字(日本語のアルファベット10文字)が画面上にランダムに提示された。0-back 条件では、画面に表示された文字が「あ」であればNキーを、「あ」以外であればCキーを押すことを求められた。2-back 条件では、画面に表示された文字が2試行前に提示されたものと同じならNキーを、異なるならCキーを押すように指示された。参加者は0-back 条件と2-back 条件をそれぞれ2ブロックずつ、合計4ブロックを完了した。ブロック間のインターバルは45秒(空白30秒、次のブロックの説明10秒、十字マーク5秒)であった。4つのブロックの順序は無作為にカウンターバランスされた。各ブロックは20試行で構成され、そのうち5試行がNキーを押す必要がある「正解」であった。各試行は500ミリ秒の刺激と2500ミリ秒のISIで構成された。参加者は、CキーまたはNキーのいずれかをできるだけ速く正確に押すことが求められた。0-back 条件と2-back 条件のACとRTが測定された。

3. タスクスイッチング課題

認知的柔軟性を測定するために、参加者は色-形タスクスイッチング課題を実施した^{46,47)}。この課題では、2つの色(赤または青)と2つの形(円または正方形)の組み合わせからなる4つの図形刺激が使われる。参加者は、各刺激の直前に画面に表示される指示(「いろ」または「かたち」)に基づいて、各刺激に反応するためにCまたはNキーのいずれかを押すように指示された。指示が「いろ」のとき、参加者は次の刺激(丸または四角)が赤で表示されたらCキーを、青で表示されたらNキーを押し、指示が「かたち」の場合は、次の刺激は色にかかわらず形が丸ならCキー、正方形ならNキーを押すことを求められた。各試行の時間は3000ミリ秒であり、その内訳は、十字マークが200ミリ秒、指示が150ミリ秒、刺激が2650ミリ秒であった。

この課題は4ブロックで構成され、シングル条件が2ブロック(色ブロックと形ブロックが1つずつ)、ミックス条件が2ブロックであった。各ブロックは20試行で構成された。シングル条件ブロックでは、指示はブロック内のすべての試行で同じであった(色ブロックでは「いろ」、形ブロックでは「かたち」)。したがって、参加者は、色ブロックでは刺激の色が赤か青か、形ブロックでは形が丸か四角かを判断した。ミックス条件ブロックでは、「形」と「色」の試行が擬似的にランダムに提示され、連続する試行で同数の繰り返し/切り替えが行われた。ブロックの順序は固定され、参加者は次の順序で課題を完了した：色ブロック、形ブロック、ミックス条件ブロック。ブロック間のインターバルは45秒(空白30秒、次のブロックの説明10秒、十字マーク5秒)であった。参加者は、指示に基づいてキーをできるだけ速く正確に押すよう指示された。各条件におけるACと正解時のRTを解析に用いた。

4. データ解析

各認知課題における反応時間-正答率トレードオフを考慮し、RTとACをbalance integration score(BIS)に変換し、分析の従属変数として使用した⁴⁸⁾。BISは、以下の式のように標準化ACから標準化RTを引くことで算出した：

$$BIS = z(AC) - z(RT)$$

標準化されたACとRTは、各タスクの参加者の平均値と標準偏差を用いて求めた。標準化は、すべての条件で同じ値(0)にならないように、課題ごとにすべての条件を含めて行った。

BISを用いて、各課題について実行機能(抑制制御、ワーキングメモリ、認知的柔軟性)の単一の測定値を求めた。抑制制御の評価として、ストループ課題におけるストループ干渉のBIS(不一致条件のBIS - 中立条件のBIS)を算出した。N-back課題におけるワーキングメモリの評価として、2-back条件のBISを算出した。認知的柔軟性を評価するために、ミックス条件のBISからシングル条件のBISを差し引くことによって算出されるglobal switching cost⁴⁹⁾のBISを用いた。

BISが高いほど課題遂行能力が高いことを示す。BISの算出に用いたRTとACは、感度分析の結果指標として用いた。

D. その他の変数

潜在的交絡因子は、臨床的知識と先行研究^{13-15,22)}に基づいて選択した。これらの変数には、年齢、性別、教育年数、主観的経済状態、世帯構成、社会参加、抑うつ度、高血圧・糖尿病・心臓病の既往歴が含まれた。更に、対象者の特性を記述する目的で、体格指数(body mass index: BMI)、アルコール摂取習慣、喫煙習慣を調査した。データはBMIを除き、自記式質問票を用いて収集した。社会参加に関しては、ボランティアグループ、趣味のグループ、老人クラブ、町内会、学習・教育サークル、収入のある仕事への参加頻度を評価した。参加者は各質問に対して、「全くない」(1点)、「1~3日/月」(2点)、「1日/週」(3点)、「2~3日/週」(4点)、「4日/週以上」(5点)の5つの選択肢から1つを選んで回答した。各回答に割り当てられた得点の合計値を社会参加頻度として、分析に使用した。抑うつ度の評価には短縮版老人用うつスケール(Geriatric Depression Scale)を用いた。5点以上の高齢者は軽度の抑うつ症状を有すると定義した⁵⁰⁾。BMIは身長計と体重計を用いて測定した身長と体重から算出した。

E. 統計解析

統計解析はすべてR 4.0.2(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)⁵¹⁾を用いて行った。統計的有意水準は $P < 0.05$ とした。“Compositions”, “robCompositions”, “zCompositions”のRパッケージを用い、先行研究の手順^{20,24)}に従ってCoDAを行った。

14人の高齢者においてBMVPAが0分であったため、log-ratio expectation-maximization algorithmを使用して、これらの値を代入した⁵²⁾。本研究では、非バウトモデル(SB, LPA, MVPA, 睡眠)とバウトモデル(SB, BLPA, 非BLPA, BMVPA, 非BMVPA, 睡眠)の2つの時間利用の組成を作成した。分析の前に、これらの組成は、pivot coordinate representationに基づいてisometric log-ratio

(ilr)に変換された。これにより、非バウトモデルでは3つ、バウトモデルでは5つの ilr 座標が作成される。最初の座標(ilr 1)は、残りの行動(MVPA, SB, 睡眠など)に対する、ある1つの行動(LPA など)に費やされた時間を示している。この手順を繰り返し、非バウトモデルではLPAとMVPAの2つの行動、バウトモデルではBLPA, 非BLPA, BMVPA, 非BMVPAの4つの行動の相対的重要性を表す ilr 1を作成した。これらの手続きを反復する過程で生成された ilr 座標を以下の回帰モデルの独立変数として使用した。つまり、モデルにはPA(LPA など)以外の行動(MVPA, SB, 睡眠など)の情報も含まれ、各行動の相対的重要性は ilr 1に示されている。CoDAの数学的背景は別の場所で詳細に説明されている^{20,21)}。

ロバスト推定量を用いた compositional multiple linear regression を実施し、残りの行動に対する各PAに費やした時間と実行機能との関連性を検討した。非標準化回帰係数と95%信頼区間(confidence intervals: CI)を算出した。モデルの従属変数には実行機能指標、独立変数には ilr に変換されたPAをそれぞれ使用した。本研究では2つの回帰モデルを設定した。モデル1では、以下の変数を共変量として含めた：年齢(連続値)、性別(男性/女性)、教育年数(連続値)。モデル2ではモデル1に更に以下の共変量を加えた：主観的経済状態(良好、非常に良好/不良、非常に不良)、世帯構成(独居/同居)、社会参加頻度(連続値)、抑うつ度(4点以下/5点以上)、高血圧・糖尿病・心臓病の既往歴(あり/なし)。本研究の焦点は、残りの行動(例えば、SB, MVPA, 睡眠)に対する、あるPA(例えば、LPA)の相対的重要性に関する結果(回帰係数)であるため、各 ilr 座標における ilr 1の結果のみを報告する。感度分析として、BISの代わりにRTとACを従属変数とした回帰分析も行った。

log-ratioで示されたPA時間の回帰係数を直接解釈することは困難である。そこで、上記の回帰モデルから、PAに費やした時間と実行機能の間に統計学的に有意な関連性が確認された場合、そ

の結果をより有意義に解釈するために、2つの行動時間を置き換えた際の実行機能の変化を推定する compositional isothermal substitution を行った。つまり、この統計的アプローチでは、上記の線形回帰のモデル2と対象者の24時間の身体行動時間の平均値(compositional mean)を用いて、実行機能を予測する。次に、新しい行動組成(例えば、SBを10分減らしLPAに充てる)を用いて、アウトカム値を再度予測する。compositional isothermal substitutionでは、これら2つの値の差を、2つ(またはそれ以上)の行動の間で時間が置き換えられた際の実行機能の理論的变化として解釈する²⁴⁾。本研究では、残りの行動(MVPAや睡眠など)に費やす時間を一定に保ちながら、1つの身体行動(SBなど)からPA(LPAなど)に時間を再分配した際の実行機能のパフォーマンスを推定した。推定値は10分刻みで30分または対象者の compositional mean を上限として算出した。

結 果

A. 研究対象者の特性

対象となった89人の参加者のうち、13人が次の理由で分析から除外された：無効な加速度計データまたは欠測(n=1)、N-back課題の実施拒否(n=2)、無効なデータ(n=10)。最終的に、76人の高齢者が分析に含まれた。対象者の平均年齢は75.8歳(範囲：63~88歳)、63人(82.9%)が女性、平均BMIは22.4 kg/m²、平均教育年数は13.0年であった(補足表1)。表1および補足表2に、研究対象者の身体行動と認知課題の成績に関する記述統計量を示す。対象者は加速度計を平均905.1分/日装着し、それぞれSBに633.5分(44.0%)、LPAに391.9分(27.2%)、MVPAに36.5分(2.5%)、睡眠に378.1分(26.3%)費やしていた。PAの蓄積パターンについては、LPAの多くはBLPAであり、反対にMVPAの多くは散発的なものであった。

B. PAと実行機能の関連

Compositional multiple linear regressionの分析結果を図1に示す(詳細な結果は補足表3参照)。その結果、残りの行動時間に対してLPAの時間が

表 1. 研究対象者の行動特性

加速度計情報	n = 76
	平均(標準偏差)
装着日数	11.6(2.1)
装着時間(分/日)	905.1(78.4)
1日の身体行動時間	平均(%) ^a
バウトを考慮しない行動時間(分/日)	
SB	633.5(44.0)
LPA	391.9(27.2)
MVPA	36.5(2.5)
睡眠	378.1(26.3)
バウトを考慮した行動時間(分/日) ^b	
SB	640.3(44.5)
BLPA	278.9(19.4)
非 BLPA	106.9(7.4)
BMVPA	6.9(0.5)
非 BMVPA	24.9(1.7)
睡眠	382.2(26.5)

SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), BLPA: bouts LPA(10分以上継続したLPA), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), BMVPA: bouts MVPA(10分以上継続したMVPA)

a: 括弧内は、各組成における各行動の割合(%)を示す。

b: バウトを考慮した行動時間では、10分以上継続したMVPAにおいてゼロカウント(0分/日)が確認されたため、それらの値は log-ratio expectation-maximization algorithm によって代入された(14人)。

長いほど、ストループ課題の成績が良いことが確認された($\beta = 1.53$, 95% CI = 0.31, 2.74)。具体的には、残りの行動時間に対して、10分以上持続するBLPAの時間が多いことは、高いストループ課題成績と関連した一方で($\beta = 1.05$, 95% CI = 0.14, 1.96)、非BLPAとは関連しなかった。一方、MVPAの時間は、ストループ課題の成績と有意な関連を示さなかった。また、LPAやMVPAとN-back課題やタスクスイッチング課題の成績との有意な関連は確認されなかった。

更に、RTとACをアウトカムとして感度分析を行った(補足図1)。PAと課題遂行能力との関連性の方向性と程度は、BISの結果と大きな差はなかった。

図2, 3に isothermal substitution の結果を示す

(詳細な結果は補足表4参照)。その結果、SBまたは睡眠からLPAへ置き換える時間が多いほど、ストループ課題の良好な成績と関連することがわかった。特に、1日30分をSBまたは睡眠からLPAに置き換えることは、ストループ課題の成績がそれぞれ0.099(95% CI = -0.002, 0.199; 4.8%の増加に相当), 0.184(95% CI = 0.039, 0.329; 9.1%の増加に相当)高まることを関連した。また、SBや睡眠からBLPAへ30分の時間を置き換えることでも同様の効果量が確認された。つまり、ストループ課題の成績がそれぞれ0.114(95% CI = 0.005, 0.222; 5.6%上昇に相当), 0.182(95% CI = 0.034, 0.330; 8.9%上昇に相当)高まることと関連した。

考 察

本研究では、CoDAアプローチを用いて、日常的な身体行動の時間使用における相互依存性を適切に考慮しながら、高齢者を対象に加速度計で測定したPAとコンピュータを用い評価した実行機能の関連性を検討した。その結果、MVPAではなくLPAの時間が長いほど、実行機能のなかでも抑制制御を評価する課題成績が高いことが示された。興味深いことに、この関連性は、散発的なLPAよりも10分以上続くLPAのほうが強かった。更に、SBまたは睡眠からLPAへ時間を置き換えることは、より良好な抑制制御と関連することがわかった。これらの知見は、高齢者の抑制制御を維持するためのヘルスケアプログラムの開発に有用な情報を提供するものである。

高齢者において、LPAを含む24時間の行動時間と実行機能の関連性を検討した横断研究は1件のみである²²⁾。Fanningら(2017)は、実行機能のなかでも、視空間ワーキングメモリとタスクスイッチング能力を評価したが、抑制制御については評価していなかった。我々が知る限り、本研究は、日々の身体行動時間の相互依存性を適切に考慮したうえで、高齢者における抑制制御とデバイスで測定したLPAの有意な関連性を報告した最初の研究である。最近、Voldersらは、少なくとも

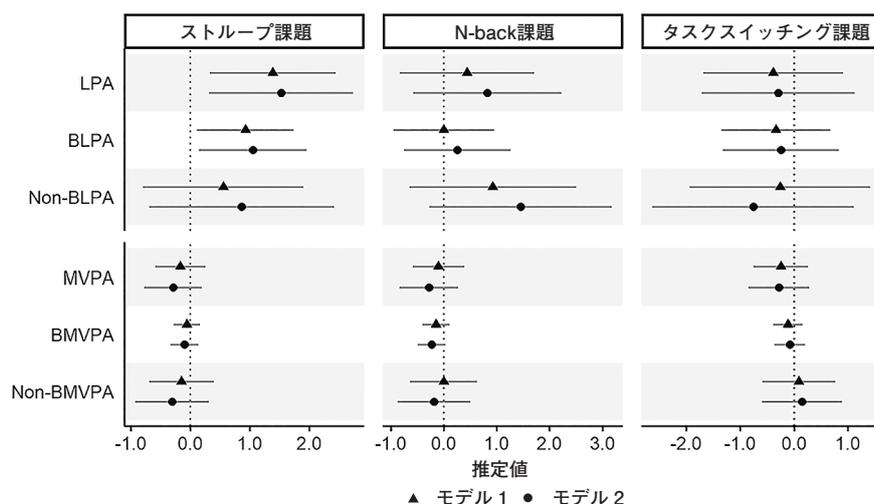


図1. PAと実行機能との関連

モデル1は、年齢、性別、教育年数で調整した。モデル2は、主観的経済状態、世帯構成、社会参加の頻度、抑うつ度、既往歴(高血圧、糖尿病、心臓病)で更に調整した。LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), BLPA: bouted LPA(10分以上継続したLPA), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), BMVPA: bouted MVPA(10分以上継続したMVPA)

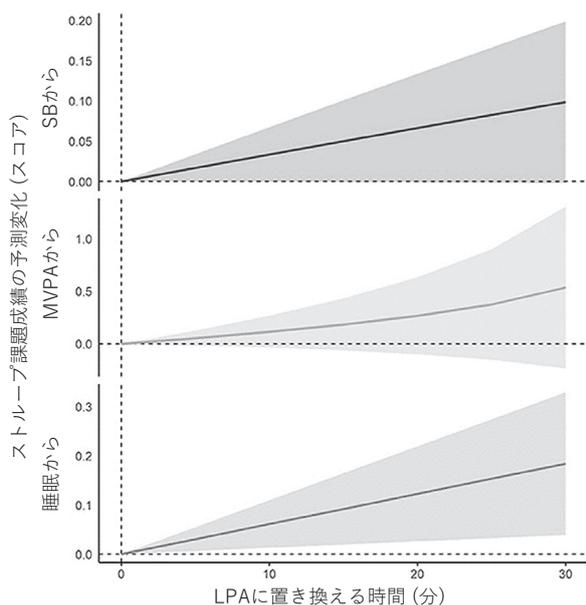


図2. 残りの身体行動時間を compositional mean で一定に保ちながら、一定時間のある行動からLPAに置き換えた場合のストロープ課題成績の予測値変化量分析はモデル2に基づいて行われた。

SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動)

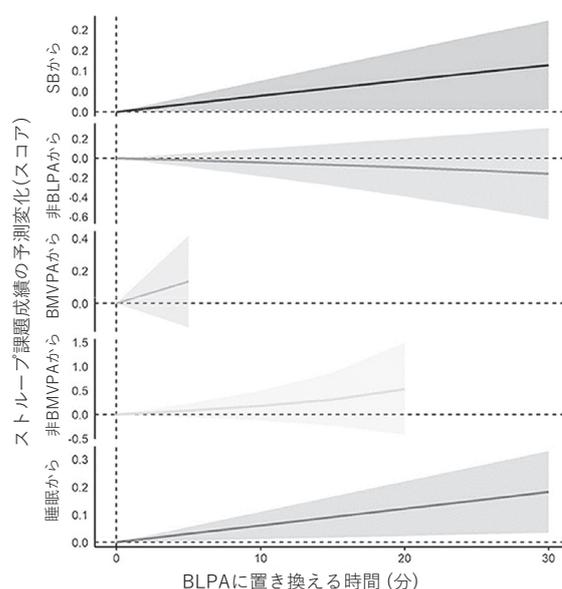


図3. 残りの身体行動時間を compositional mean で一定に保ちながら、一定時間のある行動からBLPAに置き換えた場合のストロープ課題成績の予測値変化量分析はモデル2に基づいて行われた。

SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), BLPA: bouted LPA(10分以上継続したLPA), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), BMVPA: bouted MVPA(10分以上継続したMVPA)

も1つの慢性疾患を有する高齢者において、Actigraphで測定したPAの縦断的变化といくつかの認知能力の関連性を検討した⁵³⁾。彼らは、ベースラインから6か月後の追跡調査までのLPAの変化が、6か月間のストップシグナル課題遂行能力(抑制制御)の変化と有意に関連していることを発見した。このことは、高齢者において日々のLPAが抑制制御と正の相関があるという我々の知見を支持するものである。

本研究では、LPAと抑制制御の関連性は、短いバウト(10分未満)よりも長いバウト(10分以上)のほうが顕著であった。我々の結果は、ストループ課題(抑制制御)に対する一過性PAのポジティブな効果は、その活動が少なくとも数分間以上継続した場合にのみ観察されたことを報告する実験的研究の知見によって支持される^{28,54)}。対照的に、ある観察研究では、活動の継続時間にかかわらず、総合的なPAはフランカー課題の不一致条件におけるRT(抑制制御を評価)と有意に関連しなかったと報告している³¹⁾。総合的なPAの大部分はLPAで構成されていることを考慮すると(本研究では総合的なPA時間の約90%)、本研究のLPAと先行研究の総合的なPAには同様の活動が含まれると考えられるが、その結果は一貫していなかった。本研究と先行研究の結果の矛盾は、分析方法(CoDA対非CoDA)や抑制制御の評価方法(ストループ課題/フランカー課題)の違いによって部分的に説明できるかもしれない。

本研究では、LPA時間とワーキングメモリ(N-back課題の2-back条件におけるBIS)や認知的柔軟性(タスクスイッチング課題におけるglobal switching costのBIS)の間に有意な関連性は認められなかった。ACとRTをアウトカムとして分析した場合も、結果は変わらなかった(補足図1)。現在までに、LPAとワーキングメモリの関連性については一致した見解が得られていない^{13,15,16)}。我々の結果は、地域在住高齢者において、LPAとdigit span課題を用いて評価したワーキングメモリの間に有意な関連性がみられないことを報告した先行研究の結果と一致していた^{13,15)}。認知的

柔軟性に関しては、地域在住高齢者を対象とした先行研究において、デバイスで測定したLPAとTrail Making Testの成績が関連することが報告されている^{12,13,15,16)}。本研究で用いられたタスクスイッチング課題は、Trail Making Testほど運動制御や視覚探索を必要としなかった^{55,56)}。こうした評価方法の違いにより、本研究の結果と先行研究の結果の矛盾を説明できる可能性がある。

本研究では、MVPA時間が実行機能のパフォーマンス向上と関連するというエビデンスがほとんど示されなかった。むしろ、MVPA時間はより低いパフォーマンスと関連する傾向にあった。これは、中高強度の運動介入が実行機能のすべての下位要素の向上に対して有効であることを示したメタアナリシスの結果とは異なっている⁸⁾。また、CoDAではないisotemporal substitutionを用いた観察研究では、SBからMVPAへの時間の置き換えが、タスクスイッチング課題のRTで評価された認知的柔軟性²²⁾、空間ワーキングメモリ課題のAC²²⁾、数字記号置換課題のスコア²³⁾で評価されたワーキングメモリなどに関連することが示されている。本研究では、実行機能の指標としてBISの代わりにACとRTを用いた場合であっても、MVPAとの関連性は非常に弱い、もしくはわずかに負の関連性を示すことが確認された(補足図1)。アウトカムの評価方法以外の観点では、以下の点から本研究と先行研究との結果の相違を説明することができると考えている。第一に、本研究で用いた加速度計から推定されるMETsは、装着者が高齢者の場合、特に高強度の活動を行った場合に実際のMETsよりも過小評価される傾向があると報告されている⁵⁷⁾。したがって、本研究ではMVPAがLPAに誤分類された可能性を否定できない。第二に、メタアナリシスでは、女性は軽度から中強度の運動介入によって認知機能に最も有益な効果があることが示されている⁵⁸⁾。対照的に、男性では、強度を徐々に上げるようにデザインされた高強度の運動介入において有益な効果がみられる。本研究では、対象者の大半(82.9%)が女性であったために、MVPAではなくLPAと実

行機能の良好な関連性がみられた可能性がある。最後に、本研究の実施期間中は新型コロナウイルス感染症(COVID-19)が流行していたために、対象者の習慣的なMVPAを評価できていなかった可能性がある。本研究におけるPAの評価は、東京都においてパンデミック対策として非常事態宣言(2021年7月12日～9月30日)および準非常事態宣言(2022年1月21日～3月21日)が発令されていた2021年8月～2022年1月に行われた。これらの時期、外出や友人と面会を控えるよう強く勧告された。COVID-19のパンデミック時には、COVID-19の蔓延を防ぐために地域の運動サロンの多くが閉鎖され、日本では高齢者の総合的なPAが減少したと報告されている⁵⁹⁾。本研究の対象者は、COVID-19流行前の日本の高齢者よりも平均MVPAが少なかった(本研究36.5分 vs 先行研究：男性43.6分、女性46.3分)⁶⁰⁾。こうした研究集団では、COVID-19流行前に身体活動が活発で高い実行機能を維持していた高齢者であっても、PAを測定する時期にはパンデミックによりMVPAが一時的に減少していた可能性がある。こうしたCOVID-19の流行によるPAの一時的な変化が、MVPAと実行機能の関連性を弱めた可能性がある。

CoDAアプローチによりlog-ratioに変換されたPA時間の回帰係数は、直接または単独で解釈することが困難である²¹⁾。そこで、公衆衛生上、より適切なメッセージを伝えるために、compositional isotemporal substitutionを行い、結果の解釈可能性を高める努力をした。その結果、1日30分のSBや睡眠をLPAに置き換えると、理論的にはストループ課題の成績が約5～10%上昇することが示された。この結果は、長時間のSBや短い/長い睡眠時間と、実行機能を含む認知パフォーマンスの低下との関連性を報告した近年のシステムティックレビューからも支持されている^{19,61)}。MVPAは、身体的制限や傷害のリスクがあるために、高齢者にとってしばしば実施が困難である^{62,63)}。一方、軽い家事やゆっくり歩くといったLPAは、MVPAに比べ、身体機能が制限された

高齢者でも日常生活のさまざまな場面で安全に行うことができる。つまり、本研究は、SBや睡眠に費やす時間をLPAに置き換えることが、高齢者における抑制制御を管理するための実行可能かつ持続可能な戦略であることを示唆している。

ヒトおよび動物を対象にした実験的研究から、PAによる実行機能を含む認知機能の改善のメカニズムとして、BDNF、IGF-1、VEGFの亢進^{64,65)}、神経新生の亢進⁶⁶⁾、灰白質・白質の増加⁶⁷⁾、機能的結合性の増加⁶⁸⁾、抗炎症作用の増加⁶⁹⁾などが挙げられている。一方、先行研究では、主にLPAに含まれる社会参加⁷⁰⁾が、実行機能の向上と関連することが示唆されている。こうした先行研究の結果を踏まえると、本研究でLPA時間が長い高齢者では社会的活動が多く、それが実行機能に良い影響を与えていたというメカニズムが考えられる。しかし、我々の回帰モデルには社会参加の頻度を表す変数が含まれていたため、本研究の結果は社会活動の影響を部分的に除外している。これらをまとめると、本研究からそのメカニズムを推測することは困難であるが、LPAと抑制制御との正の関連は、LPAに対する生理的反応によって説明される可能性がある。

本研究にはいくつかの強みがある。本研究は、高齢者を対象に、24時間の身体行動時間における相互依存性を考慮し、加速度計で測定したPAとコンピュータを用いて評価した実行機能との関連性を検討した初めての研究である。加えて、加速度計によるPA評価の利点を生かし、PAの継続時間と実行機能の関連性を検討した。ただし、本研究にはいくつかの限界がある。第一に、本研究は横断研究であったため、因果関係を推論することはできない。しかし、最近のシステムティックレビューでは、運動介入が高齢者の実行機能を改善することが報告されている⁸⁾。この知見は我々の結果を支持するものである。第二に、本研究では、身体行動の評価に測定誤差が含まれていた可能性がある。本研究では、調査票(睡眠)とデバイス(PAとSB)のデータを統合し、対象者の行動時間を24時間に標準化した。しかし、この方法では、

測定誤差や行動時間における情報バイアスの問題を排除することはできない(例えば、起床直後や就寝直前など、加速度計を装着していないことが多い時間帯におけるSBやLPAの過小評価)。この方法は先行研究でよく用いられている手法であるが、今後の研究では、デバイスのみを用いて24時間の全身体行動を評価する必要がある。また、PAは腰部装着型の加速度計を用いて評価されたが、この方法では姿勢の変化を完全には把握できない。こうした測定誤差は、行動の誤分類を引き起こしている可能性がある。第三に、本研究では認知機能に関連するとされる睡眠の質や睡眠効率を評価できていない⁷¹⁾。したがって、睡眠をより深く理解するためには、PAと睡眠の質や睡眠効率の関連性を検討する必要がある。第四に、本研究のサンプルサイズは比較的小さいため、結果は慎重に解釈されるべきである。第五に、本研究では先行研究で交絡因子として用いられたさまざまな変数をモデルに投入したが、得られた結果が未測定の影響を受けている可能性を排除できない。最後に、本研究の外部妥当性は明らかではない。本研究は、自発的に運動介入研究に参加した高齢者を対象としており、サンプル数が比較的小さいため、代表性に欠ける可能性がある。したがって、本研究の結果の外的妥当性は慎重に検討されるべきである。

結論として、本研究では、CoDAを用いて日々の身体行動時間における相互依存性を適切に考慮しながら、高齢者を対象にPAとさまざまな実行機能の関連性を検討した。その結果、高齢者では、残りの行動時間に比べて、LPAに費やす時間が長いほど、良好な抑制制御と関連することが明らかになった。特にこの関連性は、散発的なLPAよりも、少なくとも10分以上連続して行われるLPAにおいてより顕著であった。更に、SBや睡眠からLPAへ時間を置き換えることは、より良好な抑制制御と関連していた。これらの知見は、SBや睡眠に費やす時間を減らし、LPA、特にBLPAに費やす時間を増やすことが、高齢期における抑制制御を適切に管理するための重要な戦略

であることを示唆している。因果関係やメカニズムを明らかにするためには、今後大規模な縦断的研究や介入研究に基づく知見が必要である。

利益相反

著者らは、本研究が、利益相反の可能性があると解釈されるような商業的または金銭的關係がない状態で実施されたことを宣言する。

オーサーシップ

KHは、構想、データ収集、データ分析、初稿の執筆に貢献した。NKは、本原稿の構想、方法論の改善、データ分析、初稿執筆に貢献した。AUはデータ収集と初稿執筆に貢献した。DYはデータ収集と原稿の修正に貢献した。YWはデータ収集と原稿の修正に貢献した。TNはデータ収集に貢献した。SNはデータ収集に貢献した。YKは原稿の修正に貢献した。TAはデータ解析と原稿の修正に貢献した。提出された原稿は著者全員が承認した。

資金

本研究は、科研費基盤研究(JP19K20138)および公益財団法人健康・体力づくり事業財団の助成を受けて実施した。

謝辞

本研究に参加していただいたすべての方々、参加者の募集に協力して下さった八王子保健生活協同組合、論文の校正と分析について助言をいただいた藤井悠也氏に感謝いたします。

参考文献

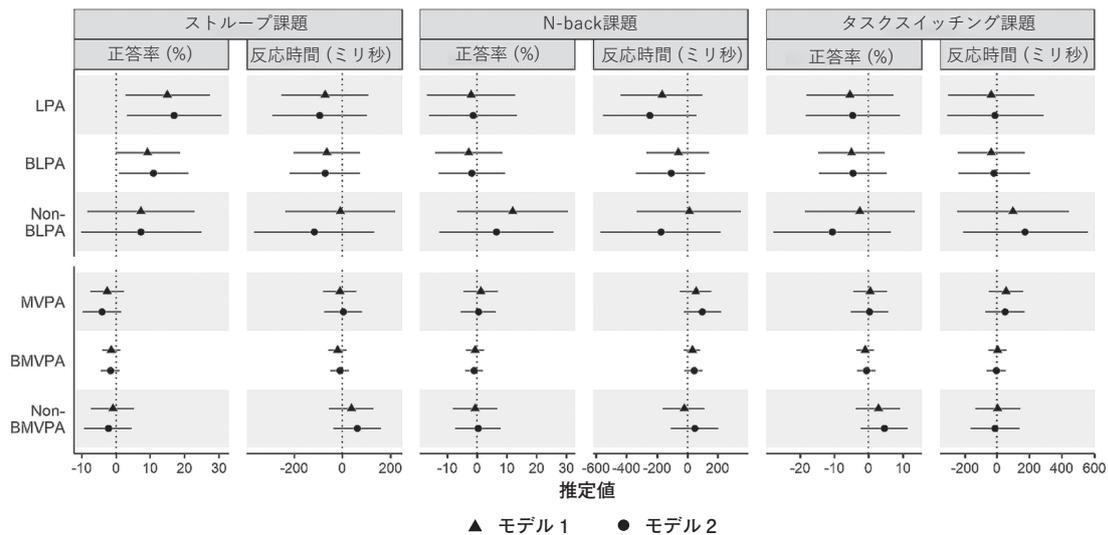
- 1) Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. 2000; 41: 49-100.
- 2) Vaughan L, Giovanello K. Executive function in daily life: age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and Aging*. 2010; 25(2): 343-55.
- 3) Nguyen CM, Copeland CT, Lowe DA, Heyanka DJ, Linck JF. Contribution of executive functioning to instrumental activities of daily living in older adults. *Applied Neuropsychology. Adult*. 2020; 27(4): 326-33.
- 4) Park DC, Lautenschlager G, Hedden T, Davidson NS, Smith AD, Smith PK. Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*.

- 2002; 17: 299-320.
- 5) Reuter-Lorenz PA, Festini SB, Jantz TK. Executive functions and neurocognitive aging. In: Schaie KW, Willis SL (eds), *Handbook of the psychology of aging*, Academic Press, Cambridge, 2021; 67-81.
 - 6) Mellow ML, Crozier AJ, Dumuid D, Wade AT, Goldsworthy MR, Dorrian J, Smith AE. How are combinations of physical activity, sedentary behaviour and sleep related to cognitive function in older adults? A systematic review. *Experimental Gerontology*. 2022; 159: 111698.
 - 7) El-Sayes J, Harasym D, Turco CV, Locke MB, Nelson AJ. Exercise-induced neuroplasticity: a mechanistic model and prospects for promoting plasticity. *The Neuroscientist*. 2019; 25(1): 65-85.
 - 8) Chen FT, Etnier JL, Chan KH, Chiu PK, Hung TM, Chang YK. Effects of exercise training interventions on executive function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2020; 50(8): 1451-67.
 - 9) Gomes-Osman J, Cabral DF, Morris TP, McInerney K, Cahalin LP, Rundek T, Oliveira A, Pascual-Leone A. Exercise for cognitive brain health in aging: a systematic review for an evaluation of dose. *Neurology. Clinical Practice*. 2018; 8(3): 257-65.
 - 10) Sanders LMJ, Hortobágyi T, la Bastide-van Gemert S, van der Zee EA, van Heuvelen MJG. Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *PloS One*. 2019; 14(1): e0210036.
 - 11) Wilbur J, Marquez DX, Fogg L, Wilson RS, Staffileno BA, Hoyem RL, Morris MC, Bustamante EE, Manning AF. The relationship between physical activity and cognition in older Latinos. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Science*. 2012; 67: 525-34.
 - 12) Johnson LG, Butson ML, Polman RC, Raj IS, Borkoles E, Scott D, Aitken D, Jones G. Light physical activity is positively associated with cognitive performance in older community dwelling adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016; 19(11): 877-82.
 - 13) Umegaki H, Makino T, Uemura K, Shimada H, Cheng XW, Kuzuya M. Objectively measured physical activity and cognitive function in urban-dwelling older adults. *Geriatrics & Gerontology International*. 2018; 18(6): 922-8.
 - 14) Spartano NL, Demissie S, Himali JJ, Dukes KA, Murabito JM, Vasani RS, Beiser AS, Seshadri S. Accelerometer-determined physical activity and cognitive function in middle-aged and older adults from two generations of the Framingham Heart Study. *Alzheimer's & Dementia*. 2019; 5: 618-26.
 - 15) Gerten S, Engeroff T, Fleckenstein J, Füzéki E, Matura S, Pilatus U, Vogt L, Pantel J, Banzer W. Deducing the impact of physical activity, sedentary behavior, and physical performance on cognitive function in healthy older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2022; 13: 777490.
 - 16) Gothe NP. Examining the effects of light versus moderate to vigorous physical activity on cognitive function in African American adults. *Aging & Mental Health*. 2021; 25(9): 1659-65.
 - 17) Steinberg SI, Sammel MD, Harel BT, Schembri A, Policastro C, Bogner HR, Negash S, Arnold SE. Exercise, sedentary pastimes, and cognitive performance in healthy older adults. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*. 2015; 30(3): 290-8.
 - 18) Richards A, Inslicht SS, Metzler TJ, Mohlenhoff BS, Rao MN, O'Donovan A, Neylan TC. Sleep and cognitive performance from teens to old age: more is not better. *Sleep*. 2017; 40(1): zsw029.
 - 19) Lo JC, Groeger JA, Cheng GH, Dijk DJ, Chee MW. Self-reported sleep duration and cognitive performance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine*. 2016; 17: 87-98.
 - 20) 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(10): e0139984.
 - 21) Dumuid D, Stanford TE, Martin-Fernández JA, Pedišić Ž, 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(12): 3726-38.
 - 22) Fanning J, Porter G, Awick EA, Ehlers DK, Roberts SA, Cooke G, Burzynska AZ, Voss MW, Kramer AF, McAuley E. Replacing sedentary time with sleep, light, or moderate-to-vigorous physical activity: effects on self-regulation and executive functioning. *Journal of Behavioral Medicine*. 2017; 40(2): 332-42.
 - 23) Wei J, Hou R, Xie L, Chandrasekar EK, Lu H, Wang T, Li C, Xu H. Sleep, sedentary activity, physical activity, and cognitive function among older adults: the National Health and Nutrition Examination Survey, 2011-2014. *Journal of*

- Science and Medicine in Sport. 2021; 24(2): 189-94.
- 24) Dumuid D, Pedišić Ž, Stanford TE, Martín-Fernández 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(3): 846-57.
- 25) Janssen I, Clarke AE, Carson V, Chaput JP, Giangregorio LM, Kho ME, Poitras VJ, Ross R, Saunders TJ, Ross-White A, Chastin SFM. A systematic review of compositional data analysis studies examining associations between sleep, sedentary behaviour, and physical activity with health outcomes in adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2020; 45(10(Suppl. 2)): S248-57.
- 26) Biddle GJH, Edwardson CL, Henson J, Davies MJ, Khunti K, Rowlands AV, Yates T. Associations of physical behaviours and behavioural reallocations with markers of metabolic health: a compositional data analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(10): 2280.
- 27) Pedišić Ž, Dumuid D, Olds ST. 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(2): 252-69.
- 28) Chang YK, Chen FT, Kuan G, Wei GX, Chu CH, Yan J, Chen AG, Hung TM. Effects of acute exercise duration on the inhibition aspect of executive function in late middle-aged adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2019; 11: 227.
- 29) Chang YK, Erickson KI, Stamatakis E, Hung TM. How the 2018 US Physical Activity Guidelines are a call to promote and better understand acute physical activity for cognitive function gains. *Sports Medicine*. 2019; 49(11): 1625-7.
- 30) Peven JC, Grove GA, Jakicic JM, Alessi MG, Erickson KI. Associations between short and long bouts of physical activity with executive function in older adults. *Journal of Cognitive Enhancement*. 2018; 2(2): 137-45.
- 31) Wanigatunga AA, Manini TM, Cook DR, Katula J, Fielding RA, Kramer AF, Verghese J, Rapp SR, Sink KM, King AC, Buford TW, Anton S, Nadkarni N, Jennings JM, Reid K, Espeland MA, Gill TM, Pahor M, Nocera JR. Community-based activity and sedentary patterns are associated with cognitive performance in mobility-limited older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2018; 10: 341.
- 32) 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(10): e0186523.
- 33) 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(5): 702-3.
- 34) 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.
- 35) Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116(9): 1081-93.
- 36) Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2008; 36(4): 173-8.
- 37) Saint-Maurice PF, Troiano RP, Matthews CE, Kraus WE. Moderate-to-vigorous physical activity and all-cause mortality: do bouts matter? *Journal of the American Heart Association*. 2018; 7(6): e007678.
- 38) Doi Y. Development of the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *Japanese Journal of Psychiatry Treatment*. 1998; 13: 755-63.
- 39) 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*. 2020; 29(5): 1447-65.
- 40) 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.
- 41) Tsunoda K, Kitano N, Kai Y, Jindo T, Uchida K, Arao T. Dose-response relationships of accelerometer-measured sedentary behaviour and physical activity with non-alcoholic fatty liver disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2021; 54(10): 1330-9.
- 42) Peirce J, Gray JR, Simpson S, MacAskill M, Höchenberger R, Sogo H, Kastman E, Lindeløv JK. PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*.

- 2019; 51(1): 195-203.
- 43) Zysset S, Müller K, Lohmann G, von Cramon DY. Color-word matching stroop task: separating interference and response conflict. *NeuroImage*. 2001; 13: 29-36.
 - 44) Hyodo K, Dan I, Kyutoku Y, Suwabe K, Byun K, Ochi G, Kato M, Soya H. The association between aerobic fitness and cognitive function in older men mediated by frontal lateralization. *NeuroImage*. 2016; 125: 291-300.
 - 45) Kirchner WK. Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*. 1958; 55(4): 352-8.
 - 46) Hakun JG, Zhu Z, Johnson NF, Gold BT. Evidence for reduced efficiency and successful compensation in older adults during task switching. *Cortex*. 2015; 64: 352-62.
 - 47) Zhu Z, Johnson NF, Kim C, Gold BT. Reduced frontal cortex efficiency is associated with lower white matter integrity in aging. *Cerebral Cortex*. 2015; 25: 138-46.
 - 48) Liesefeld HR, Janczyk M. Combining speed and accuracy to control for speed-accuracy trade-offs (?). *Behavior Research Methods*. 2019; 51(1): 40-60.
 - 49) Kray J, Lindenberger U. Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*. 2000; 15(1): 126-47.
 - 50) 矢富直美. 日本老人における老人用うつスケール (GDS) 短縮版の因子構造と項目特性の検討. *老年社会科学*. 1994; 16: 29-36.
 - 51) R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2020.
 - 52) Palarea-Albaladejo J, Martín-Fernández JA. zCompositions - R package for multivariate imputation of left-censored data under a compositional approach. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2015; 143: 85-96.
 - 53) Volders E, de Groot RHM, Bolman CAW, Lechner L. The longitudinal associations between change in physical activity and cognitive functioning in older adults with chronic illness (es). *BMC Geriatrics*. 2021; 21(1): 478.
 - 54) Byun K, Hyodo K, Suwabe K, Ochi G, Sakairi Y, Kato M, Dan I, Soya H. Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. *NeuroImage*. 2014; 98: 336-45.
 - 55) Gaudino EA, Geisler MW, Squires NK. Construct validity in the Trail Making Test: what makes Part B harder? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 1995; 17(4): 529-35.
 - 56) Arbuthnott K, Frank J. Trail making test, part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2000; 22(4): 518-28.
 - 57) Nagayoshi S, Oshima Y, Ando T, Aoyama T, Nakae S, Usui C, Kumagai S, Tanaka S. Validity of estimating physical activity intensity using a triaxial accelerometer in healthy adults and older adults. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2019; 5(1): e000592.
 - 58) Ludyga S, Gerber M, Pühse U, Looser VN, Kamijo K. Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals. *Nature Human Behaviour*. 2020; 4(6): 603-12.
 - 59) Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Otobe Y, Suzuki M, Koyama S, Kikuchi T, Kusumi H, Arai H. The influence of the COVID-19 pandemic on physical activity and new incidence of frailty among initially non-frail older adults in Japan: a follow-up online survey. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*. 2021; 25(6): 751-6.
 - 60) 天笠志保, 井上 茂, 村山洋史, 藤原武男, 菊池宏幸, 福島教照, 町田征己, 菖蒲川由郷. 加速度計で調査した農村部在住高齢者の身体活動: NEIGE study. *運動疫学研究*. 2021; 23(2): 200-1.
 - 61) Falck RS, Davis JC, Liu-Ambrose T. What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2017; 51(10): 800-11.
 - 62) Bethancourt HJ, Rosenberg DE, Beatty T, Arterburn DE. Barriers to and facilitators of physical activity program use among older adults. *Clinical Medicine & Research*. 2014; 12(1-2): 10-20.
 - 63) Schutzer KA, Graves BS. Barriers and motivations to exercise in older adults. *Preventive Medicine*. 2004; 39: 1056-61.
 - 64) Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in Neurosciences*. 2007; 30(9): 464-72.
 - 65) Soya H, Nakamura T, Deocaris CC, Kimpara A, Iimura M, Fujikawa T, Chang H, McEwen BS, Nishijima T. BDNF induction with mild exercise in the rat hippocampus. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2007; 358: 961-7.
 - 66) Inoue K, Okamoto M, Shibato J, Lee MC, Matsui T, Rakwal R, Soya H. Long-term mild, rather than intense, exercise enhances adult hippocampal neurogenesis and greatly changes the transcriptomic profile of the hippocampus. *PLoS One*. 2015; 10(6): e0128720.
 - 67) Erickson KI, Leckie RL, Weinstein AM. Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of Aging*.

- 2014; 35 (Suppl 2) : S20-8.
- 68) Voss MW, Prakash RS, Erickson KI, Basak C, Chaddock L, Kim JS, Alves H, Heo S, Szabo AN, White SM, Wójcicki TR, Mailey EL, Gothe N, Olson EA, McAuley E, Kramer AF. Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2010; 2: 32.
- 69) Di Benedetto S, Müller L, Wenger E, Düzel S, Pawelec G. Contribution of neuroinflammation and immunity to brain aging and the mitigating effects of physical and cognitive interventions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2017; 75: 114-28.
- 70) Kelly ME, Duff H, Kelly S, McHugh Power JE, Brennan S, Lawlor BA, Loughrey DG. The impact of social activities, social networks, social support and social relationships on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review. *Systematic Reviews*. 2017; 6 (1) : 259.
- 71) Gildner TE, Liebert MA, Kowal P, Chatterji S, Snodgrass JJ. Associations between sleep duration, sleep quality, and cognitive test performance among older adults from six middle income countries: results from the Study on Global Ageing and Adult Health (SAGE). *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2014; 10 (6) : 613-21.



補足図 1. 各認知課題における身体活動と正答率および反応時間との関連

モデル 1 は、年齢、性別、教育年数で調整した。モデル 2 は更に、主観的経済状態、世帯構成、社会参加の頻度、抑うつ度、既往歴(高血圧、糖尿病、心臓病)で調整した。

LPA : light-intensity physical activity(低強度身体活動), BLPA : bouted LPA(10分以上継続した LPA), MVPA : moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), BMVPA : bouted MVPA(10分以上継続した MVPA)

ストロープ課題, N-back 課題, タスクスイッチング課題の成績評価には、それぞれストロープ干渉, 2-back 条件, global switching cost が用いられた。

補足表 1. 研究対象者の特性 (n = 76)

項目	項目	項目	項目
年齢(年), 平均(SD)	75.8 (5.1)	≥ 4 日/週	1.0 (1.3%)
性別, 人数(%)		老人クラブ	
男性	13 (17.1%)	なし	54.0 (71.1%)
女性	63 (82.9%)	1 - 3 日/月	16.0 (21.1%)
BMI(kg/m ²), 平均(SD)	22.4 (3.4)	1 日/週	3.0 (3.9%)
教育年数(年数), 平均(SD)	13.0 (2.1)	2 - 3 日/週	2.0 (2.6%)
MMSE(スコア), 平均(SD)	28.6 (1.5)	≥ 4 日/週	1.0 (1.3%)
主観的経済状態, 人数(%)		町内会	
不良/非常に不良	13 (17.1%)	なし	48.0 (63.2%)
良好/非常に良好	63 (82.9%)	1 - 3 日/月	26.0 (34.2%)
世帯構成, 人数(%)		1 日/週	0.0 (0.0%)
独居	18 (23.7%)	2 - 3 日/週	2.0 (2.6%)
同居	58 (76.3%)	≥ 4 日/週	0.0 (0.0%)
アルコール摂取習慣, 人数(%)		学習・教養サークル	
なし	50 (65.8%)	なし	49.0 (64.5%)
≤ 1 - 2 日/週	16 (21.1%)	1 - 3 日/月	19.0 (25.0%)
3 - 4 日/週	3 (3.9%)	1 日/週	7.0 (9.2%)
≥ 5 日/週	7 (9.2%)	2 - 3 日/週	1.0 (1.3%)
喫煙習慣, 人数(%)		≥ 4 日/週	0.0 (0.0%)
現在吸っている	4 (5.3%)	収入のある仕事	
なし/やめた	72 (94.7%)	なし	65.0 (85.5%)
GDS, 人数(%)		1 - 3 日/月	4.0 (5.3%)
≤ 4 ポイント	18 (23.7%)	1 日/週	2.0 (2.6%)
≥ 5 ポイント	58 (76.3%)	2 - 3 日/週	3.0 (3.9%)
社会参加, 人数(%)		≥ 4 日/週	2.0 (2.6%)
ボランティアグループ		既往歴, 人数(%)	
なし	42.0 (55.3%)	高血圧	
1 - 3 日/月	18.0 (23.7%)	なし	46 (60.5%)
1 日/週	8.0 (10.5%)	あり	30 (39.5%)
2 - 3 日/週	5.0 (6.6%)	糖尿病	
≥ 4 日/週	3.0 (3.9%)	なし	72 (94.7%)
趣味のグループ		あり	4 (5.3%)
なし	23.0 (30.3%)	心臓病	
1 - 3 日/月	30.0 (39.5%)	なし	73 (96.1%)
1 日/週	19.0 (25.0%)	あり	3 (3.9%)
2 - 3 日/週	3.0 (3.9%)		

SD : standard deviation (標準偏差), BMI : body mass index, MMSE : Mini Mental State Examination (精神状態短時間検査), GDS : the Geriatric Depression Scale (老人用うつスケール)

補足表 2. 認知課題成績 (n = 76)

変数	平均(SD)
ストループ課題	
中立条件 AC, %	96.0(5.4)
中立条件 RT, ミリ秒	1507.7(268.3)
不一致条件 AC, %	81.5(14.7)
不一致条件 RT, ミリ秒	1908.9(319.6)
N-back 課題	
2-back AC, %	74.4(14.5)
2-back RT, ミリ秒	952.1(261.5)
タスクスイッチング課題	
シングル条件 AC, %	90.8(13.3)
シングル条件 RT, ミリ秒	782.6(233.2)
ミックス条件 AC, %	75.6(16.2)
ミックス条件 RT, ミリ秒	1148.1(280.5)

SD : standard deviation (標準偏差), AC : accuracy (正答率), RT : reaction time (平均反応時間)

補足表 3. 身体活動量と実行機能課題成績の関係

身体活動	モデル	ストループ干渉の BIS				2-back 条件の BIS				Global switching cost の BIS						
		β	95% CI		P	β	95% CI		P	β	95% CI		P			
			下限	上限			下限	上限			下限	上限				
LPA	モデル 1	1.39	0.33	-	2.45	0.013	0.44	-0.83	-	1.71	0.503	-0.39	-1.69	-	0.91	0.562
	モデル 2	1.53	0.31	-	2.74	0.016	0.82	-0.58	-	2.22	0.256	-0.29	-1.71	-	1.13	0.688
BLPA	モデル 1	0.93	0.11	-	1.74	0.029	0.00	-0.95	-	0.95	1.000	-0.33	-1.34	-	0.67	0.518
	モデル 2	1.05	0.14	-	1.96	0.027	0.26	-0.75	-	1.26	0.621	-0.24	-1.32	-	0.83	0.660
非 BLPA	モデル 1	0.55	-0.80	-	1.90	0.425	0.93	-0.65	-	2.50	0.254	-0.26	-1.94	-	1.42	0.763
	モデル 2	0.86	-0.69	-	2.41	0.282	1.45	-0.27	-	3.18	0.104	-0.76	-2.63	-	1.12	0.432
MVPA	モデル 1	-0.17	-0.59	-	0.25	0.431	-0.10	-0.59	-	0.38	0.677	-0.24	-0.75	-	0.26	0.350
	モデル 2	-0.29	-0.78	-	0.20	0.246	-0.29	-0.84	-	0.27	0.317	-0.28	-0.85	-	0.29	0.337
BMVPA	モデル 1	-0.06	-0.28	-	0.16	0.589	-0.15	-0.41	-	0.11	0.253	-0.12	-0.39	-	0.16	0.414
	モデル 2	-0.10	-0.34	-	0.14	0.416	-0.23	-0.49	-	0.03	0.091	-0.08	-0.36	-	0.21	0.593
非 BMVPA	モデル 1	-0.15	-0.70	-	0.39	0.590	0.00	-0.64	-	0.63	0.989	0.09	-0.59	-	0.77	0.795
	モデル 2	-0.31	-0.93	-	0.31	0.332	-0.19	-0.88	-	0.50	0.599	0.15	-0.60	-	0.89	0.702

β : その他すべての行動に対するある行動の比を示した非標準化回帰係数, LPA : light-intensity physical activity (低強度身体活動), BLPA : bouted LPA (10分以上継続した LPA), MVPA : moderate- to vigorous-intensity physical activity (中高強度身体活動), BMVPA : bouted MVPA (10分以上継続した MVPA), CI : confidence interval (信頼区間)

最初の ilr coordinates には, 各ドメインにおける残りすべての身体活動に対するある行動のすべての情報が含まれているため, 最初の ilr coordinates に対応する回帰係数のみを示した。

モデル 1 には, 運動行動に費やした時間(等尺対数比で表される), 年齢, 性別, 教育年数を含めた。

モデル 2 は, モデル 1 に主観的経済状態, 世帯構成, 社会参加の頻度, 抑うつ度, 既往歴(高血圧, 糖尿病, 心臓病)を加えたものである。

補足表4. 身体行動を低強度身体活動に置き換えた場合に予測されるストローク課題成績の変化

時間の置き換え		変化 (分/日)	予測される変化*	95%CI		
置き換え前	置き換え後			下限	-	上限
バウトモデルを除いた場合						
SB	LPA	10	0.034	0.000	-	0.068
SB	LPA	20	0.066	-0.001	-	0.134
SB	LPA	30	0.099	-0.002	-	0.199
MVPA	LPA	10	0.114	-0.036	-	0.265
MVPA	LPA	20	0.267	-0.098	-	0.632
MVPA	LPA	30	0.535	-0.235	-	1.305
睡眠	LPA	10	0.061	0.013	-	0.110
睡眠	LPA	20	0.123	0.026	-	0.219
睡眠	LPA	30	0.184	0.039	-	0.329
バウトモデルを用いた場合						
SB	BLPA	10	0.039	0.002	-	0.076
SB	BLPA	20	0.077	0.004	-	0.150
SB	BLPA	30	0.114	0.005	-	0.222
非 BLPA	BLPA	10	-0.043	-0.184	-	0.097
非 BLPA	BLPA	20	-0.096	-0.392	-	0.199
非 BLPA	BLPA	30	-0.161	-0.630	-	0.308
BMVPA	BLPA	10	-0.262	-0.971	-	0.447
BMVPA	BLPA	20	-0.230	-0.946	-	0.485
BMVPA	BLPA	30	-0.199	-0.922	-	0.523
非 BMVPA	BLPA	10	0.180	-0.126	-	0.485
非 BMVPA	BLPA	20	0.529	-0.419	-	1.477
非 BMVPA	BLPA	30	-0.394	-1.327	-	0.539
睡眠	BLPA	10	0.061	0.012	-	0.110
睡眠	BLPA	20	0.122	0.023	-	0.220
睡眠	BLPA	30	0.182	0.034	-	0.330

解析はモデル2に基づいて行われ、回帰モデルには、身体活動に費やした時間(等尺対数比で表される)、年齢、性別、教育年数、主観的経済状態、世帯構成、社会参加の頻度、抑うつ度、既往歴(高血圧、糖尿病、心臓病)が含まれた。

SB: sedentary behavior(座位行動), LPA: light-intensity physical activity(低強度身体活動), BLPA: bouted LPA(10分以上継続したLPA), MVPA: moderate- to vigorous-intensity physical activity(中高強度身体活動), BMVPA: bouted MVPA(10分以上継続したMVPA), CI: confidence interval(信頼区間)

*balance integration score を記載

論文紹介

身体活動を促す環境モデルが身体活動量と骨格筋に与える影響を検証

Sudo M, Kano Y, Ando S. The effects of environmental enrichment on voluntary physical activity and muscle mass gain in growing rats. *Frontiers in Physiology*. 2023; 14: 1265871.

須藤みず紀

背景 身体活動は、心身ともに健康に過ごすために有効であるが、「身体活動量の増加」には、生体内からのさまざまな応答が含まれているため「健康維持・増進に有効である」と単純化するには難しい現象である。これまでの疫学研究から、身体活動量の維持・増加は、筋量維持に関係があることが指摘されているが、その因果関係は明確になっていない。本研究では、動物モデルを対象に「自発的な身体活動を促す環境」が骨格筋量や筋線維タイプに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

方法 本研究は、雄性ラットを対象に実施した。自由にアクセスすることが可能なホイール、トンネル、滑り台などを設置した環境（豊かな環境群：7～8匹）と道具がない環境（通常環境群：7～8匹）の2条件にて4週間の飼育を行った（図1）。各環境における身体活動量は、小型化された加速度計を体内に埋め込み評価した。飼育期間が終了した後、後肢筋を摘出し、筋湿重量を計測した。更に、筋横断面積、筋線維タイプは、免疫組織学染色を施したのち定量した。

結果 豊かな環境では、断続的に身体活動量が多いことが観察された。また、飼育期間中の暗期における総身体活動量は、通常環境群と比べて、豊かな環境群において有意な高値を示した。ヒラメ筋における体重当たりの筋湿重量は、豊かな環境群が有意に高い値であった（通常環境群：0.364 ± 0.026 mg/g, 豊かな環境群：0.428 ± 0.034 mg/g, $P = 0.002$ ）。更に、ヒラメ筋における筋線維横断面積は、MHC Type I 筋線維にて有意な増加がみられた（図2）。

結論 本研究より、豊かな環境モデルは、身体活動量の増加とヒラメ筋の筋量の増加を促すことが示唆された。

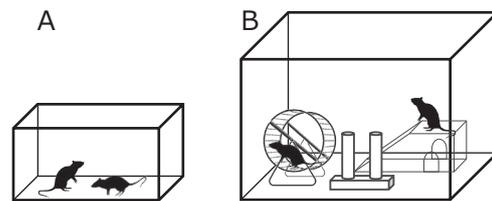


図1 通常環境条件(A)と豊かな環境条件(B)

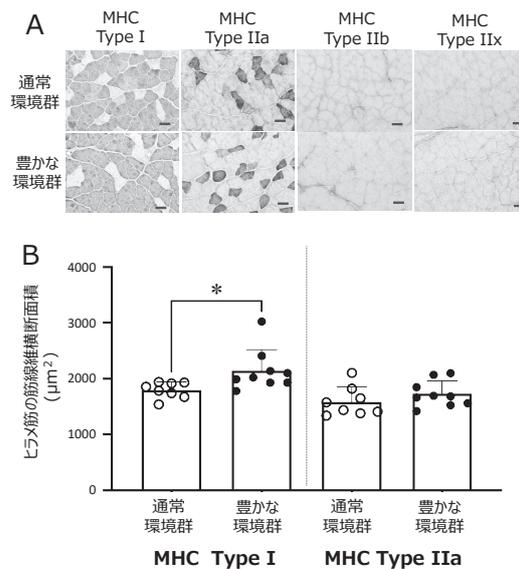


図2 各群におけるヒラメ筋の筋線維タイプ染色画像(A)と筋線維横断面積(B) (* $P < 0.05$)

執筆者によるコメント

「身体活動量の増加＝健康になれる」という理解から、「骨格筋を維持するための身体活動量の増加＝健康になれる」という、より明確なビジョンを示すことができる研究結果となりました。人生100年時代を楽しく過ごすためにも、このような基礎的な研究結果を基にした健康増進対策を確立していける社会になることを願っています。

論文紹介

運動による脳内のドーパミン遊離は認知パフォーマンスの向上に関係する

Ando S, Fujimoto T, Sudo M, Watanuki S, Hiraoka K, Takeda K, Takagi Y, Kitajima D, Mochizuki K, Matsuura K, Katagiri Y, Nasir FM, Lin Y, Fujibayashi M, Costello JT, McMorris T, Ishikawa Y, Funaki Y, Furumoto S, Watabe H, Tashiro M. The neuro-modulatory role of dopamine in improved reaction time by acute cardiovascular exercise. The Journal of Physiology. 2024; 602 (3): 461-84.

須藤みず紀

背景 認知機能は、有酸素運動や中強度の運動により向上することがわかっているが、このプロセスの背景にある正確なメカニズムは不明である。本研究では、運動中の認知機能パフォーマンスの向上において脳の神経伝達物質であるドーパミンに着目した。ドーパミンは、パーキンソン病、ADHD、依存症、うつ病を含むいくつかの疾患において重要な役割を有している。そこで、ポジトロン断層法 (positron emission tomography: PET) を用いて、運動中の脳内におけるドーパミンの動態を評価しメカニズムの解明を試みた。

方法 成人男性 (52人) を対象に、3つの実験を実施した。実験1では、PET装置内にてエルゴメータによる有酸素運動負荷中に認知機能テストを実施し、脳内のドーパミンの動態を評価した。実験2では、下腿を対象とした電気刺激による不随意運動が認知パフォーマンス (認知課題に対する反応速度) の向上へ及ぼす影響を検証した。実験3では、随意運動 (上腕エルゴメータの実施) と不随意運動 (下腿への電気刺激の実施) を併用することによる運動中の認知パフォーマンスを評価した。認知パフォーマンスの評価として、Go/No-Goテストにおける反応時間を検証した。

結果 実験1では、一過性の有酸素運動により脳内でのドーパミンの遊離がみられ、認知パフォーマンスとの間に関係があることが示唆された (図)。実験2および実験3より、下腿への電気刺激による不随意運動のみでは認知パフォーマンスに変化はなかったが、上腕における随意運動を併用することで向上することが示された。これらの結果から、

運動中の認知パフォーマンスの向上には、骨格筋の収縮に伴う生理的变化だけでなく、随意運動に伴う脳内の神経活動も必要であることが考えられる。

結論 本研究より、1回の有酸素運動による認知パフォーマンスの向上には、脳内のドーパミンが関係し、このドーパミン遊離のためには随意運動に伴う脳内での神経活動が必要であることが示唆された。

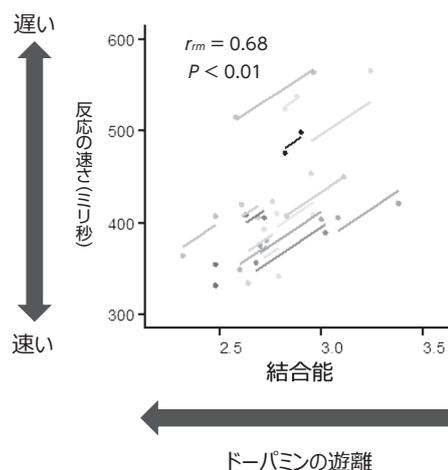


図 運動中の認知機能テストに対する反応時間の速さと脳内 (左尾状核) のドーパミンの遊離量との関係
各プロットは安静時と運動時の個人データ

執筆者によるコメント

常々「20年前の自分に負けない脳を手に入れたい」と感じています。長寿社会を生き抜かねばならない現代において認知機能を維持していくためにも、メカニズムを知ることが、より良い対策を立てることができます。今回は運動中の認知機能の向上をもたらすメカニズムの1つが明らかになりましたが、運動後の認知機能への関与についても早急に検証する必要があると考えています。

論文紹介

除脂肪量指数はサルコペニアの筋量評価における四肢筋量指数の代理指標

Kawakami R, Tanisawa K, Ito T, Usui C, Miyachi M, Torii S, Midorikawa T, Ishii K, Muraoka I, Suzuki K, Sakamoto S, Higuchi M, Oka K. Fat-free mass index as a surrogate marker of appendicular skeletal muscle mass index for low muscle mass screening in sarcopenia. Journal of the American Medical Directors Association. 2022; 23 (12): 1955-61. e3.

川上 諒子

背景 サルコペニア診断における筋量評価の指標に
目的 は四肢筋量指数（四肢筋量(kg)/身長(m)²）が国際的に採用されており、二重エネルギーX線吸収測定法（DXA法）などの専門的な機器での評価が推奨されている。一方で、一般に普及している家庭用の体組成計は、四肢筋量は測定できないが、体脂肪率の測定はできる場合が多い。本研究では、除脂肪量指数（除脂肪量(kg)/身長(m)²）と四肢筋量指数の相関関係を確認し、サルコペニア判定における低筋量に該当するか否かを推定するための除脂肪量指数のカットオフ値を算出した。

方法 DXA法や多周波インピーダンス法（BIA法）を用いて身体組成（体重、脂肪量、筋量）を測定した1313人（40～87歳）のWASEDA'S Health Studyの参加者を対象に分析をした。サルコペニアの低筋量の判定には、サルコペニアのアジアワーキンググループの基準値を採用した。

結果 BIA法で評価した除脂肪量指数とDXA法で評価した四肢筋量指数の間には強い相関関係が認められた（ $r = 0.95$, 図）。更に、年齢や肥満状況別に両者の関係をみても、おおむね同様の相関関係が示された。DXA法の四肢筋量指数に基づいて判定した低筋量を、BIA法で評価した除脂肪量指数で推定する場合の最適カットオフ値は、男性17.5 kg/m²（感度89%、特異度88%）、女性14.6 kg/m²（感度80%、特異度86%）となった。

結論 除脂肪量指数は、年齢や肥満状況にかかわらず、四肢筋量指数と強く相関することが示唆された。除脂肪量指数の値が、男性18 kg/m²未満、女性15 kg/m²未満の場合にサルコペニアの低筋量に該当する可能性が高いことが示唆された。

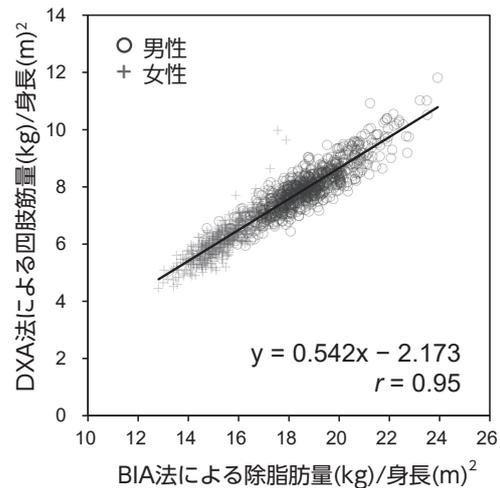


図 除脂肪量指数と四肢筋量指数の相関関係

執筆者によるコメント

サルコペニア診断における筋量評価の指標には四肢筋量(kg)/身長(m)²が採用されており、その測定には専門的な機器が必要です。本研究では、除脂肪量(kg)/身長(m)²が四肢筋量(kg)/身長(m)²と強く相関することが確認され、除脂肪量が四肢筋量の代理指標となり得ることが示唆されました。ご家庭にある体組成計で体脂肪率が計測できれば、除脂肪量（体重から体脂肪量を引いた値）の計算ができます。ご自身の筋量が不足していないか、チェックしてみましょう。

論文紹介

妊婦向け職務調整アプリの実施可能性とユーザビリティの検証

Wada A, Nakamura Y, Kawajiri M, Takeishi Y, Yoshida M, Yoshizawa T. Feasibility and usability of the job adjustment mobile app for pregnant women: longitudinal observational study. JMIR Formative Research. 2023; 7: e48637.

和田 彩

背景 妊婦において心身負荷の大きい職務は職業性
目的 ストレスを高めることに加え、有害な妊娠転帰につながることを報告されている。妊婦は、負荷の大きい職務を軽減、もしくは負荷の少ない方法で遂行するといった職務調整行動が重要である。しかし、多くの妊婦においてどの程度の負荷をどのように軽減すべきか、といった具体的な提示がないためにこの行動が実施できていないことが明らかとなった。そこで本研究では、職務の推奨基準と職務調整行動を示すスマートフォンアプリケーション（以下、職務調整アプリ）を開発し、実施可能性とユーザビリティを検証した。

方法 就労妊婦を対象に、縦断的観察研究を実施した。妊婦は妊娠12週頃から産前休業に入るまで職務調整アプリを使用した。使用率向上のため、2週間ごとにリマインドメールを送信し、使用方法の説明やトラブルの確認のため3回の面談を行った。質問票調査は、妊娠12週、妊娠20週、妊娠32週に実施した。実現可能性評価として、脱落率、アプリの使用間隔および受容性質問項目（15項目）を調査し、ユーザビリティ評価としてシステムユーザビリティスケール（SUS）を用いた。

結果 研究の脱落率は18.3%（類似の先行研究の平均は24.7%）であり、分析対象者66人の妊婦の使用間隔の中央値は2.94週間であった。経産婦は初産婦と比較し使用間隔が有意に長かった（4.00週 vs 2.05週, $P = 0.011$ ）。受容性質問項目のうち13項目で7割以上が肯定的評価を示したが、時間的負担を感じた者が31%と多かった（図）。SUS平均スコアは66.1（ヘルスケアアプリ先行研究の平均値は68）であった。

結論 結果は類似の先行研究と同水準であり、職務調整アプリが一定の実行可能性とユーザビリティを備えることを示した。しかし、高頻度での継続使用には課題があり、時間的負担の軽減や経産婦に対するフォローの必要性が明らかとなった。

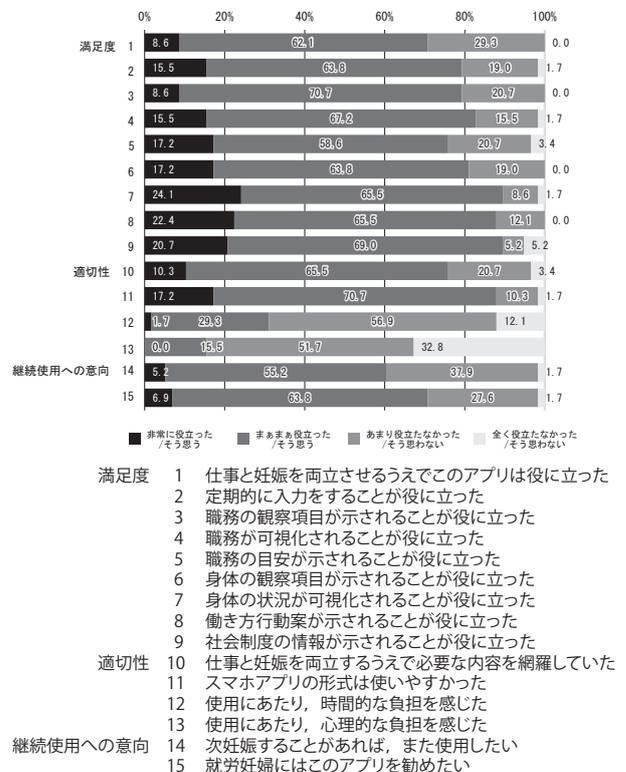


図 受容性に関する質問項目（妊娠32週時点での回答）

執筆者によるコメント

本研究は、妊婦におけるアプリの実施可能性とユーザビリティを評価したものであり、今後は効果の検証が期待されます。本研究のように、ヘルスケアにおけるデジタル端末やICTの活用は盛んに行われています。より良いケアの開発につながっていくために、それぞれのデバイスの特徴や対象者の反応を注意深く検証することが必要と考えます。

論文紹介

地域在住高齢者における腰痛と身体活動、座位時間との関連：横断研究

中村睦美, 佐藤慎一郎, 根本裕太, 山田卓也, 武田典子, 丸尾和司, 福田吉治, 北島義典, 荒尾 孝. 地域在住高齢者における腰痛と身体活動、座位時間との関連：横断研究. 日本公衆衛生雑誌. 2023; 70(10): 690-8.

荒尾 孝

背景 本研究は高齢者における腰痛の予防・改善対策に資する知見を得るために、地域在住高齢者における腰痛の有無と身体活動および座位時間の関連について、年齢区分別、性別に明らかにすることを目的とした。

方法 2018年1月から2月に、山梨県都留市に居住する要介護認定を受けていないすべての高齢者7080人を対象とした自記式アンケート郵送回収調査を行った。調査項目は、腰痛の有無、身体活動、座位時間、基本属性、健康状態、生活習慣、社会参加状況であった。国際標準化身体活動質問紙 (IPAQ) 短縮版を用い、身体活動は、週当たりの総身体活動時間を算出し、<150分/週 (低身体活動群)、150~299分/週 (中身体活動群)、≥ 300分/週 (高身体活動群) の3群に分けた。座位時間は、< 480分/日 (短座位時間群)、≥ 480分/日 (長座位時間群) の2群に分けた。解析は、腰痛の有無を従属変数、身体活動、座位時間を独立変数とし、その他の項目を調整変数とした多重ロジスティック回帰分析を年齢区分別、性別に行った。

結果 調査回答者は4877人 (回収率68.9%, 男性2217人, 女性2660人) であり、腰痛の有訴者1542人 (31.6%) のうち、男性は673人 (30.4%), 女性は869人 (32.7%) であった。また前期高齢者2557人のうち腰痛の有訴者は763人 (29.8%), 後期高齢者2320人のうち腰痛の有訴者は779人 (33.6%) であった。腰痛の有無と身体活動の関連について、前期高齢者では男女ともに有意な関連は認められなかった。後期高齢者において、男性では高身体活動群 (オッズ比: OR 0.66, 95% 信頼区間: CI 0.48-0.89), 女性で中身体活動群 (OR 0.69, 95%CI 0.48-0.99) と

高身体活動群 (OR 0.59, 95%CI 0.44-0.80) において、低身体活動群に比べて腰痛を有する者の割合が低い関係が認められた。座位時間についてはいずれにおいても腰痛の有無と関連が認められなかった。

結論 腰痛の有訴率は前期高齢者、後期高齢者とも性別にかかわらず3割程度であり、地域全体への腰痛予防介入が必要であることが示唆された。また、後期高齢者において、男女ともに身体活動が腰痛の有無と関連することが示唆されたが、座位時間の関連は認められなかった。

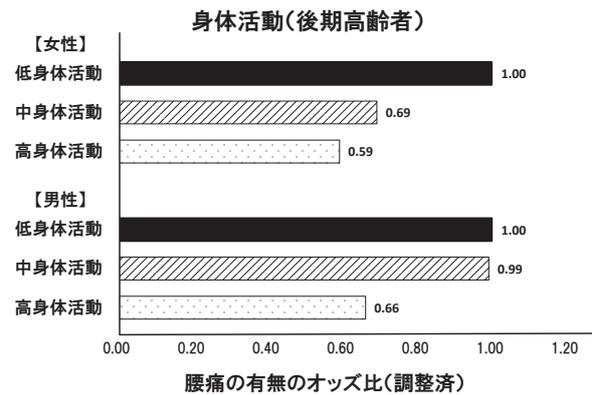


図 後期高齢者における身体活動水準と腰痛の有無の関係

執筆者によるコメント

これまで、高齢者における身体活動や座位時間と腰痛の有無との関連について、一貫した結果は示されていませんでした。

本研究では、身体活動、座位時間と腰痛の有無との関連を、年齢区分別に検討しました。その結果、後期高齢者にのみ身体活動と腰痛の有無との関連が認められ、前期高齢者と後期高齢者では異なる結果となりました。

本研究は地域在住の要介護認定を受けていない高齢者を対象として行った全数調査であり、腰痛に関連する要因を予測し、腰痛予防対策を検討するための資料になり得ると考えます。

論文紹介

子どもの血中脂質にとって最適な身体活動と座位行動は？

Kidokoro T, Kitano N, Imai N, Lang JJ, Tomkinson GR, Magnussen CG. Optimal domain-specific physical activity and sedentary behaviors for blood lipids among Japanese children: a compositional data analysis. *Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors*. 2023; 2: 20.

北濃成樹

背景 子どもの座位行動や身体活動と血中脂質の関連性については研究が進んでいるが、どのような場面の活動において本関連性が強調されるのかは依然として明らかでない。そこで本研究は、子どもを対象に学校内および学校外での身体活動や座位行動と血中脂質の横断的関連性を検討した。

方法 対象者は長野県佐久市の小学4年生と6年生の284人（男子147人、女子137人）であった。身体活動と座位行動の時間は3軸加速度計で測定し、就床時間は自記式調査票で評価した。対象となった小学校のカリキュラムに基づき、学校内（8:20～16:00）と学校外（それ以外の時間）の行動に分類した。血中脂質の指標には、HDL-C、LDL-C、non-HDL-C、中性脂肪を用いた。分析には、年齢、body mass index、別の活動場面における身体活動と座位行動で調整したロバスト分散推定に基づくcompositional linear regressionならびにcompositional isothermal substitutionを用いた。

結果 学校外の時間において、他の行動時間を減らして高強度身体活動に充てることは、男子ではLDL-C、non-HDL-C、中性脂肪の低下と関連し、女子では中性脂肪やHDL-Cの良好な変化と関連した。例えば、男子では学校外の座位行動を1分減らし高強度身体活動に充てると、中性脂肪が0.04 mmol/L減少すると推定された。女子では、学校外の座位行動や低強度身体活動を1分減らし、高強度身体活動に充てるとHDL-Cが0.02 mmol/L上昇すると推定された。一方、低強度・中強度身体活動や学校内での身体活動が良好な血中脂質と関連するという強いエビデンスは得られなかった。

結論 本研究は、学校内ではなく学校外の場面で、座位行動や強度の低い身体活動の時間を減らし、代わりに高強度身体活動を行うことが子どもの血中脂質プロファイルを適切に管理するための効果的なアプローチである可能性を示唆している。

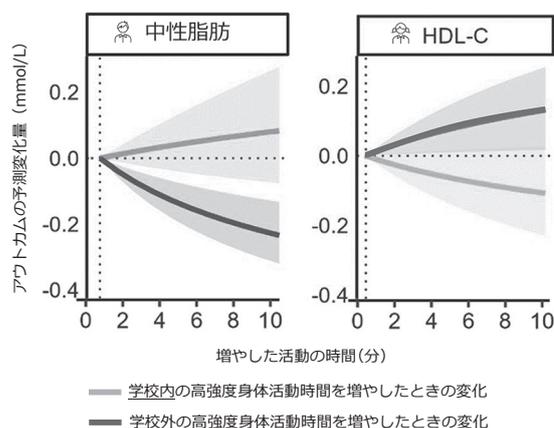


図 座位行動時間を減らして、代わりに高強度身体活動を増やした際の、血中脂質プロファイルの予測変化量
左図は男子における中性脂肪の予測変化量を示し、右図は女子におけるHDL-Cの予測変化量を示す。分析は、共変量に年齢、学校での身体活動・座位行動時間、body mass indexで調整したモデルを使用した。

執筆者によるコメント

近年、成人では身体活動の健康影響が、活動を行う場面（余暇か仕事か）によって異なる可能性があることがわかってきました。しかし、子どもでもこうした現象が起きるのかはよくわかっていません。そのようななか、小学生の血中脂質の管理に重要なのは、学校内ではなく学校外での高強度の活動であることを明らかにした本研究には一定の価値があると考えています。

論文紹介

事業場における身体活動促進事業と組織要因に関する横断研究

川又華代, 金森 悟, 甲斐裕子, 楠本真理, 佐藤さとみ, 陣内裕成. 事業場における身体活動促進事業と組織要因に関する横断研究. 産業衛生学雑誌. 2023; 65(5): 260-7.

甲斐裕子

背景 働く世代の身体活動促進には、職場（事業場）での支援が必要である。職場における介入によって、従業員の身体活動量が増えたという学術研究も報告されている。しかし、実社会の事業場では身体活動促進事業は十分に行われておらず、「エビデンス・プラクティスギャップ」がある。そこで本研究では、事業場での身体活動促進事業を推進する手がかりを得るために、身体活動促進事業に関連する組織要因を明らかにすることとした。

方法 まず事業場の健康管理担当者18人に半構造化面接を行い、身体活動促進事業の組織要因29項目を特定し、実装研究のためのフレームワークCFIR (the Consolidated Framework for Implementation Research) に沿って概念整理を行った。次に全国の上場企業（従業員数50人以上）3266社を対象に、郵送調査を行った。目的変数を身体活動促進事業の有無、説明変数を組織要因該当総数の各四分位群（Q1～Q4）、共変数を事業場の基本属性とした多重ロジスティック回帰分析を行った。各組織要因の該当率と身体活動促進事業の有無との関連についても多重ロジスティック回帰分析を行った。

結果 解析対象となった事業所は301社であり、98社（32.6%）が身体活動促進事業を行っていた。Q1を基準とした各群の身体活動促進事業の調整オッズ比は、Q2で1.88、Q3で3.38、Q4で29.69であった（傾向 P 値 $<.001$ ）。各組織要因と身体活動促進事業との関連については、CFIRの構成概念のうち「内的セッティング」に高オッズ比の項目が多く、上位から「身体活動促進事業の前例がある」12.5、「健康管理部門の予算がある」10.4、「健康管理部門責任者の理解」8.4、「職場管理者の理解」7.6、「従業

員からの要望」7.3であった。

結論 組織要因該当数と身体活動促進事業の有無に量反応関連が認められ、組織要因の拡充が身体活動促進事業につながる可能性が示唆された。組織要因のなかでも特に、社内の風土づくりや関係者の理解の促進が有用であると推察された。

表 身体活動促進事業と組織要因該当数との関連

身体活動促進事業 に関連する組織要 因29項目の該当数 の四分位 (該当数)	事業所数 n	身体活動促進事業 実施事業場数		オッズ比	95%信頼区間
		数	(%)		
Q1 (0-5)	74	6	(8.1)	1.00	
Q2 (6-9)	71	11	(15.5)	1.88	(0.62-5.70)
Q3 (10-14)	80	22	(27.5)	3.38	(1.21-9.43)
Q4 (15-29)	76	59	(77.6)	29.69	(9.95-88.59)

調整変数：従業員規模、業種分類、勤務形態、作業形態、産業保健スタッフ構成、通勤手段

執筆者によるコメント

質的研究（インタビュー）と量的研究（全国調査）を組み合わせた「混合研究法」による、非常に手間のかかった貴重な論文です。事業所で身体活動促進事業ができない理由として「忙しい」という声をよく聞きますが、意外なことに組織要因として「時間的余裕」の順位は高くありませんでした。本研究から、事業所で身体活動促進事業を推進するには、トップダウンとボトムアップで「優先順位」を上げることが必要と推察されました。

70th American College of Sports Medicine (ACSM) Annual Meeting に参加して

須藤みず紀¹⁾

■はじめに

2023年5月30日から6月3日にアメリカ・デンバーにて開催された第70回アメリカスポーツ医学会（American College of Sports Medicine: ACSM）年次大会に参加し、研究成果を発表するとともに情報収集を行った。本レポートでは、今大会参加によって得られた成果について報告する。

■大会概要

アメリカスポーツ医学会は、スポーツに関するサイエンスの発展と健康増進の双方をもたらすことを目的とした国際的に認知された学会の1つである。毎年行われるACSM年次大会は、世界中から6000人以上の参加者が集まり、スポーツ科学分野で最大の学会の1つとなっている。2023年の大会は、コロラド州デンバーで行われ、コロナ禍以前と同等の規模で開催された。プログラムには運動生理学、脳科学、運動疫学、スポーツ医学など広範な分野からのディスカッションが含まれ、基調講演やシンポジウムなどが200時間以上にわたり開催された。



会場に設置されたオブジェ

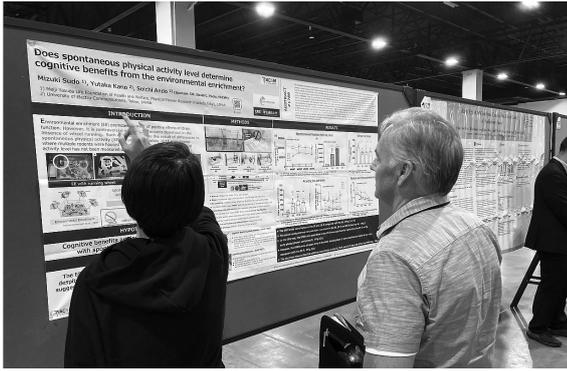
■研究発表

本大会では、“自発性の身体活動レベルが豊かな環境における認知機能にもたらす影響（Dose spontaneous physical activity level determine cognitive benefits from the environmental enrichment?）”についてポスター発表にて報告した。この研究では、動物モデルを対象に、自発的な身体活動を促す「豊かな環境」における飼育が、脳の機能にもたらす影響について検証した。近年、健康増進への意識が高まっており、身体活動が健康をもたらすことは、多くの人が認識している。その一方で、身体活動量の増加が自分自身の「どこ」を「どのように」変化させることで健康増進につながるのか、という疑問に対する答えは見つかっていない。「健康寿命の延伸」「人生

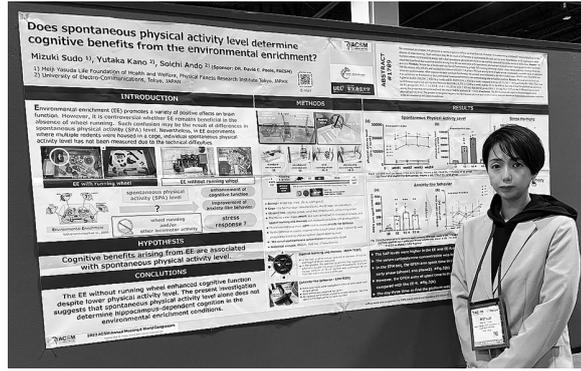


会場となったコンベンションセンターの有名な「ブルーベア」

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.



ポスター発表の様子



ポスター発表の様子

100年時代」が謳われている昨今、「何をターゲットとして健康を目指すか？」は、個々人の重要なテーマといえる。

その解決策の1つとなるのが、身体活動と脳機能に着目した本研究成果であると考えられる。研究の詳細については、これまでの発表論文等をご参考にさせていただければ幸いであるが、本研究の最も興味深い点は、遊具を設置した「豊かな環境」における飼育により、身体活動量の増加を伴わずに



シンポジウム会場

脳の機能（空間記憶学習能力と情動）が向上する可能性を見いだした点である。この結果については、今後、十分な追加検証と議論が必要ではあるが、脳機能の維持には、身体活動の量だけでなく、こまめに活動することでも効果が得られることが期待できる。これは、長寿社会へ進む現代において、脳の健康を保つ戦略構築に重要かつ具体的な科学的知見となるだろう。

■おわりに

本大会は、現代の健康科学において不可欠な知見を提供する機会となった。研究者たちの発言からは、科学的な知見の迅速な蓄積は急務であり、分野横断的なアプローチが未来の健康科学の発展に寄与するという可能性が感じられた。進行中の研究も、身体活動と脳機能の関連性について新しい知見を提供しており、国境を越え学会等を介した協力と丁寧な議論が不可欠であることを痛感した。この学会を通じて、健康増進に向けた科学的な視点が更に強化され、将来の健康に対する理解を深めることができた。これを機に、社会への貢献に向けての研究成果を創出していくための意欲を新たにした。次回の「ACSM 2024」は、ボストンにて2024年5月末に開催予定である。

2023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：働く世代の健康づくりに関する研究
 - ・身体活動と座位行動の健康影響の解明
 - ・勤労者の身体活動促進および健康支援法の開発
 - ・健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した包括的研究
 - (2) 地域プロジェクト研究：社会的成果をもたらす集団戦略的健康づくり方法の開発
 - ・アウトリーチ型の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：身体活動による脳・筋における健康効果のメカニズム解明
 - ・身体活動による脳の健康を保つための要因の解明
 - ・脳の健康を保つための運動機構の解明
 - ・身体活動・運動が高齢者の認知機能に与える影響とその脳内機構の解明
- 2 その他の活動**
- (1) 「体力研究」121号刊行（令和5年5月31日）
 - (2) ホームページ運営

II 研究啓発活動

- 1 講演および講義** 対象：自治体，非営利法人，民間企業，大学等
- 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39回若手研究者のための健康科学研究助成公募
(令和5年6月1日～8月24日)
- 2 贈呈式開催** 第39回若手研究者のための健康科学研究助成 贈呈式開催
(令和6年1月12日)
- 3 成果報告書刊行** 「第37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5年7月1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39回（2023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 V	第40回（2024年度）若手研究者のための健康科学研究助成応募要項

Appendix I

研究業績一覧

1 総説

- (1) 川上諒子, 藤井悠也, 北濃成樹, 和田 彩, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 職場での運動実践への時間投資: 事例と文献のナラティブレビュー. 体力研究. 2023 May; 121: 1-10.

2 原著論文

- (1) Asano Y, Nagata K, Shibuya K, Fujii Y, Kitano N, Okura T. Association of 24-h movement behaviors with phase angle in community-dwelling older adults: a compositional data analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2023 Jul; 35 (7): 1469-1476.
- (2) Jindo T, Kitano N, Nagata K, Nakahara-Gondoh Y, Suzukawa K, Nagamatsu T. Correlates of early attrition from school sports clubs in male senior high school students: a 2.4-year follow-up study. *Frontiers in Sports and Active Living, section Sport Psychology*. 2023 Aug; 5: 1203113.
- (3) Sudo M, Kano Y, Ando S. The effects of environmental enrichment on voluntary physical activity and muscle mass gain in growing rats. *Frontiers in Physiology*. 2023 Sep; 14: 1265871.
- (4) Yamada Y, Yoshida T, Murakami H, Gando Y, Kawakami R, Ohno H, Tanisawa K, Konishi K, Tripette J, Kondo E, Nakagata T, Nanri H, Miyachi M. Body cell mass to fat-free mass ratio and extra- to intracellular water ratio are related to maximal oxygen uptake. *The Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. 2023 Oct; 78 (10): 1778-1784.
- (5) Kidokoro T, Kitano N, Imai N, Lang JJ, Tomkinson GR, Magnussen CG. Optimal domain-specific physical activity and sedentary behaviors for blood lipids among Japanese children: a compositional data analysis. *Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors*. 2023 Oct; 2: 20.
- (6) 中原雄一, 神藤隆志, 北濃成樹, 永田康喜, 植木貴頼, 具志堅武, 永松俊哉, 鈴川一宏. 男子高校生の1年次初期段階におけるスポーツクラブ活動状況と身体組成および体力の関連: 中学時代の活動状況を考慮した検討. *運動とスポーツの科学*. 2023 Oct; 29 (1): 1-7.
- (7) 中村睦美, 佐藤慎一郎, 根本裕太, 山田卓也, 武田典子, 丸尾和司, 福田吉治, 北畠義典, 荒尾 孝. 地域在住高齢者における腰痛と身体活動, 座位時間との関連: 横断研究. *日本公衆衛生雑誌*. 2023 Oct; 70 (10): 690-698.
- (8) Murata H, Zhang Q, Ito T, Kawakami R, Sakamoto S, Torii S, Shibata S, Tanisawa K, Higuchi M. The combined effect of rowing exercise and the intake of functional foods containing inulin on muscle mass and bone mineral density in older Japanese women. *Geriatrics & Gerontology International*. 2023 Nov; 23 (11): 779-787.
- (9) Wada A, Nakamura Y, Kawajiri M, Takeishi Y, Yoshida M, Yoshizawa T. Feasibility and usability of the job adjustment mobile app for pregnant women: longitudinal observational study. *JMIR Formative Research*. 2023 Nov; 7: e48637.
- (10) Takeda R, Tabuchi A, Nonaka Y, Kano R, Sudo M, Kano Y, Hoshino D. Cmah deficiency blunts cellular senescence in adipose tissues and improves whole-body glucose metabolism in aged mice. *Geriatrics & Gerontology International*. 2023 Dec; 23 (12): 958-964.
- (11) Kawamura T, Radak Z, Tabata H, Akiyama H, Nakamura N, Kawakami R, Ito T, Usui C, Jokai M, Torma F, Kim HK, Miyachi M, Torii S, Suzuki K, Ishii K, Sakamoto S, Oka K, Higuchi M, Muraoka I, McGreevy KM, Horvath S, Tanisawa K. Associations between cardiorespiratory fitness and lifestyle-related factors with DNA methylation-based ageing clocks in older men: WASEDA'S Health Study. *Aging Cell*. 2024 Jan; 23 (1): e13960.

- (12) Suwabe K, Kuwamizu R, Hyodo K, Yoshikawa T, Otsuki T, Zempo-Miyaki A, Yassa MA, Soya H. Improvement of mnemonic discrimination with acute light exercise is mediated by pupil-linked arousal in healthy older adults. *Neurobiology of Aging*. 2024 Jan; 133: 107-114.
- (13) Kanamori S, Tabuchi T, Kai Y. Association between the telecommuting environment and somatic symptoms among teleworkers in Japan. *Journal of Occupational Health*. 2024 Jan; 66(1): uiad014.
- (14) Ishihara T, Hashimoto S, Tamba N, Hyodo K, Matsuda T, Takagishi H. The links between physical activity and prosocial behavior: an fNIRS hyperscanning study. *Cerebral Cortex*. 2024 Jan; 34(2): bhad509.
- (15) Ando S, Fujimoto T, Sudo M, Watanuki S, Hiraoka K, Takeda K, Takagi Y, Kitajima D, Mochizuki K, Matsuura K, Katagiri Y, Nasir FM, Lin Y, Fujibayashi M, Costello JT, McMorris T, Ishikawa Y, Funaki Y, Furumoto S, Watabe H, Tashiro M. The neuromodulatory role of dopamine in improved reaction time by acute cardiovascular exercise. *The Journal of Physiology*. 2024 Feb; 602(3): 461-484.
- (16) Byun K, Hyodo K, Suwabe K, Fukuie T, Ha MS, Damrongthai C, Kuwamizu R, Koizumi H, Yassa MA, Soya H. Mild exercise improves executive function with increasing neural efficiency in the prefrontal cortex of older adults. *GeroScience*. 2024 Feb; 46(1): 309-325.
- (17) Fujii Y, Kitano N, Kai Y, Jindo T, Arai T. Changes in accelerometer-measured physical activity and sedentary behavior from before to after COVID-19 outbreak in workers. *Journal of Epidemiology*. 2024; 34(5):247-253.

3 その他の学術論文

- (1) 北濃成樹, 甲斐裕子, 神藤隆志, 荒尾 孝. 加速度計で調査したオフィスワーカーの身体活動および座位行動：一企業の悉皆調査の結果. *運動疫学研究*. 2022; 24(2): 124-125.
- (2) 北濃成樹, 神藤隆志, 角田憲治, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 質問紙で調査した首都圏在住成人の身体活動と座位行動：MYLSスタディ. *運動疫学研究*. 2022; 24(2): 126-127.
- (3) 兵頭和樹. 身体活動・運動による認知機能の改善効果. *体育の科学*. 2023 May; 73(5): 339-343.
- (4) 野田隆行, 渡邊裕也, 兵頭和樹, 川上諒子, 山口大輔, 西田純世, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 自治体と研究機関が共働で行う地域支援活動. *体力研究*. 2023 May; 121: 11-17.
- (5) 甲斐裕子. 職域での身体活動を高める環境づくり. *健康づくり*. 2024 Jan; 549: 10-13.
- (6) 佐藤文音, 北濃成樹, 藤井悠也, 大藏倫博. 茨城県笠間市における運動サークルの普及事業の評価：PAIREMを用いた検討. *運動疫学研究* (in press).
- (7) 神藤隆志, 北濃成樹, 永田康喜, 中原(権藤)雄一, 鈴川一宏, 永松俊哉. 質問紙で調査した福岡県の私立男子高校生の身体活動. *運動疫学研究* (in press).

4 著書

- (1) 藤井悠也. 短期間のピラティス実践が中高年女性の身体組成および身体機能に与える影響. 高田香代子 (編著). *健康増進のためのピラティス 成果を導く実践的プログラミング*. 文光堂. 2023; 116-120.
- (2) 藤井悠也. 中高年女性への認知機能への効果. 高田香代子 (編著). *健康増進のためのピラティス 成果を導く実践的プログラミング*. 文光堂. 2023; 121-124.

5 報告書等

- (1) 甲斐裕子, 吉葉かおり, 村松祐子. テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究. 令和4年度厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」総括研究報告書. 2023
- (2) 甲斐裕子, 金森 悟, 和田 彩, 吉葉かおり, 村松祐子. 全国上場企業におけるテレワークの実施状況と健康管理状況. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (3) 金森 悟, 田淵貴大, 甲斐裕子. 就労者の属性別のテレワーク実施状況:記述疫学研究. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (4) 北濃成樹, 藤井悠也, 甲斐裕子. 在宅勤務の頻度と身体活動・座位行動ならびに心血管代謝系の健康の関連性:MYLSスタディ[®]のデータを用いた記述疫学的研究. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (5) 渡邊裕也, 菊池宏幸, 町田征己, 野田隆行, 吉葉かおり, 甲斐裕子. 勤労者のテレワーク頻度と身体組成, 体力, 関節の痛み, 身体活動量の関連. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (6) 福田 洋, 金森 悟, 甲斐裕子. テレワーク導入に伴う産業保健活動への影響と身体活動を促す良好実践の収集. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (7) 金森 悟, 田淵貴大, 甲斐裕子. 在宅テレワーカーにおける属性別の在宅勤務環境の充足状況:記述疫学研究. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (8) 金森 悟, 田淵貴大, 甲斐裕子. 在宅テレワーカーの在宅勤務環境と身体症状の関連. 令和4年度厚生労働科学研究費(労働安全衛生総合研究事業)「テレワークの常態化による労働者の筋骨格系への影響や生活習慣病との関連性を踏まえた具体的方策に資する研究(研究代表者:甲斐裕子)」分担研究報告書. 2023
- (9) 甲斐裕子, 北濃成樹, 吉葉かおり, 村松祐子. 若年女性に着目した行動変容ステージ別の特性と客観的に評価された身体活動の分析. 令和4年度厚生労働科学研究費(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)「健康無関心層のセグメント化と効果的介入手法の検討:ライフステージに着目して(研究代表者:福田吉治)」分担研究報告書. 2023

6 学会発表(招待講演)

- (1) 甲斐裕子. ナッジを活用した行動変容の理論と実践:身体活動促進を事例に考える. シンポジウム「慢性疾患×行動経済学~ナッジを実装したケアを考える~」. 第14回日本プライマリ・ケア連合学会学術大会, 愛知. 2023年5月
- (2) 甲斐裕子. 身体活動の立場からみたナッジの強みと限界. シンポジウム「行動変容手法としてのナッジとインセンティブ~その強みと限界~」. 第31回日本健康教育学会学術大会, 東京. 2023年7月
- (3) 北濃成樹. Rで加速度計データを集計してみたら人生変わった話. 第8回運動と健康:分野横断型勉強会

- 「加速度計で身体活動を測ってみよう!」, 東京. 2023年9月
- (4) 兵頭和樹. シニア向けオンライン運動プログラムの実行可能性と効果検証. シンポジウム「運動・身体活動促進のエビデンス・プラクティスギャップに挑む—高齢者を対象に基礎研究から社会実装研究へ—」. 日本体力医学会特別大会—2023東京シンポジウム—, 東京. 2023年9月
- (5) 川上諒子. シニア向けオンライン運動プログラムの社会実装を目指して. シンポジウム「運動・身体活動促進のエビデンス・プラクティスギャップに挑む—高齢者を対象に基礎研究から社会実装研究へ—」. 日本体力医学会特別大会—2023東京シンポジウム—, 東京. 2023年9月
- (6) 中田由夫, 甲斐裕子, 笹井浩行, 松尾知明, 蘇 リナ, 辻本健彦, 水島諒子, 奥原 剛. 働く人が職場で活動的に過ごすためのポイント. シンポジウム「新たに公表される『健康づくりのための身体活動・座位行動指針』に関するインフォメーションシート」. 日本体力医学会特別大会—2023東京シンポジウム—, 東京. 2023年9月
- (7) 北濃成樹. ウェアラブルデバイスを使用した24時間の行動評価と健康との関連性. オーガナイズドセッション「ウェアラブルデバイスが拓く予防理学療法の新展開」. 第10回日本予防理学療法学会学術大会, 北海道. 2023年10月
- (8) 中田由夫, 甲斐裕子, 笹井浩行, 松尾知明, 蘇 リナ, 辻本健彦, 水島諒子, 奥原 剛. 働く人のためのアクティブガイド. シンポジウム「Occupational physical activity (OPA) の位置づけ」. 第34回日本臨床スポーツ医学会学術集会, 神奈川. 2023年11月
- (9) 甲斐裕子. 全国企業におけるテレワークの実態とその健康影響: テレワーカーの身体活動量を増やすには? ARIHHP Human High Performance Forum 2024, 茨城. 2024年2月

7 学会発表 (一般発表)

- (1) Sudo M, Kano Y, Ando S. Does spontaneous physical activity level determine cognitive benefits from the environmental enrichment? 2023 American College of Sports Medicine (ACSM) Annual Meeting & World Congresses, Denver. 2023 June
- (2) Ando S, Hashimoto Y, Asazumi T, Sato R, Kanbayashi S, Kano K, Ogawa M, Fujibayashi M, Sudo M, Okamoto T. The effects of electrical muscle stimulation training on quadriceps muscle strength and hypertrophy. 2023 American College of Sports Medicine (ACSM) Annual Meeting & World Congresses, Denver. 2023 June
- (3) 北濃成樹, 藤井悠也, 川上諒子, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 健康状態やwell-beingを最適化する1日の身体行動バランス: 組成データ解析に基づく横断研究. 第25回日本運動疫学会学術総会, 愛知. 2023年6月
- (4) 藤井悠也, 北濃成樹, 川上諒子, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 我が国の成人男女における筋力トレーニングの実施状況の推移~SSFスポーツライフ・データ2008-2022の2次分析~. 第25回日本運動疫学会学術総会, 愛知. 2023年6月
- (5) 川上諒子, 北濃成樹, 藤井悠也, 甲斐裕子, 荒尾 孝. スポーツ観戦と健康・well-beingの縦断的関連性~アウトカムワイドアプローチによる検討~. 第25回日本運動疫学会学術総会, 愛知. 2023年6月
- (6) Sudo M, Ando S. Effects of different environmental enrichment on spontaneous physical activity and spatial learning. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science, Paris. 2023 July
- (7) Kano K, Ishioka Y, Kanbayashi S, Costello JT, Sudo M, Ando S. Combined effects of electrical muscle stimulation and cycling exercise on cognitive performance. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science, Paris. 2023 July
- (8) Anjiki K, Ando S, Tomiga R, Kose Y, Fukuoka S, Sudo M, Yamada Y, Ebine N, Higaki Y, Tanaka H, Hatamoto Y. Effects of physical activity level on quadriceps femoris muscle and intramuscular adipose tissue in the elderly. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science,

Paris. 2023 July

- (9) Suwabe K, Hyodo K, Otsuki T. Development of bedtime stretching exercise program enhancing mood and cognitive function. 28th Annual Congress of the European College of Sport Science, Paris. 2023 July
- (10) Anjiki K, Ando S, Tomiga R, Ishimura K, Kose Y, Kano K, Sudo M, Yamada Y, Ebine N, Higaki Y, Tanaka H, Hatamoto Y. Effects of physical activity level and motor function on hippocampal volume in the older adults. XXIX Congress of International Society of Biomechanics, Fukuoka. 2023 August
- (11) Kano K, Akagi R, Hashimoto Y, Miyokawa Y, Shiozaki D, Yajima Y, Yamada K, Kanbayashi S, Anjiki K, Kanno I, Sudo M, Okamoto T, Ando S. Characteristic of thigh muscle hypertrophy induced by electrical muscle stimulation training. XXIX Congress of International Society of Biomechanics, Fukuoka. 2023 August
- (12) 神藤隆志, 北濃成樹, 永田康喜, 中原雄一, 具志堅武, 鈴木一宏, 永松俊哉. 男子高校生における運動部活動の早期離脱と学校生活ウェルビーイング, ストレス対処力の縦断的関連. 日本体育・スポーツ・健康学会第73回大会, 京都. 2023年8月
- (13) 木俣 健, 神藤隆志, 北濃成樹, 白石洋隆, 鈴木ひかり, 三橋大輔. テニスの試合におけるプレッシャー状況下でのショットの配球の変化~国内ランキングポイント対象の1大会における検討~. 日本体育・スポーツ・健康学会第73回大会, 京都. 2023年8月
- (14) 角田憲治, 永田康喜, 神藤隆志, 北濃成樹, 大藏倫博. 高齢者における継続的自転車利用と要介護化・死亡リスクとの縦断的関連: 二時点調査に基づく長期追跡研究. 日本体育・スポーツ・健康学会第73回大会, 京都. 2023年8月
- (15) 菅野 樹, 橋本佑斗, 安喰康太, 加納康裕, 小川まどか, 藤林真美, 須藤みず紀, 岡本孝信, 安藤創一. 骨格筋への電気刺激と抵抗性運動のトレーニングによる筋肥大特性. 第36回日本トレーニング科学学会大会, 静岡. 2023年10月
- (16) 寺田紘基, 橋本佑斗, 安喰康太, 加納康裕, 菅野 樹, 小川まどか, 藤林真美, 須藤みず紀, 岡本孝信, 安藤創一. 骨格筋への電気刺激が認知パフォーマンスに及ぼす影響. 第36回日本トレーニング科学学会大会, 静岡. 2023年10月
- (17) 甲斐裕子, 吉葉かおり, 村松(野口)祐子, 藤井悠也, 野田隆行, 高士直己, 神藤隆志, 城所哲宏, 矢島陽子, 春日潤子, 荒尾 孝. 第1報 官民連携による社会的処方アウトリーチした住民の特徴: Y-Link Project. 第82回日本公衆衛生学会総会, 茨城. 2023年10月
- (18) 村松(野口)祐子, 甲斐裕子, 藤井悠也, 高士直己, 吉葉かおり, 野田隆行, 矢島陽子, 荒尾 孝. 第2報 社会的処方に取組む民間企業職員の認識が活動実施に与える影響: Y-Link Project. 第82回日本公衆衛生学会総会, 茨城. 2023年10月
- (19) 吉葉かおり, 甲斐裕子, 藤井悠也, 村松(野口)祐子, 野田隆行, 神藤隆志, 城所哲宏, 高士直己, 矢島陽子, 春日潤子, 荒尾 孝. 第3報 官民連携事業において必要な社会実装戦略とは?: Y-Link Project. 第82回日本公衆衛生学会総会, 茨城. 2023年10月
- (20) 西村 生, 永田康喜, 藤井悠也, 井上大樹, 大藏倫博. 地域在住高齢者における自覚的音声障害と余暇活動の関連. 第82回日本公衆衛生学会総会, 茨城. 2023年11月
- (21) 須藤みず紀. 脳機能と骨格筋の研究にご興味ありませんか? 第35回呼吸研究会, 東京. 2023年11月
- (22) 甲斐裕子. 在宅テレワーカーに身体活動や作業環境改善を促すには? 第295回産業保健研究会, 東京. 2023年12月
- (23) Hyodo K, Yamaguchi D, Yamazaki Y, Kuwamizu R, Soya H, Arao T. The effect of 3 months of web-based light-intensity aerobic exercise program on hair cortisol concentrations in older adults. ARIHHP Human High Performance Forum 2024, Ibaraki. 2024 February

8 その他の業績（研究費の取得）

- (1) 山口大輔. 運動に伴う感情喚起メカニズムの解明—運動主体感からのアプローチ—（2023年度パブリックヘルス科学研究助成事業）. 令和5年度
- (2) 須藤みず紀. 自発性の身体活動の行動パターンが導く脳機能向上機構の解明：エピジェネティクス機構に着目して（令和5年度（第36回）中富健康科学振興財団研究助成）. 令和6年度
- (3) 和田 彩. 妊婦における身体活動健康パラドックスの解明—安心安全に働くための指針提言に向けて—（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6～9年度
- (4) 藤井悠也. 筋力トレーニングの疫学：生活習慣病予防に至適な強度・実施量の解明（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6～9年度

Appendix II

健康啓発活動業績一覧

1 講演および講義

- (1) 運動習慣化のコツ～やる気に頼らず生涯健康に～. 運動に関する基調講話. 税務大学校東京研修所. 2023年4月 (対象: 税務大学校研修生)
- (2) 「しっかり」「おいしく」が元気の秘訣～改めて考える, 毎日の食事の大切さ～. 食事に関する基調講話. サンビナス立川. 2023年5月 (対象: サンビナス立川入居者)
- (3) 行動科学理論を活かした健康支援. 第1回健康づくり推進スタッフ養成研修. 中央労働災害防止協会. 2023年6月 (対象: 保健師, 看護師, 管理栄養士)
- (4) 働く世代の健康づくりとナッジの活用. ヘルスケア関連サービス参入研修会. 北海道経済部産業振興局. 2023年8月 (対象: 企業担当者)
- (5) 行動科学理論を活かした健康支援. 第2回健康づくり推進スタッフ養成研修. 中央労働災害防止協会. 2023年8月 (対象: 保健師, 看護師, 管理栄養士)
- (6) 働く人のための運動実践. 2023年度第4回健康経営実践勉強会. 健康経営会議実行委員会. 2023年9月 (対象: 企業担当者)
- (7) 運動指導における社会的つながりの重要性. 令和5年度健康運動指導士更新必修講座. 公益財団法人健康・体力づくり事業財団. 2023年9月 (対象: 健康運動指導士)
- (8) 血糖コントロール成功への道—あなただけの目標を設定しよう!—. 港南区重症化予防教室. 横浜市港南区福祉保健センター. 2023年9月 (対象: 一般住民)
- (9) 企業で「スポーツ」を取り入れることによる効果. 令和5年度「Sport in Life推進プロジェクト」オンライン交流会. スポーツ庁. 2023年9月 (対象: 企業担当者)
- (10) 血糖コントロール成功への道—あなただけの目標を設定しよう!—. 港南区重症化予防教室. 横浜市港南区福祉保健センター. 2023年10月 (対象: 一般住民)
- (11) 座りすぎの健康影響と対策. 令和5年度健康・メンタルヘルス研修. 中央労働災害防止協会. 2024年1月 (対象: 中央労働災害防止協会職員)
- (12) 健康経営のヒント. 港南区健康経営セミナー. 横浜市港南区福祉保健センター. 2024年1月 (対象: 企業担当者)
- (13) 行動科学理論を活かした健康支援. 第4回健康づくり推進スタッフ養成研修. 中央労働災害防止協会. 2024年2月 (対象: 保健師, 看護師, 管理栄養士)
- (14) 運動指導における社会的つながりの重要性. 令和5年度健康運動指導士更新必修講座. 公益財団法人健康・体力づくり事業財団. 2024年3月 (対象: 健康運動指導士)

2 メディア掲載

- (1) Yahoo! ニュース, Livedoorほか: プレスリリース「テレワークと出勤のハイブリッド勤務が広がるも, 企業におけるテレワークに対応した健康管理に課題—厚生労働科学研究班による全国上場企業への調査結果まとめ—」に関する内容. 2023年8月
- (2) FNN Live News α: 健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した研究に関する内容. 2023年8月
- (3) 日本経済新聞: 健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した研究に関する内容. 2023年8月
- (4) 西日本新聞: 健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した研究に関する内容. 2023年8月
- (5) LINEニュース, BIGLOBEニュースほか: プレスリリース「男子高校生の学校運動部退部に関連する要因とは?—2年5か月の追跡調査に基づく国内初の知見—」に関する内容. 2023年9月
- (6) 読売新聞オンライン, Newsweekほか: プレスリリース「コロナ禍により首都圏在住勤労者の身体活動が1日10分減少—国内初の活動量計データに基づく知見—」に関する内容. 2023年9月

-
- (7) Yahoo! ニュース：身体活動・座位行動の健康影響に関する研究成果. 2023年 9月
 - (8) 教育新聞：青年期の運動・スポーツ活動と心身の発達に関する研究成果. 2023年 9月
 - (9) 労働新聞社「安全スタッフ」：「座りすぎ」防止に対する事業団の取り組みに関する内容. 2023年10月
 - (10) 法研「へるすあっぷ21」：職域における身体活動促進に関する研究成果. 2023年10月
 - (11) 労働新聞社：健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した研究に関する内容. 2023年10月
 - (12) Livedoor, ニコニコニュースほか：プレスリリース「国内の身体活動・スポーツ実施状況に関する共同研究を開始—活動量計を用いて三大都市圏で調査実施—」に関する内容. 2023年10月
 - (13) Newsweek, @niftyニュースほか：プレスリリース「自発的な身体活動により、骨格筋が肥大することを確認—豊かな環境が動物モデルに与える影響を検証—」に関する内容. 2023年10月
 - (14) 法研「へるすあっぷ21」：健康で安全なテレワークの社会への普及を目指した研究に関する内容. 2023年11月
 - (15) スポーツ産業新報：プレスリリース「国内の身体活動・スポーツ実施状況に関する共同研究を開始—活動量計を用いて三大都市圏で調査実施—」に関する内容. 2023年11月
 - (16) Mirage News, Science Dailyほか：運動中の認知パフォーマンス向上とドーパミンの関係に関する研究成果. 2024年 1月
 - (17) 茨城新聞：第39回若手研究者のための健康科学研究助成に関する内容. 2024年 1月
 - (18) 山口新聞：第39回若手研究者のための健康科学研究助成に関する内容. 2024年 1月
 - (19) ティーペック株式会社「Cept」：「座りすぎ」に関する研究成果. 2024年 1月
 - (20) 金融経済新聞：第39回若手研究者のための健康科学研究助成に関する内容. 2024年 1月
 - (21) 保険毎日新聞：第39回若手研究者のための健康科学研究助成に関する内容. 2024年 2月
 - (22) @niftyニュース, Livedoorほか：プレスリリース「厚労省『身体活動量の新たな基準』での達成率は49.5%（速報）—活動量計を用いた三大都市圏での成人調査は初—」に関する内容. 2024年 3月

Appendix III

第39回(2023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 (1件, 300万円を助成)

(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
吉田 司	医薬基盤・健康・栄養研究所 国立健康・栄養研究所	地域での継続につながった介護予防介入研究のプログラム検証

b. 一般課題 (12件, 一律100万円を助成)

氏名	所属	研究テーマ
浅原 亮太	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	一過性の有酸素運動が脳・認知機能に与える効果と加齢・性差の及ぼす影響
池田 陽介	愛媛大学医学部附属病院 糖尿病内科	2型糖尿病原因遺伝子レジスチンSNPを標的としたサルコペニア肥満予備群の早期抽出と個別化予防戦略
江島 弘晃	長崎国際大学 人間社会学部	不活動がもたらす不安・記憶障害における過酸化脂質制御の役割解明
大藪 葵	京都府立大学大学院 生命環境科学研究科	運動マウス由来の血漿投与は、筋萎縮モデルマウスの筋量や筋機能を改善するか？ —筋萎縮抑制効果をもつエクサカインの探索と、血液伝播を介した運動による筋萎縮抑制効果の検証—
越智 元太	新潟医療福祉大学 健康科学部	運動による実行機能低下の神経機構の解明 —脳内乳酸濃度の役割—
喜屋武 享	京都大学大学院 医学研究科	包括的学校身体活動介入による青少年の心身の健康に対する効果検証
小林 天美	ハーバード大学 医学部	運動による認知症発症予防効果に関わるミトコンドリア機能調節因子と機序の解明
鄭 仁赫	東京大学 総合文化研究科	高齢者の認知機能の向上・うつ病予防を目指したeスポーツにおける新しいトレーニング方法の開発
竹中 悠真	神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究科	運動イメージの客観的評価法の確立と新規運動イメージ介入法の効果検証
三浦 征	福岡大学 スポーツ科学部	エネルギー摂取量の増加が筋肥大を誘導するメカニズムの解明 —臓器連関の視点からの解析—
柳岡 拓磨	広島大学 人間社会科学部	レジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックは、若年者・高齢者の生活習慣病リスクを低下させるか？
山下 真里	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	介護予防のための集団認知行動療法を応用した運動プログラムの開発 —予備的ランダム化比較試験—

Appendix IV 研究助成受贈者の論文紹介

自己申告データに基づく食事摂取量のバイアスとバイアス除去手法の定量的評価

Yamamoto N, Ejima K, Zoh RS, Brown AW. Bias in nutrition-health associations is not eliminated by excluding extreme reporters in empirical or simulation studies. *eLife*. 2023; 12: e83616.

江島啓介 (南洋理工大学, 第36回受贈者)

栄養疫学では、栄養摂取量 (NI) の計測値として広く自己申告データが用いられているが、自己申告データはバイアスを受ける。そこで、バイアス除去の手法としてしばしば用いられるGoldberg cutoffを用いて、さまざまなNIの真の値 (バイオマーカーで計測される) と比較して、信頼できない自己申告NIデータを除去することで、バイアスを低減・除去できるかどうかを検討した。IDATA (the Interactive Diet and Activity Tracking in the American Association of Retired Persons) のデータを用いたところ、Goldberg cutoffによりNIのバイアスを除去できた。NIと健康アウトカムの相関を推定したが、サンプルが小さいためバイアス低減を評価するには不十分であった。そこで、実際のデータに基づくシミュレーションを行った。シミュレーションでは、栄養-アウトカムの24組中14組において、Goldberg cutoffにより有意にバイアスが減少したが、完全には除去されなかった。また残りのケースではバイアスは減少しなかった。95%カバレッジ確率は、ほとんどのケースでGoldberg cutoffを適用することにより改善されたが、バイオマーカーデータと比較すると劣る結果となった。Goldberg cutoffは、NIの平均値の推定のバイアスを除去する可能性があるが、NIとアウトカムの相関の推定におけるバイアスは必ずしも減少または除去されるとは限らない。したがって、Goldberg cutoffを使用するかどうかは研究の目的に基づいて決定されるべきである。

超低強度運動中の瞳孔動態は前頭前野機能向上効果を予測する

Kuwamizu R, Yamazaki Y, Aoike N, Hiraga T, Hata T, Yassa MA, Soya H. Pupil dynamics during very light exercise predict benefits to prefrontal cognition. *NeuroImage*. 2023; 277: 120244.

桑水隆多 (筑波大学大学院 人間総合科学学術院, 第37回受贈者)

運動は超低強度でも背外側前頭前野 (DLPFC) の活動性を高め実行機能を向上させる。しかし、運動の実施中にヒトの脳内でどのような活動が起こり実行機能の促進につながるかは、技術的な限界もあり不明な点が多い。近年、瞳孔の拡大・縮小は、脳内ノルアドレナリン神経を中心とした覚醒神経活動と密接に関係するとして注目を集めている。瞳孔は全身性の有酸素運動の最中にも測定可能であり、既に超低強度運動中に瞳孔拡大が起こり (Kuwamizu et al., 2022)、青斑核の活動を反映することを明らかにした (Yamazaki et al., 2023)。そこで本研究は、超低強度運動中の瞳孔動態が運動後に前頭前野でみられる実行機能の促進効果を予測できるかどうかを検証した。健常若齢成人 (最終解析24名) を対象に10分間の超低強度自転車漕ぎ運動 ($30\dot{V}O_{2peak}$) および座位安静を比較した。その結果、超低強度運動中には顕著な瞳孔の拡大がみられ、その拡大の大きさが運動した後にみられた実行機能の促進を予測することが明らかとなった。更に機能的近赤外分光分析法を用いて前頭前野活動を調べたところ、運動後には実行機能にかかわる左DLPFCの活動性が高まっていた。この知見は、超低強度運動が前頭前野の実行機能を高める神経基盤として、瞳孔拡大から予測される青斑核由来覚醒神経回路の活性化があることを示唆している。瞳孔は非接触・非侵襲で計測可能であることから、この成果は、瞳孔径の評価が運動による脳機能促進効果を占う新たなバイオマーカーとなりうることを示唆している。

Appendix V

公益財団法人 明治安田厚生事業団
第40回 若手研究者のための健康科学研究助成
応募資格を変更しました

研究テーマ

- a. 指定課題：健康増進のための実装研究
エビデンスに基づく健康増進策を社会に普及・定着させる方法の開発と評価を行う「社会実装型」の研究
- b. 一般課題：健康増進に寄与する学術研究
※いずれか1件のみ応募可

助成の金額

- 総額1,500万円
- a. 指定課題（1件以内）：1件につき300万円
- b. 一般課題（12件以内）：1件につき100万円

助成の期間

2年間

応募資格

- ・健康科学研究に従事し、修士以上の学位を有する方（医学・歯学の学士などを含む）、かつ所属長または指導教官の推薦を受けた方
- ・指定課題：50歳未満の方^{*}、ただし第38回、第39回の受贈者は除く
- ・一般課題：40歳未満の方^{*}、ただし当該研究助成の既受贈者は除く（第39回までの受贈者は応募不可）

※2024年7月1日（応募開始）時点の年齢

応募締切

2024年9月26日（木）必着

主 催：公益財団法人 明治安田厚生事業団

後 援：日本体力医学会
明治安田生命保険相互会社

選 考 委 員：委員長 井澤鉄也（同志社大学大学院 スポーツ健康科学研究科 教授）

a. 指定課題

- (敬称略・五十音順)
- 委 員 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）
- 委 員 小熊祐子（慶應義塾大学 スポーツ医学研究センター 教授）
- 委 員 川上憲人（東京大学大学院 医学系研究科 特任教授・
一般財団法人 涼風会 代表理事 理事長）
- 委 員 島津太一（国立がん研究センター がん対策研究所 行動科学研究部 室長）
- 委 員 中村陽一（立教大学 名誉教授・東京大学大学院 情報学環 特任教授）

b. 一般課題

- (敬称略・五十音順)
- 委 員 井澤鉄也（同志社大学大学院 スポーツ健康科学研究科 教授）
- 委 員 井上 茂（東京医科大学 公衆衛生学分野 主任教授）
- 委 員 北 一郎（東京都立大学 人間健康科学研究科 教授）
- 委 員 永松俊哉（山野美容芸術短期大学 美容総合学科 教授）
- 委 員 村岡慈歩（明星大学 教育学部 教授）

- 応募方法：申請書を研究助成ホームページからダウンロードして作成してください。
作成した「申請者情報ファイル（エクセル形式）」と「研究計画ファイル（ワード形式）」を事務局宛にメールでお送りください。
※パスワードが設定されたファイルや圧縮されたファイルは受理できません。
※応募申請書は、事前に当事業団ホームページ掲載の動画の内容を確認のうえ作成してください。

○申請書ダウンロード：https://www.my-zaidan.or.jp/josei/entry/

○申請書送付先メールアドレス：josei@my-zaidan.or.jp

○お問合せ：公益財団法人 明治安田厚生事業団 体力医学研究所 研究助成事務局

〒192-0001 東京都八王子市戸吹町150 TEL: 042-691-1163 FAX: 042-691-5559

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

2024年 5 月31日

発行者 生井俊夫
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 編集室かわかみ
印刷製本 亜細亜印刷株式会社

Bulletin of the Physical Fitness Research Institute

Number 122 May 2024

Secondary Publication

Changes in accelerometer-measured physical activity and sedentary behavior from before to after COVID-19 outbreak in workers—secondary publication in Japanese language of an original English article published in the Journal of Epidemiology

Fujii Y, Kitano N, Kai Y, Jindo T, and Arao T 1

Correlates of early attrition from school sports clubs in male senior high school students: a 2.4-year follow-up study—secondary publication in Japanese language of an original English article published in the Frontiers in Sports and Active Living, section Sport Psychology

Jindo T, Kitano N, Nagata K, Nakahara-Gondoh Y, Suzukawa K, and Nagamatsu T 17

Association between intensity or accumulating pattern of physical activity and executive function in community-dwelling older adults: a cross-sectional study with compositional data analysis—secondary publication in Japanese language of an original English article published in the Frontiers in Human Neuroscience

Hyodo K, Kitano N, Ueno A, Yamaguchi D, Watanabe Y, Noda T, Nishida S, Kai Y, and Arao T 28