

体力研究

体力医学研究所報告

BULLETIN OF THE PHYSICAL FITNESS RESEARCH INSTITUTE

原 著

女子野球選手のバットスイング速度に関連する体力要素

渡邊裕也, 来田宣幸, 甲斐義浩, 森原 徹 1

資 料

スマートテレビを活用した高齢者への健康支援に関する探索的検討

渡邊裕也, 野田隆行, 西田純世, 西川 敦, 工藤芳彰, 兵頭和樹,
山口大輔, 上野愛子, 飯田倫崇, 甲斐裕子, 荒尾 孝 9

二次出版

オフィスワーカーにおける人間工学の心血管・代謝性リスクへの影響:
上下昇降デスクを備えたActivity-Based Workingへの移転—Journal
of Occupational and Environmental Medicine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, 甲斐裕子, 北濃成樹, 牧島 満, 武田浩二,
荒尾 孝 17

連続的な様式と間欠的な様式の低強度エアロビックダンス運動が
高齢者の気分と実行機能に与える効果の比較—Frontiers in Aging
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, 諏訪部和也, 山口大輔, 征矢英昭, 荒尾 孝 30

加速度計評価に基づく座位行動および身体活動と非アルコール性脂
肪肝疾患との量反応関係—Alimentary Pharmacology and Thera-
peuticsに掲載された英語論文の日本語による二次出版—

角田憲治, 北濃成樹, 甲斐裕子, 神藤隆志, 内田 賢,
荒尾 孝 41

論文紹介 55

2021年度 体力医学研究所活動報告 65

2022
APRIL
No.
120

公益財団法人 明治安田厚生事業団

女子野球選手のバットスイング速度に関連する体力要素

渡邊裕也¹⁾, 来田宣幸²⁾, 甲斐義浩³⁾, 森原 徹^{4, 5)}

Physical fitness variables related to bat swing speed in female baseball players

Yuya Watanabe, Noriyuki Kida, Yoshihiro Kai, and Toru Morihara

SUMMARY

Previous studies reported significant positive correlations between physical variables such as lower-limb muscular power and annual hitting records in baseball players. Thus, physical variable factors may contribute to batting performance. This study examined the relationship between physical fitness or body composition and bat swing speed in female baseball players.

Thirty-two Japanese female professional baseball players (21.9 ± 3.2 years) participated in this study. Height, body mass, lean body mass (upper-limb, trunk, lower-limb, and whole body), grip strength, back strength, knee extension strength, hamstring extensibility, vertical jump height, reaction time, and bat swing speed were measured at pre-season. Body mass index was calculated by dividing weight by height squared. Vertical jump index was calculated by multiplying the vertical jump height by weight.

Lean body mass showed significant positive correlations with bat swing speed [upper-limb ($r = 0.415$), trunk ($r = 0.390$), lower-limb ($r = 0.376$), and whole body ($r = 0.408$): $P < 0.05$]. Similarly, age ($r = 0.537$: $P = 0.002$), knee extension strength ($r = 0.415$: $P = 0.018$), and vertical jump index ($r = 0.442$: $P = 0.013$) were significantly correlated with bat swing speed. When partial correlation analysis was performed with age as control variable, these correlations were found to become weaker and insignificant. Vertical jump index, however, showed the highest partial correlation of 0.359 ($P = 0.052$), which is close to critical value of significance but did not reach the significant level.

This study showed that skeletal muscle mass, lower-limb strength, lower-limb muscle power, and age were related to bat swing speed in female baseball players. Age can be interpreted as a term of competitive and training experiences, which has both positive (e.g., improvement of performance skill) and negative (e.g., increase in injury risk) aspects for players. However, this study cannot clearly conclude a relationship between age and bat swing speed. Improvement of body composition and physical function may positively affect batting performance and thus hitting performance in women baseball players.

Key words: female athlete, competitive sports, lower-limb power, hitting performance.

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

2) 京都工芸繊維大学基盤科学系

3) 京都橘大学健康科学部

4) 丸太町リハビリテーションクリニック

5) 京都府立医科大学整形外科

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

Faculty of Arts and Sciences, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan.

Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University, Kyoto, Japan.

Marutamachi Rehabilitation Clinic, Kyoto, Japan.

Department of Orthopedics, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto, Japan.

緒 言

体力は、筋力や筋パワー、全身持久力など多くの要素に分類される。競技種目によって、どの体力要素がより重要なのかは異なるが、基本的に体力はスポーツパフォーマンスを裏打ちしている。実際に、ハイレベル選手が非常に優れた基礎体力を有することは広く知られている。これは、野球にも当てはまる^{1,2)}。野球の打撃においては、打球の速度や飛距離が重要な要素となるが、これらはバットスイング速度に依存する。そのため、バットスイング速度を高めることは、打撃パフォーマンス向上に必要な戦略となる。

先行研究では、優れた体力、特に筋力や筋パワーが打撃パフォーマンスに貢献していることが多数報告されている。澤村ら³⁾は、男子大学生選手(野手のみ)を対象に、各種体力要素とバットスイング速度との関連性を検討し、引き手の握力($r = 0.516$)、デットリフトパワー ($r = -0.586$)、メディシンボールスローによる体幹回旋パワー ($r = 0.438$)、30 m 走($r = -0.401$)との間に中等度からやや高い相関関係を認めた。小野寺ら⁴⁾は、男子大学生選手においてスクワットおよびベンチプレスの最大挙上重量がバットスイング速度と有意な正の相関関係を有することを報告した(スクワット $r = 0.398$, ベンチプレス $r = 0.509$)。堀内ら⁵⁾は、硬式野球部に所属する男子大学生選手および男子社会人選手を対象とし、バッティング動作における下肢および体幹の力学的エネルギーの流れについての研究を行った。そのなかで、体幹の関節および両側股関節は力学的エネルギーの発生源であり、体幹部は力学的エネルギーの伝達経路としての役割を果たしていると主張している。これらの先行研究から、野球におけるバットスイング速度には、体幹および下肢の筋力が関係していることが推測できる。更に、Hoffman らは、アメリカ人男子プロ野球選手において握力、下肢筋パワー、除脂肪量がホームランや長打率といったシーズンの打撃成績と有意に関連することを報告した⁶⁾。優れたバッティング能力の基盤となる高

い身体機能が長期的な打撃成績に貢献していると考えられる。しかしながら、こういった知見は、男子選手を対象とした研究によるものであり、女子選手を対象とした報告はほとんどない。

一方、我々の研究グループは、日本人女子プロ野球選手において、シーズン前に評価した下肢筋パワーがシーズン中の塁打、長打率、盗塁数などと有意な相関関係を有することを報告した⁷⁾。いくつかの体力要素が打撃成績と関連していることから、女子選手でも各種体力がバッティング能力に寄与している可能性が高い。そこで本研究では、女子野球選手を対象にバットスイング速度と体格、体組成、身体機能の関連を検討することで、バッティングパフォーマンス向上に寄与する要素を探索することを目的とした。

方 法

A. 対象者

本研究では、日本女子プロ野球リーグ所属選手および入団確定選手、合計32人(21.9±3.2歳)を対象者とした。このうち6人が投手、4人が捕手、7人が内野手、9人が外野手、5人が投手兼内野手、1人が投手兼外野手であった。

本研究は、京都府立医科大学医学倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: RBMR-C-1197-2)。対象者は研究に参加する前に研究の目的、実験手順、起こりうる危険について十分な説明を受けた。研究を開始する前に対象者全員から自署の同意書を得た。

B. 研究プロトコル

測定はプレシーズン中に京都府立医科大学附属病院において行われた。対象者は測定に1回参加し、体格、身体組成、身体機能、バットスイング速度が評価された。身体機能の評価項目は握力、背筋力、膝伸展筋力、下肢柔軟性、下肢筋パワー、反応速度であり、文部科学省推奨の新体力テスト⁸⁾および先行研究^{7,9-13)}で示された手順に基づいて評価した。なお、反応速度は神経系の要素による影響を検討するために測定に含めた。すべての測定は医師の監督下で行われた。測定時間は2時

間程度であった。

C. 測定項目

1. 体格および身体組成の評価

体格の指標として身長および体重を測定した。アナログ式身長計を用いて直立姿勢における足底から頭頂までの長さを身長として評価した。体重および除脂肪量、体脂肪率は体組成計(InBody530, Biospace 社製)を用いて評価した。なお、除脂肪量は上肢、下肢、体幹、全身で評価した。また、体重を身長の二乗で除して body mass index (BMI) を算出した。

2. 身体機能の評価

1) 握力

デジタル握力計(TKK5401, 竹井機器工業社製)を用いて両側の握力を測定した⁷⁻⁹⁾。対象者は両足を肩幅程度に開き、直立姿勢で握力計を握った。測定中、握力計が大腿部に触れないように指示した。測定は短い休息を挟んで左右交互に2回ずつ行い、利き手および非利き手の高値を評価値として採用した。

2) 体幹伸展筋力

デジタル背筋力計(TKK5002, 竹井機器工業社製)を用いて体幹伸展筋力を測定した⁷⁾。対象者は膝を伸ばした状態で体幹をやや前傾させた姿勢でハンドルを順手で握った。測定者は対象者の体幹の前傾角度が30度になるように鎖の長さを調節した。対象者には膝を曲げずに体幹を伸展させるように指示した。測定は短い休息を挟んで2回行い、高値を評価値として採用した。

3) 膝伸展筋力

片脚用筋力測定台(TKK5715, 竹井機器工業社製)およびテンションメーター (TKK5710e, 竹井機器工業社製)を用いて右脚の等尺性膝伸展筋力を測定した⁹⁻¹²⁾。測定姿勢は座位で、膝関節角度は90度屈曲位とした。測定は短い休息を挟んで2回行い、高値を評価値として採用した。

4) 下肢筋パワー

下肢筋パワーは、ジャンプメーター (TKK5106, 竹井機器工業社製)を用いて計測した垂直跳び高で評価した^{7,9,10)}。対象者はジャンプメーターのベ

ルトを腰に巻き、装置のゴム板の上から可能な限り高く跳躍するように指示された。なお、上肢のスイングや反動動作が認められた。測定は短い休息を挟んで2回行い、高値を評価値として採用した。

また、本研究では垂直跳び高に体重を乗じた値である垂直跳びインデックス^{8,13)}を算出した。垂直跳び高が同じであっても体重が異なれば、発揮したパワーは当然異なるので、この値は相対的な下肢筋パワーの指標となる。

5) 下肢柔軟性

ハムストリングスの柔軟性を評価するために、両脚のストレートレッグレイズテストを実施し、ゴニオメーター (TTM-KO, 堺医療社製)を用いて股関節屈曲角度を評価した⁷⁾。測定は3人の理学療法士によって行われた。1人目は対象者の片方の脚を膝が完全に伸びた状態で持ち上げ、2人目は反対側の脚や骨盤を固定した。3人目は股関節最大屈曲位での屈曲角度を測定した。なお、この測定前にはウォーミングアップまたはストレッチは行われなかった。測定は2回ずつ行い、ピボット脚およびストライド脚の高値を評価値として採用した。

6) 反応速度

全身反応測定器(TKK5408, 竹井機器工業社製)を用いて光刺激に対する身体反応の時間(秒)を測定した。装置から約1m離れた場所にマットを置き、対象者はマットの上に立った。測定を行う前に、装置のフラッシュが点灯し、点灯してから可能な限りすばやく両足がマットから離れるまでの時間を計測することを説明した。動作確認と練習試行1回の後に測定を行った。測定は短い休息を挟んで5回行い、最小値を評価値として採用した。

3. バットスイング速度

本研究では、バットスイング速度を野球の打撃パフォーマンスの代理指標とした。バットスイング速度はスピード計測器(Red Eyes Pocket, PRGR 社製)を用いて測定した。装置を、投手がストライクゾーンの中心に投じた場合のボールの軌道を

想定した位置に設置した。対象者には全力でバットスイングを行うよう説明した。数回の練習試行の後、3回の測定が行われ、最高値を測定値として採用した。なお、全対象者の全スイングに金属製バット(84 cm, 900 g, MACJACK SR717, Rawlings 社製)を使用した。

D. 統計処理

統計解析は SPSS(version 25.0, IBM 社製)を用いて行った。各測定から得られたデータの代表値と散布度は平均 ± 標準偏差で示した。各変数間の相関関係は、ピアソンの積率相関係数を算出して評価した。更に、バットスイング速度を目的変数、各測定値を説明変数とした単回帰分析を行い、関係の有意性を確認した。また、年齢にはトレーニング歴や競技歴が含まれることから、年齢を制御変数とした偏相関分析を行い、各測定値とバットスイング速度の関係を検討した。すべての検定

で $P < 0.05$ を有意とした。

結 果

表 1 に得られた測定値をまとめた。女子プロ野球選手のバットスイング速度は 25.3 ± 2.6 m/秒であった。また、表 2 に各種変数とバットスイング速度との相関関係を示した。バットスイング速度は、各種除脂肪量(上肢 $r = 0.415$, 体幹 $r = 0.390$, 下肢 $r = 0.376$, 全身 $r = 0.408$: $P < 0.05$), 膝伸展筋力($r = 0.415$: $P = 0.018$), 垂直跳びインデックス($r = 0.442$: $P = 0.013$)および年齢($r = 0.537$: $P = 0.002$)との間に有意な相関関係を認めた。その他の項目では、有意な相関関係は確認されなかったが、体重($r = 0.312$: $P = 0.082$), 利き手の握力($r = 0.326$: $P = 0.074$), 垂直跳び高($r = 0.337$: $P = 0.064$)はバットスイング速度と弱い相関関係をもつことが観察された。

表 1. 女子プロ野球選手の体格, 体組成, 身体機能パラメーター
Table 1. Anthropometric and physical fitness parameters of female professional baseball players.

Variable	Mean ± SD	Range	n
Age (yr)	21.9 ± 3.2	17 – 31	32
Height (cm)	164.0 ± 5.6	149.0 – 177.0	32
Body mass (kg)	59.4 ± 7.0	49.4 – 74.5	32
BMI (kg/m ²)	22.0 ± 1.9	18.3 – 25.0	32
Lean body mass (kg)			
Upper-limb	4.5 ± 0.6	3.6 – 5.7	32
Trunk	20.1 ± 1.8	17.0 – 23.4	32
Lower-limb	14.8 ± 1.6	10.5 – 18.3	32
Whole body	39.4 ± 3.8	31.2 – 46.3	32
Fat percent (%)	20.8 ± 4.1	13.6 – 28.0	32
Hand grip strength			
Dominant hand (kg)	33.4 ± 4.1	24.0 – 44.3	31
Non dominant hand (kg)	31.9 ± 4.0	25.5 – 40.8	31
Back strength (kg)	105.3 ± 16.5	77.5 – 136.5	31
Knee extension strength (kg)	61.7 ± 14.1	38.4 – 98.1	32
Straight leg raise (deg)			
Pivot leg	63.9 ± 12.6	38.0 – 92.0	32
Stride leg	64.0 ± 11.8	45.0 – 94.0	32
Vertical jump height (cm)	47.7 ± 5.0	39.0 – 59.0	31
Vertical jump index (m·kg)	28.3 ± 4.6	20.8 – 39.2	31
Reaction time (s)	0.294 ± 0.035	0.230 – 0.400	32
Bat swing speed (m/s)	25.3 ± 2.6	18.9 – 29.9	32

BMI: body mass index.

表2. バットスイング速度と各種変数との相関係数
Table 2. Correlation coefficient with bat swing speed.

Variable	r	P
Age	0.537	0.002
Height	0.246	0.174
Body mass	0.312	0.082
BMI	0.216	0.235
Lean body mass		
Upper-limb	0.415	0.018
Trunk	0.390	0.027
Lower-limb	0.376	0.034
Whole body	0.408	0.020
Fat percent	-0.147	0.422
Hand grip strength		
Dominant hand	0.326	0.074
Non dominant hand	0.174	0.348
Back strength	0.153	0.410
Knee extension strength	0.415	0.018
Straight leg raise		
Pivot leg	0.145	0.430
Stride leg	0.040	0.828
Vertical jump height	0.337	0.064
Vertical jump index	0.442	0.013
Reaction time	0.103	0.576

BMI: body mass index.

表3に年齢を制御変数としたときの各測定値とバットスイング速度との偏相関係数をまとめた。すべての項目でバットスイング速度との間に有意な関係が認められず、垂直跳びインデックスにおいて弱い関係が観察されるにとどまった(Partial $r = 0.359$: $P = 0.052$)。

考 察

本研究の目的は、女子野球選手を対象にバットスイング速度と体格、身体組成、身体機能の関連を確認し、バッティングパフォーマンス向上に寄与する要素を探ることであった。単回帰分析の結果、膝伸展筋力、垂直跳びインデックスがバットスイング速度と関連することが明らかになった(表2)。その他、年齢ならびに除脂肪量についても有意な関連が観察された。なお、バットスイング速度との関係性は年齢で最も強く(表2)、得られた相関係数から計算した寄与率は28.8%であっ

表3. バットスイング速度と各種変数との偏相関係数
Table 3. Partial correlation coefficients with bat swing speed.

Variable	r	P
Height	0.246	0.191
Body mass	0.219	0.245
BMI	0.079	0.679
Lean body mass		
Upper-limb	0.239	0.204
Trunk	0.236	0.209
Lower-limb	0.226	0.230
Whole body	0.246	0.190
Fat percent	-0.008	0.968
Hand grip strength		
Dominant hand	0.050	0.793
Non dominant hand	0.050	0.793
Back strength	0.110	0.563
Knee extension strength	0.297	0.111
Straight leg raise		
Pivot leg	-0.155	0.413
Stride leg	-0.260	0.166
Vertical jump height	0.268	0.152
Vertical jump index	0.359	0.052
Reaction time	0.159	0.402

Control variable: age. BMI: body mass index.

た。年齢は、競技歴やトレーニング歴も反映しており、女子野球選手のバッティング能力に一定の影響をもつと解釈できる。年齢にはポジティブとネガティブの両面が包含されるため、本研究から明確な結論は得られないが、骨格筋量、下肢筋力、筋パワーの強化がバッティングパフォーマンス、ひいては打撃成績に貢献する可能性がある。ただし、因果関係を正しく推論し、結論づけるには交絡因子を適切に調整した研究が必要となる。

本研究の対象者は日本人女子プロ野球選手であった。野球と類似した競技であるソフトボールの日本代表女子選手(同年代: 22.8 ± 3.8 歳)の体格データをみると、身長 164.6 ± 5.1 cm、体重 67.0 ± 8.4 kg、BMI 24.7 ± 2.6 、全身除脂肪量 53.5 ± 4.3 kg、体脂肪率 $19.6 \pm 4.9\%$ であった¹⁴⁾。両者の値を比較すると、身長と体脂肪率はほぼ同程度であるが、女子プロ野球選手の体重、BMI、除脂肪量は女子ソフトボール選手より低い値であった。オースト

ラリアの女子ソフトボール選手(代表レベル)の体格データとの比較においても同じ傾向が認められた¹⁵⁾。女子プロ野球選手は、身長わりに骨格筋量が少ないといえる。また、上記日本人女子ソフトボール選手の握力(右手)は 42.6 ± 4.9 kg、背筋力は 120.0 ± 12.0 kg、膝伸展筋力(右脚)は 171.2 ± 34.6 Nmであった¹⁴⁾。本研究で得られた女子プロ野球選手の握力(利き手)は 33.4 ± 4.1 kg、背筋力は 105.3 ± 16.5 kgであった。また、得られた膝伸展筋力(kg)に下腿長(cm)を乗じて膝伸展トルクを算出すると、女子プロ野球選手の膝伸展トルクは 229.5 ± 62.5 Nmであった。体力データを比較すると、女子プロ野球選手の握力や背筋力は劣っていたが、膝伸展筋力は優れていた。膝伸展筋力が強い点は女子プロ野球選手の特徴なのかもしれない。この点は、本研究の対象者16人を含む女子プロ野球選手57人の体力データを報告した我々の先行研究においても確認されている⁷⁾。

男子野球選手を対象とした先行研究では、握力(引き手)、下肢や体幹の筋力および筋パワーといった体力要素がバットスイング速度と中等度からやや高い相関関係をもつことが報告されている³⁻⁵⁾。女子プロ野球選手を対象とした本研究においても、膝伸展筋力、垂直跳びインデックスはバットスイング速度と有意な中等度の相関関係を、握力(利き手)は有意ではないものの弱い相関関係を有することが確認された。男子野球選手と同様に女子野球選手においても、こういった体力要素がバッティングパフォーマンスに貢献しているものと推察される。加えて、本研究では、上肢、下肢、体幹、全身の除脂肪量とバットスイング速度との間に有意な相関関係が認められた(表2)。なお、相関係数から判断すると、スイング速度には上肢除脂肪量がやや強く関連しているかもしれない(寄与率:上肢17.2%, 下肢14.1%, 体幹15.2%, 全身16.6%)。その一方で、体脂肪率とバットスイング速度との間には有意な相関関係が観察されなかった($r = -0.147$; $P = 0.422$)。この結果は、男子大学生野球選手を対象とした先行研究と一致している¹⁶⁾。なお、本研究では、体重とバットス

イング速度との間に有意ではないが弱い相関関係が認められた($r = 0.312$; $P = 0.082$)。得られた結果を総合的に勘案すると、回転中心の質量が大きいほど回転軸が安定し、すばやいスイング動作に貢献するが、力の発生源となる骨格筋の量がより重要であると考えられる。

本研究では、競技歴やトレーニング歴を含む年齢が、骨格筋量および身体機能とバットスイング速度の交絡因子と考えて、各測定値とバットスイング速度とのより直接的な関係を確認した。年齢を制御変数とした偏相関分析の結果、単回帰分析で有意な関係性が観察されていたすべての変数(除脂肪量、筋力、筋パワー)において、バットスイング速度との間の相関係数は低下した。加えて、関係の有意性も失われ、垂直跳びインデックスにおいてのみ弱い関係が認められた(Partial $r = 0.359$; $P = 0.052$; 表3)。この結果は、女子野球選手において、年齢がバッティング能力に影響することを示唆している。年齢には、発育発達の時間とともに競技練習やトレーニングに取り組む時間など実践的な経験が含まれている。すなわち、年齢は、成長やトレーニングに伴う体格および体力の発達(身体的な成長)と野球に特化した身体の使い方の習熟(技術的な成長)といったポジティブな側面を含んでいる。ただし、その一方で、加齢による体力低下や障害リスクの増大といった側面もある。こういったネガティブな側面は、バットスイング速度など競技パフォーマンスの低下や現役引退をもたらす可能性がある。このように年齢は総合的な変数であるが、ポジティブな側面に焦点をあてると、競技経験を通じた技術(スキル)の習得がバットスイング速度に寄与していると解釈できる。この視点に立つと、日本人女子野球選手のバットスイング速度に直接関係する可能性がある要素は下肢筋パワーであり、骨格筋量、膝伸展筋力といった要素は競技歴を通じたバットスイング技術力を介した間接的な関係性を有するものと推察される。したがって、女子野球選手のバットスイング速度の改善には単純な骨格筋量増加や筋力強化のみでなく、実践的な経験の積み重ねによ

るバッティング技術の習得といったことも重要と考えられる。一方、ネガティブな側面に焦点をあてると、本研究で確認された年齢とバットスイング速度の関連は、能力の高い選手の選手生命が長かったことを反映した結果といえる。つまり、体力やバットスイング速度の低い選手は早い段階で引退した可能性や体力およびバットスイング速度を向上させた選手だけがプロとしての活動を長く継続できた可能性が考えられる。ただし、本研究から年齢とバットスイング速度の関係の背景を探ることはできない。加えて、本研究の女子選手でみられた年齢と体力との関係性が男子選手にも該当するかどうかは不明であり、今後の研究において詳細な検討が求められる。

総 括

女子野球選手のバットスイング速度に関連する要素は骨格筋量、下肢筋力ならびに筋パワーといった身体組成や体力であることが示された。これらの体力要素の強化がバッティングパフォーマンス向上に貢献する可能性がある。

謝 辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました日本女子プロ野球機構ならびに選手の方々に心より感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Kohmura Y, Aoki K, Yoshigi H, Sakuraba K, Yanagiya T. Development of a baseball-specific battery of tests and a testing protocol for college baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008; 22: 1051-8.
- 2) Nakata H, Nagami T, Higuchi T, Sakamoto K, Kanosue K. Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27: 2887-97.
- 3) 澤村省逸, 鎌田安久, 栗林 徹, 清水茂幸, 上濱龍也, 黒川國児, 福士宏紀. 野球の投球速度・バットスイング速度に影響をもたらす体力因子. 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要. 2006; 5: 53-62.
- 4) 小野寺和也, 白坂牧人, 入澤裕樹, 坪井俊樹. 大学野球選手のスイング速度と体力要素の関係: スクワット・ベンチプレス1RM とスイング速度の相関関係. 仙台大学紀要. 2019; 51(1): 1-7.
- 5) 堀内 元, 中島大貴, 桜井伸二. 野球のバッティングにおける下肢および力学的エネルギーの流れ. 体育学研究. 2017; 62(2): 575-86.
- 6) Hoffman JR, Vazquez J, Pichardo N, Tenenbaum G. Anthropometric and performance comparisons in professional baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009; 23: 2173-8.
- 7) Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, Matsui T, Seo K, Azuma Y, Hiramoto M, Miura Y, Fukushima H, Shimazu A, Eto T, Saotome H, Kida N, Morihara T. Relationship between physical fitness at the end of pre-season and the in-season game performance in Japanese female professional baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33:1580-8.
- 8) 文部科学省. 新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (アクセス日: 2022年2月20日).
- 9) Kimura M, Mizuta C, Yamada Y, Okayama Y, Nakamura E. Constructing an index of physical fitness age for Japanese elderly based on 7-year longitudinal data: sex differences in estimated physical fitness age. *Age (Dordr)*. 2012; 34: 203-14.
- 10) Yamada Y, Schoeller DA, Nakamura E, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Extracellular water may mask actual muscle atrophy during aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. 2010; 65: 510-6.
- 11) Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, Ishihara T, Yokoyama K, Yoshida T, Miyake M, Yamagata E, Kimura M. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clinical Interventions in Aging*. 2013; 8: 993-8.
- 12) Yamada Y, Watanabe Y, Ikenaga M, Yokoyama K, Yoshida T, Morimoto T, Kimura M. Comparison of single- or multifrequency bioelectrical impedance analysis and spectroscopy for assessment of appendicular skeletal muscle in the elderly. *Journal of Applied Physiology* (1985). 2013; 115: 812-8.
- 13) Boussuge PY, Rance M, Bedu M, Duche P, Praagh EV. Peak leg muscle power, peak VO₂ and its correlates with physical activity in 57 to 70-year-old women. *European Journal of Applied Physiology*. 2006; 96: 10-6.
- 14) 前川剛輝, 柳沢 修, 船渡和男, 平野裕一. 一流ソフトボール選手における身体的および体力的特性. *Japanese Journal of Elite Sports Support*. 2010; 3: 13-27.
- 15) Ellis L, Smith P, Aitken D, Penfold L, Crudgington D.

Protocols for the physiological assessment of softball players.
In: Gore CJ, Australian Sports Commission (eds), Physiological tests for elite athletes, Human Kinetics, Champaign IL, 2006; 363-71.

- 16) 小野寺和也, 白坂牧人, 森本吉謙, 入澤裕樹. 大学野球選手における除脂肪量・体脂肪量とスイング速度の関係. 仙台大学紀要. 2021; 52(2): 1-5.

〔資 料〕

スマートテレビを活用した高齢者への健康支援に関する探索的検討

渡邊裕也¹⁾, 野田隆行¹⁾, 西田純世¹⁾, 西川 敦²⁾, 工藤芳彰³⁾, 兵頭和樹¹⁾,
山口大輔¹⁾, 上野愛子¹⁾, 飯田倫崇²⁾, 甲斐裕子¹⁾, 荒尾 孝¹⁾

Health support for older adults using smart TVs: an exploratory approach

Yuya Watanabe, Takayuki Noda, Sumiyo Nishida, Atsushi Nishikawa,
Yoshiaki Kudo, Kazuki Hyodo, Daisuke Yamaguchi, Aiko Ueno,
Michitaka Iida, Yuko Kai, and Takashi Arao

緒 言

2021年7月に発表された日本人の平均余命は男性で81.64年、女性で87.74年となっており¹⁾、多くの日本人が自身の身体、特に運動器を80年以上使って生活する時代に突入している。長いライフスパンのなかで、人生をより豊かに生きるためには自身の運動器をできるだけ良好な状態に保つことが極めて重要となる。運動器の機能を維持するには、定期的な運動やスポーツの実施が有効であるが、運動習慣のある者の割合は男性で33.4%、女性で25.1%にすぎない²⁾。なお、65歳以上の高齢者においては男性で41.9%、女性で33.9%となっており、他の世代よりもやや高率であるが決して高いとはいえない。こうした状況から、無関心層も含めた幅広い働きかけが強く求められる。

しかしながら、昨今の新型コロナウイルス感染症拡大の影響で運動や社会的交流の場が激減している^{3,4)}。高齢者の長期間にわたる活動量低下は、

高齢者の社会的孤立を助長し、心身の健康に深刻な負の作用をもたらすことが懸念される^{5,6)}。こういった問題の解決策として、自宅から参加するオンライン運動プログラムが注目されている。ICT (information and communication technology: 情報通信技術) の発達、普及によって、Zoom アプリケーションなどのビデオ会議プラットフォームを介して、インストラクターの指導を受けながら自宅で運動することが可能になった⁷⁾。オンライン教室には誰でも自宅から参加できることから、不特定多数の人々へ効率よく運動の機会を提供できる。実際に、こういったシステムを活用した在宅オンライン運動プログラム (筋力トレーニング、有酸素運動、ヨガ運動など) の実現可能性を検討する試みが複数なされている⁷⁻⁹⁾。なお、ICTを用いた介入の効果をまとめたレビューでは、介入によって高齢者の身体活動時間が増加することが報告されている¹⁰⁾。したがって、オンラインによる運動プログラム提供でも一定の健康増進効果を

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

2) 株式会社電通国際情報サービス

3) 拓殖大学工学部

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

Information Services International-Dentsu, Ltd., Tokyo, Japan.

Faculty of Engineering, Takushoku University, Tokyo, Japan.

見込めると考えられる。しかし、高齢者が対象であることを考えると、ICT リテラシーの問題、ICT 機器の価格の問題、インターネット環境の問題などが普及の阻害要因になると推測される。

そこで本研究では、高齢者に馴染みの深いテレビを使ったオンライン運動教室に着目した。我々は、市販のストリーミング製品に改良を加え、自宅のテレビに接続することで自宅から簡単に運動教室に参加できるデバイス(以下、スマートテレビデバイス)を開発した。このデバイスは、リモコン操作で取り扱いが比較的簡単であることに加え、価格も10000円以下である。したがって、これを活用したテレビ型オンラインシステムはICT リテラシーの問題および ICT 機器の価格の問題の解決につながる可能性がある。また、テレビの画面は、スマートフォン、タブレット端末、パーソナルコンピュータの画面よりも大きく見やすいため、高齢者が初めて使う場合も比較的容易に操作が可能と考えられる。本研究では、我々が開発したスマートテレビデバイスを用いた高齢者向けオンライン運動教室の運用可能性を検討することを目的とした。

方 法

A. 研究対象地域および参加者

本研究は、東京都八王子市にある館ヶ丘団地(たてがおかだんち)を研究対象地域とした。当該団地は住宅戸数2396戸で¹¹⁾、2021年6月時点で2893名が居住している¹²⁾。しかし、当団地では居住者の高齢化が進行しており、65歳以上の高齢者が全住民の約58%を占め、その約60%が独居となっている。そのため、近年、居住高齢者の孤立や孤独死などの問題が起きている。本研究では、団地内集会所で約3か月間の運動教室(詳細は後述)を開催するとともに、それをライブ配信し、団地内の居住高齢者が集会所からも自宅からもリアルタイムに参加できる体制を整えた。

運動教室の参加者募集に際して、体験説明会のポスターやチラシを作成した。ポスターは団地内各所に掲示し、チラシは団地の自治会報の配布シ

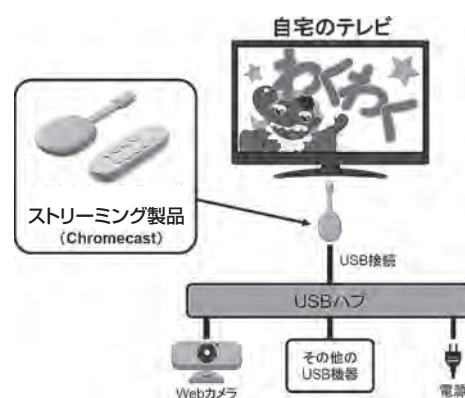


図1. スマートテレビデバイス

ステムを活用して団地全戸に配布した。本研究では、スマートテレビデバイスを自宅に設置し、自宅から運動教室に参加した者を解析対象者(以下、参加者)とした。本研究は、公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号:2021-0002)。募集に際して、研究概要、研究目的、研究手順、参加に伴うリスクなどを説明し、研究開始前にすべての参加者から自署の同意書を得た。

B. スマートテレビデバイス

多くの高齢者が自宅においてオンラインで運動やスポーツを安心して、楽しく実施するには、安価で操作が簡単な機器が必須となる。そこで本研究では、市販のストリーミング製品(Chromecast, Google社製)に独自の機能拡張やアプリケーションを加えたスマートテレビデバイスを開発した(図1)。当該デバイスをインターネット環境下で参加者の自宅のテレビに接続した。また、Chromecastアプリケーションとして「館ヶ丘わくわくTV」を立ち上げ、参加者がボタンを選択することで自宅のテレビから簡単に運動教室に参加できる仕組みを整えた。なお、設置するデバイスは、研究用に作成したGoogleアカウントで設定した。加えて、Wi-Fi環境のない参加者にはモバイルルーターを無料で貸与した。

C. 運動教室のプログラム

教室の実施期間は2021年10月27日から翌年1月19日までの約3か月で、プログラムは「スローエ

アロビック®」および「昭和歌謡 DISCO」とした。スローエアロビック®は週に1度、昭和歌謡 DISCO は月に1度の頻度で、ともに14:00~14:50の50分間で実施(配信)した。スローエアロビック®は全12回、昭和歌謡 DISCO は全4回開催した。両プログラムの概要は以下のとおりであった。

スローエアロビック®は音楽に合わせて行う軽運動であり、高齢者が日常生活のなかで楽しく安全に実施できる内容とした。運動の中心となるのは「身体をひねる」「胸を開く」「体側を伸ばす」といった3種類の簡単な動作である。本運動プログラムに関する先行研究では、10分間の実施に伴い気分や認知機能に一過性の向上が生じることが確認されている^{13,14)}。運動指導は公益社団法人日本エアロビック連盟から派遣された3名の女性インストラクターが分担して行った(1回当たり1名が担当)。3名のうち2名は東京都から、1名は静岡県からそれぞれ運動指導を行った。本研究では、音楽に合わせたスローエアロビック®とともに、指を使った脳トレ、スクワットなどの筋力トレーニングも実施した。スローエアロビック®は椅子に座って行う内容がメインであった。本運動の前後に短時間の準備体操および整理体操を行った。

昭和歌謡 DISCO は昭和世代のテーマソング「昭和歌謡」を振り付けとともに歌うプログラムである¹⁵⁾。なお、振り付けは上肢(手)の動きが中心の内容とした。昭和歌謡は現在の高齢者にとっては馴染みのあるメロディであり、覚えやすく、簡単な動作(振り付け)と合わせて行うことで脳トレとしての効果も期待される。また、歌うことが口腔機能の維持、改善につながる可能性がある。口腔機能の低下はフレイルやサルコペニアの起点となりうるため、早期に対策することで介護予防効果が期待できる。加えて、昭和当時のレコード音源の再生も行い、昔を思い出す心理療法「回想法」の要素も取り入れた。本研究では、まず早口言葉などの口腔体操や振り付けの部分練習を行った。その後、全体を通した振り付けの練習を行い、1曲

を通した振り付けと歌に挑戦した。使った昭和歌謡は1回につき1曲で、第1回は「木綿のハンカチーフ」、第2回は「年下の男の子」、第3回は「明日があるさ」、第4回は「いつでも夢を」であった。昭和歌謡 DISCO もスローエアロビック®同様に椅子に座って行う内容がメインであった。指導は1名の女性インストラクターが担当した。

運動教室前半の10月、11月はインストラクターによる対面式の運動教室を団地内の集会所で開催し、その様子をライブ配信した。後半の12月、1月はインストラクターがZoomを使って遠隔で運動を指導し、高齢者は集会所あるいは自宅からオンラインで運動教室に参加した。加えて、運動教室のアーカイブ(50分程度)やオリジナル復習コンテンツ(5分程度)をいつでもYouTubeで視聴できるようにした。すなわち、本研究の参加者はYouTubeの視聴を介した一方向の運動教室参加であった。ただし、インストラクターは自宅からの参加者に対しても一定の声掛けを行った。一方、集会所からの参加者は双方向コミュニケーションの運動教室であった。なお、YouTubeの情報は、団地の自治会報(全戸配布)を利用して周知するとともに、自治会のTwitterやFacebookでも発信し、団地居住者はだれでも視聴できる状況とした。

D. 測定項目

1. 参加者特性

参加者募集の際の各種説明時に、性、年齢、参加のきっかけについて、研究スタッフが面接により聴取した。

2. プログラムの評価

全運動教室終了後に参加者を対象としてヒアリング調査を行い、教室への参加状況、教室の楽しさ、教室のよかった点、改善が必要と思った点、スマートテレビデバイスの取り扱いについて聴き取った。ライブ配信の視聴による運動教室参加の状況は、「ほぼ毎回」「半分くらい」「あまり参加していない」の3つの選択肢で確認した。過去の教室動画の視聴については、「ほぼ毎回見た」「半分くらい見た」「あまり見ていない」「知っていたが見ていない」「知らない」の5つの選択肢とした。

なお、「知っていたが見ていない」と回答した場合は、その理由を確認した。教室の楽しさについては、5段階評価(1=楽しくなかった～5=とても楽しかった)で確認し、どういった点が楽しかったのかについても尋ねた。教室のよかった点、改善が必要と思った点、デバイスの操作については自由なコメントを求めた。

結 果

A. 参加者特性

自宅からの参加者(スマートテレビデバイス設置)は7名(男性5名、女性2名)であり、その平均年齢は77.3±6.9歳(平均±標準偏差)で、範囲(最小-最大)は66-85歳であった。本研究の参加者7名のうち、1名は教室開催時間が自身の他の予定と競合するという理由から途中で参加を断念

した(継続率85.7%)。また、参加のきっかけは、2名が「チラシ」、3名が「自治会の紹介」、1名が「集会所を見て」、1名が「その他(家族の紹介)」であった。

B. プログラムの評価

ヒアリング調査は、6名(男性4名、女性2名)の参加者を対象に実施した。教室継続者6名中4名はほぼ毎回ライブ配信を視聴し、運動教室に参加していた(66.7%)。残りの2名はあまりライブ配信を視聴していなかった。過去の教室アーカイブやオリジナル復習コンテンツについては、1名がほぼ毎回視聴、1名が半分くらい視聴、2名があまり見ていない、1名が知っていたが見ていない、1名が知らないという結果であった。なお、6名中5名がいずれかの方法でほぼ毎回運動教室に参加していた(83.3%)。知っていたのに見

表1. 「運動教室のどういった点が楽しかったか」の回答

- ・自分にあった運動だった。ただ10月に足をケガしたので、立位での運動はつらかった。生放送だったことは感じたが、双方向性は必ずしも必要とは思わない。
- ・体操はよかった。身体を動かすことはよいこと。YouTubeでも十分だった。双方向性でなくてもよいと思う。
- ・体操がよかった。自宅でも覚えた動きを取り入れて動いたりしている。集会所の人に話しかけているのはわかっていたが、自分のように自宅でやっている人はどうなっているのかと思っていた。
- ・生放送の感覚があった。双方向だったらもっとよかったと思う。他の人と一緒にやっている一体感があればなおよかった。
- ・コロナ禍で外出を控えているなかで身体を動かせたのがよかった。身体がなまっていると感じていた。双方向ではなくてもいいかなと思う。自宅で見えて、インストラクターと会場がやり取りしているのを知っていたので、それを外から見ている感覚があった。
- ・身体を動かすのは好きなのでよかった。先生が指示してくれれば運動できるので、双方向性は必要ないと思う。

表2. 「今回の運動教室で改善すべき点」の回答

- ・先生の声が聞こえづらいときがあった。歌詞を見ながら、踊りを覚えるのが難しかった。
- ・スローエアロビックでは足先までよく見えるようにしてほしいかった。ストレッチ的な動きが多かったが、脳トレを取り入れた運動が楽しかった。歌謡の振り付けが難しかった。
- ・スローエアロビックについては、家に椅子がなく、床に座ってやっていた。家に椅子がない人はどうしたらいいか聞きたかった。運動時間が長いと感じた(運動すると筋肉痛のような感じで疲れがあった。逆に効果があったということかもしれない)。歌謡については、「昭和歌謡」という言葉のイメージとは選曲が違った(世代が違ったのかも)。説明がやや長いと感じた。
- ・テレビ電話ができるとあって楽しみにしていたが、なくて残念。また、配信が終わると突然放送が切れるので、「これで配信は終わりですよ」とわかるような待機画面を出すなどの運営をしてほしい。
- ・配信が何時なのかわからず、起動しても何も見れないということがあった。何時に入れば確実なのか事前に教えてほしい。14時過ぎても見れないことがあったように思う。
- ・もっと動きたいという感じだった。ただ、自分は動けるからそう思うだけで、他の人に合わせてもらって問題ない。

表3. 「スマートテレビデバイスの操作」についての回答

- ・付属のリモコンは使いづらかったので自宅テレビのリモコンで操作していた。アプリのインターフェースがわかりづらかった。
- ・Chromecast がほとんど動かなかったので、自分のスマホで見てしまっていた。でも画面が小さかった。
- ・配信の冒頭、10分くらいアプリから視聴できないことがあった。
- ・アプリの操作がよくわからなかった。リモコンは自宅テレビのものを使用していた。
- ・最初は全然わからなかった。慣れた機器のほうがよい。
- ・操作は問題なし。

ていない理由は、「見る時間がなかった。また、スマートテレビで視聴できる時間が限られていると思った」であった。あまり見ていないと回答した1名からは、「リアルタイムで参加していたので、見なかった。全プログラム終了後に運動したくなったのでYouTubeを見ている」というコメントが得られた。一方、知らないと回答した1名からは、「知っていたら見たかった」というコメントがあった。

教室の楽しさは 4.0 ± 0.8 (平均 $\pm$ 標準偏差) で、範囲(最小-最大)は3-5であった。こういった点が楽しかったのかについては、表1の回答が得られた。「身体を動かすことができてよかった」というコメントが多かった。また、双方向コミュニケーションについては、なくてもよいという意見が4名、必要という意見が1名であった。

運動教室のよかった点としては、「楽しかった」「身体を動かしてよかった」「プログラムがよかった」というコメントであった。改善すべき点は、ほとんどが運営に関する内容であり、教室視聴(参加)を妨げるものではなかった。実際のコメントを表2に示した。

スマートテレビデバイスの操作については、表3のコメントが得られた。いずれも教室視聴(参加)を妨げる決定的な内容とはいえないが、改善すべき重要なポイントと考えられる。

考 察

本研究の目的は、スマートテレビデバイスを用いた高齢者向けオンライン運動教室の運用可能性を検討すること、すなわち、教室参加の実績や問題点を明らかにすることであった。本研究の結果、

スマートテレビを活用した高齢者への一方向オンライン運動教室の実施データとともに運営に関する意見やコメントを収集することができた。得られた情報は、今後の高齢者に対するオンラインを活用した健康支援の新たな方法の開発に有用と考えられる。

本研究では、スマートテレビデバイスを設置して自宅から運動教室へ参加した高齢者は7名であった。これに対し、同時開催の集会所からの参加者は30名を超えており、自宅からの参加者は少ない実績であった。コロナ禍で多様な行動が規制されていたため、当初は自宅から運動教室に参加することを希望する高齢者が多数いると想定していたが、違う結果となった。この理由には、居住高齢者の約60%が独居であるという集団特性に関連している可能性がある。近年、独居高齢者の増加に伴う社会的孤立問題が懸念されている。独居高齢者においては、人的な交流が減少し、社会的なつながりが希薄となる場合が少なくない。先行研究では、首都圏自治体在住の独居高齢者のうち男性42.4%、女性16.5%が孤立状態であることが示されている¹⁶⁾。実際、当団地では毎年数例の孤独死が報告されており、社会的孤立の状態にある高齢者が相当数いると予想される。社会的に孤立した状況では、自ら地域情報を取得する、あるいは周囲から情報を得るといったことが困難である。したがって、当団地に居住する独居高齢者のなかには今回の教室開催の情報が届いていないケースが少なくなかったと推測される。次に、当団地においては後期高齢者が多い(全高齢者の59.0%)¹²⁾ことから、抑うつなどの精神的な問題を有する者の割合が高いことが推察される。そのような状態

にある高齢者は、自宅で実施できる運動教室についての情報を得たとしても、実際に運動を実施したいという積極的な動機に至ることが困難と思われる。

上記のような対象集団の特性に加えて、ICT リテラシーが低いという後期高齢者の特徴も参加者が少なかった一因かもしれない。総務省の調査によると、インターネットの利用経験のある世帯は、世帯主年齢60～64歳で90.6%、65～69歳で82.6%、70～74歳で74.4%、75歳以上では58.8%となっている¹⁷⁾。本研究の対象となった団地に居住する高齢者の59.0%が後期高齢者であったこと¹²⁾から、ICT 機器に不慣れで、その利用に大きな困難さを感じていたケースが多数であった可能性も考えられる。このような高齢者の ICT リテラシー問題は研究当初からの課題であり、その対策としてストリーミング製品(Chromecast)に改良を加え、アプリケーションを開発して運動教室の画面を簡単に立ち上げるシステムを構築した。しかし、参加希望者が少なかった結果を踏まえると、本システムの更なる改善が必要と思われる。併せて本研究では、スマートテレビの周知にも注力する必要があったと考えられる。スマートテレビに興味や関心が薄い、あるいはどういうものか理解していない段階で、デバイスを自宅に設置することは、ICT リテラシーが低い後期高齢者にとって敷居が高かった可能性がある。独居の後期高齢者が多数いる状況を踏まえて、まず集会所で画面を通じてインストラクターと一緒に運動を行う経験を経て、画面を見ながら運動することに慣れてもらい、そのうえで、自宅でも YouTube を視聴しながら運動することを促すといった段階的な働きかけが有効だったかもしれない。

本研究では、リアルタイムでの教室に参加できない場合もいつでも自宅で運動ができるように過去の教室アーカイブや復習コンテンツを YouTube で提供した。しかし、ヒアリング調査の結果、6名中4名(66.7%)がこれらのコンテンツを「見ていない」と回答しており、十分には活用されていない状況が把握できた。今後、こういったコンテ

ンツの活用を促すような対策や支援が求められる。このような取り組みは、運動教室への継続的な参加にも寄与すると思われる。今回の運動教室から途中脱落した者は1名であり(継続率85.7%)、脱落の理由は本人のスケジュール上の問題であった。継続者6名の全期間の参加状況は、6名中4名はほぼ毎回ライブ配信を視聴しており、残りの2名のうち1名も教室アーカイブや復習コンテンツをほぼ毎回視聴していた。つまり、6名中5名(83.3%)が継続的に運動教室に参加していた。本研究では、参加者数が7名と少なく、教室への参加継続について明確に結論づけることはできないが、良好な継続状況が維持されたと考えている。

一方、参加者7名のうち5名が独居高齢者であり、その参加のきっかけとなったのが、「周囲からの勧め」と「自身の情報取得」によるものであった。したがって、参加者の多くは社会的なかわりを有し、自ら情報を取得するといった比較的積極的な生活を営んでいる独居高齢者であったと推察される。このことは、本研究で用いた運動教室開催に関する情報提供は、比較的活発な高齢者にはある程度有効であったと思われるが、それ以外の何らかの健康上の問題を有する高齢者に対しては必ずしも有効ではなかったと解釈される。高齢者の健康づくりの対象者として緊急性が高いのは、独居の後期高齢者や軽度な機能低下状態にある高齢者である。こういった層に対してオンライン運動教室を提供し、継続的な参加につなげるための対策を講じる必要がある。

以上のようなオンライン運動教室の実績とその改善についての情報以外にもいくつかの有益な情報が得られた。まず、本研究の参加者7名のうち5名は男性であった。従来の集団で行う対面式の運動教室では、女性の参加者が多く、男性参加者を増やすことが課題となっている。自宅からオンラインを介して個別に運動教室に参加するという方式は、男性にとって受け入れやすいとも考えられる。したがって、オンライン運動教室は男性参加者を増やすための有効な手法になるかもしれない。

次に、本研究で使用したスマートテレビデバイスは、双方向コミュニケーションが可能な仕様になっていた。しかしながら、参加者の自宅からの運用は実現しなかった。事前の関係者間での試験運用では十分な双方向コミュニケーションができたことから、通信環境が原因と推測される。したがって、高齢者を対象としたオンライン運動教室においては、スマートテレビデバイスを使った双方向コミュニケーションの実現を課題としつつも、対象地域や家庭での通信環境を踏まえた柔軟な運営方式を考えることが必要と思われる。なお、本研究では、一方向の情報提供で運営したにもかかわらず、教室の満足度が高かったことは非常に興味深い結果であった。この結果は、コロナ禍で日常的な運動の場が大きく制限されていたという特殊状況下ではあったが、オンライン運動教室という新しい運動の場の提供方式が高齢者に一定の評価を受けたものと考えられる。加えて、双方向コミュニケーションはなくても問題ないというコメントが複数あったことから、オンライン運動教室の運営として双方向方式は必須ではなく、一方向の情報提供でも運動プログラムの普及が可能なかもしれない。また、今回の取り組みは、集会所と自宅のどちらからでも参加可能な運動教室の提供方式であった。多様な層に運動教室を提供することを念頭におくと、こういったハイブリット形式での運動教室の提供が有効と考えられる。

更に、本研究では、YouTube を介した一方向の運動プログラム提供に関する重要な示唆を得ることができた。例えば、インストラクターにおいては、マイクなど音声機器を整える、カメラの画角を調整する、複数のカメラを活用する、自宅参加者に向けた声掛けを充実させるといった工夫をすることでより質の高いプログラム提供が可能となる。また、運営側においては、教室に関する丁寧な説明と適切なライブ配信管理によって、参加者にストレスなくプログラムを届けられる。このような改善とインストラクターや運営側の経験の蓄積がより多くの人々に受け入れられるオンライン運動教室システムの構築につながるものと思われる。

一方、スマートテレビデバイスの付属リモコンやデフォルト画面の問題解決はストリーミング製品そのものの改善が必要となるため、短期的には難しい。他の方法を駆使して参加者のストレスを軽減する努力が求められる。

今回の取り組みでは、インストラクターが自宅から Zoom を使って遠隔で運動を指導し、参加者は集会所あるいは自宅からオンラインで運動を行うシステムを採用した(館ヶ丘モデル)。この運動教室提供システムでは、インストラクターと集会所の間で双方向コミュニケーションによる運動指導が成立し、YouTube で配信される画像はインストラクターのみとなる。YouTube での視聴は多様なデバイス(スマートテレビ、スマートフォン、タブレット端末、パーソナルコンピュータ)で可能であり、他の集会所などから集団で運動教室に参加することもできる。また、Zoom を使って複数の集会所をつなぐことも可能である。館ヶ丘モデルはオンラインによる運動提供の新たな可能性を示唆するものであり、今後の with コロナから after コロナの時代における新たな健康づくりの場としての幅広い活用が期待される。

謝 辞

本研究に参加いただいた皆さまに心より感謝申し上げます。また、研究に多大な協力をいただいた団地自治会の高瀬智規氏、塚田賢一氏、宮崎昭氏、公益社団法人日本エアロビック連盟の皆さま、インストラクターの浅山美樹氏、吉村知美氏、真野まり子氏、一般社団法人エムむすびの徳村幸子氏、RVCommunications の田中英俊氏に深謝いたします。なお、本研究は2021年度スポーツ庁「Sport in Life 推進プロジェクト(ターゲット横断的なスポーツ実施者の増加方策事業)」の委託事業として実施されたものです。

参考文献

- 1) 厚生労働省. 令和2年簡易生命表の概況. 2021. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life20/dl/life18-15.pdf> (アクセス日: 2022年3月12日).
- 2) 厚生労働省. 令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要. 2019. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf> (アクセス日: 2022年3月12日).
- 3) Wu B. Social isolation and loneliness among older adults in the context of COVID-19: a global challenge. Global

- Health Research and Policy. 2020; 5: 27.
- 4) 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.
- 5) Holmes EA, O'Connor RC, Perry VH, Tracey I, Wessely S, Arseneault L, Ballard C, Christensen H, Silver RC, Everall I, Ford T, John A, Kabir T, King K, Madan I, Michie S, Przybylski AK, Shafran R, Sweeney A, Worthman CM, Yardley L, Cowan K, Cope C, Hotopf M, Bullmore E. Multidisciplinary research priorities for the COVID-19 pandemic: a call for action for mental health science. *The Lancet. Psychiatry*. 2020; 7(6): 547-60.
- 6) Noguchi T, Saito M, Aida J, Cable N, Tsuji T, Koyama S, Ikeda T, Osaka K, Kondo K. Association between social isolation and depression onset among older adults: a cross-national longitudinal study in England and Japan. *BMJ Open*. 2021; 11(3): e045834.
- 7) Beauchamp MR, Hulteen RM, Ruissen GR, Liu Y, Rhodes RE, Wierts CM, Waldhauser KJ, Harden SH, Puterman E. Online-delivered group and personal exercise programs to support low active older adults' mental health during the COVID-19 pandemic: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2021; 23(7): e30709.
- 8) Gothe NP, Erlenbach E. Feasibility of a yoga, aerobic and stretching-toning exercise program for adult cancer survivors: the STAYFit trial. *Journal of Cancer Survivorship*. 2021; 1-10.
- 9) Schwartz H, Har-Nir I, Wenhoda T, Halperin I. Staying physically active during the COVID-19 quarantine: exploring the feasibility of live, online, group training sessions among older adults. *Translational Behavioral Medicine*. 2021; 11(2): 314-22.
- 10) Kwan RYC, Salihu D, Lee PH, Tse M, Cheung DSK, Roopsawang I, Choi KS. The effect of e-health interventions promoting physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*. 2020; 17: 7.
- 11) UR 都市機構ホームページ. https://www.ur-net.go.jp/chintai_portal/tenant/tokyo/20_260.html (アクセス日: 2022年4月29日).
- 12) 八王子市. 八王子市住民基本台帳町丁別年齢別人口(令和3年6月末日現在). <https://www.city.hachioji.tokyo.jp/hachioji/jinko/005/p029078.html> (アクセス日: 2022年4月29日).
- 13) Hyodo K, Jindo T, Suwabe K, Soya H, Nagamatsu T. Acute effects of light-intensity, slow-tempo aerobic dance exercise on mood and executive function in older adults. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2019; 117: 8-16.
- 14) Hyodo K, Suwabe K, Yamaguchi D, Soya H, Arao T. Comparison between the effects of continuous and intermittent light-intensity aerobic dance exercise on mood and executive functions in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021; 13: 723243.
- 15) エムむすびホームページ. <https://m-musubi.or.jp/> (アクセス日: 2022年2月10日).
- 16) 小林江里香, 藤原佳典, 深谷太郎, 西真理子, 斉藤雅茂, 新開省二. 孤立高齢者におけるソーシャルサポートの利用可能性と心理的健康 同居者の有無と性別による差異. *日本公衆衛生雑誌*. 2011; 58(6): 446-56.
- 17) 総務省. 令和2年通信利用動向調査報告書(世帯編). https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/pdf/HR202000_001.pdf (アクセス日: 2022年4月29日).

〔二次出版〕

連続的な様式と間欠的な様式の低強度エアロビックダンス運動が高齢者の気分と実行機能に与える効果の比較 —Frontiers in Aging 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⁾, 諏訪部和也^{2, 3)}, 山口大輔¹⁾, 征矢英昭^{3, 4)}, 荒尾 孝¹⁾

SUMMARY

一過性の中強度運動が高齢者の実行機能を向上させることを報告するエビデンスが増加している。しかし、安全性、実践可能性、継続性の観点から、高齢者の実行機能を向上させるためには中強度でストレスのかかる運動よりも、負担が少なく、簡単に、楽しく実践できる運動のほうが好ましい。したがって、低強度のエアロビックダンス運動(low intensity aerobic dance exercise: LADE)に実行機能への有益な効果があるならば、高齢者の実行機能向上に適した運動である可能性がある。また、有酸素運動の様式として、間欠運動は連続運動よりも気分や実行機能への効果が大きい可能性があり注目されているが、高齢者における効果は不明である。そこで本研究では、間欠的な LADE (Intermittent LADE: I-LADE) の気分および実行機能に対する一過性効果を、連続的な LADE (Continuous LADE: C-LADE) と比較することを目的とした。15名の健康な高齢者を対象に、10分間の I-LADE と C-LADE を別々の日に実施した。運動の楽しさは身体活動の楽しさ尺度(physical activity enjoyment scale: PACES)を用いて評価した。運動中の快感情、運動後の快適度と覚醒度は、それぞれ Feeling Scale と two-dimensional mood scale を用いて評価した。実行機能は、運動前後でストループ課題を用いて評価した。その結果、運動中の快感情と運動の楽しさは、C-LADE よりも I-LADE で高かった。覚醒度、快適度、ストループ課題成績は両 LADE 後に高まり、両運動条件間で差はなかった。これらの結果から、運動後の気分や実行機能の向上は C-LADE と I-LADE で差がないが、I-LADE は C-LADE より楽しく快適に実践できる可能性があることが示唆された。本研究は、高齢者が楽しく実行機能を高められる運動条件の開発に役立つと考えられる。

Key words: 加齢, エアロビックダンス運動, 軽体操, インターバル, 運動の楽しさ, 情動, ストループ

緒 言

これまでの研究で、身体活動や運動が加齢に伴

う認知機能の低下を予防する有益な効果があることが報告されている^{1,2)}。慢性運動(長期間の定期的な運動)の有益な効果に加え、いくつかの研究

1) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

2) 流通経済大学スポーツ健康科学部

3) 筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス
先端研究センター (ARIHHP)

4) 筑波大学人間総合科学研究科運動生化学研究室

Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.
Faculty of Health and Sport Sciences, Ryutsu Keizai University, Ibaraki, Japan.

Sport Neuroscience Division, Advanced Research Initiative for Human High Performance
(ARIHHP), Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

Laboratory of Exercise Biochemistry and Neuroendocrinology, 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。

Hyodo K, Suwabe K, Yamaguchi D, Soya H, Arai T. Comparison between the effects of continuous and intermittent light-intensity aerobic dance exercise on mood and executive functions in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2021; 13: 723243.

では、一過性の運動が高齢者の認知機能にプラスの効果をもたらすことが報告されている。これらの研究の多くは、ワーキングメモリ、抑制制御、目標達成に向けた計画を含む高次の認知プロセスである実行機能³⁾に対する運動の効果に着目されており、ランニングや自転車運動などの中高強度の運動^{4,7)}、レジスタンス運動⁶⁾、これらの運動の組み合わせ⁸⁾などが実行機能を高めることが明らかにされている。しかし、自分の身体機能に不安がある高齢者や、運動に対するモチベーションが低い高齢者が、中高強度の運動を実践、継続することは難しい⁹⁾。ここで、運動中や運動後の気分変化は、運動意欲や実行機能への影響という観点から重要な要素である。なぜなら、運動に関連した気分変化(運動中のポジティブな感情や運動の楽しさ)が次の運動につながる¹⁰⁾や、運動による気分変化(覚醒度や快適感など)が認知機能の向上と関連すること^{8,11,12)}が報告されているからである。したがって、高齢者が手軽に楽しく行え、気分や実行機能に効果的な運動の最適な特性を明らかにすることが必要である。

高齢者の運動に関する安全性、実行可能性、楽しさという点では、強度、種類、様式などの運動特性が重要な要素である。運動強度については、低強度の運動は高齢者にとってストレスが少なく、安全に実行しやすい。気分を与える影響については、低強度の運動は中強度の運動よりも運動中の快適度を誘発する可能性がある¹³⁾。実行機能への影響については、高齢者の実行機能の改善に一過性低強度運動が有効かどうかは、まだ議論の余地がある。我々の研究では、10分間の低強度のサイクリング運動が、ストループ課題で評価される若年成人の実行機能を高めることを明らかにしている¹¹⁾。Dawe ら¹⁴⁾と Stones ら¹⁵⁾は、15分間の低強度の身体運動(例えば、歩行や座りながらのゆっくりしたりリズムに合わせた全身運動)が、高齢者の言語流暢性パフォーマンスを向上させることを報告している。また、最近の研究では有酸素運動に加えて、ヨガや仮想現実トレーニングなども実行機能に有益な効果をもたらすことが明らかに

なっている¹⁶⁻¹⁸⁾。一方、Kamijo ら⁷⁾は、一過性の低強度の自転車運動は、フランクフルト課題を用いて評価した高齢者の実行機能が向上しなかったことを報告している。

運動の種類として、ダンスは高齢者に親しみやすく気分や認知機能に有益な効果があるため、高齢者に適していると考えられる。Fan ら¹⁹⁾は、National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) のデータに基づき、アメリカの高齢女性の余暇の身体活動としてのダンスへの参加率は、ウォーキングに次いで第2位であると報告している。また、ダンスは認知的・身体的負荷が大きいことから²⁰⁾、認知機能を効果的に高める運動の一種として注目されている²¹⁾。Kimura ら²²⁾は、一過性の低強度(40% $\dot{V}O_2$ ピーク)エアロビックダンス運動(low intensity aerobic dance exercise; LADE)が高齢者の空間ワーキングメモリ課題の成績を高めることを報告している。更に、我々の最近の研究では、一過性の LADE が心理的活性度と快適度を向上させ、ストループ課題の成績で評価される実行機能を向上させることを明らかにした²³⁾。更に、システマティックレビューにおいて、Predovan ら²⁴⁾は、長期的なダンス介入は高齢者の認知機能の改善または維持に役立つ可能性があることを報告している。気分への影響については、これまでの研究で、ADE クラスへの参加は、活力を高め、怒りや抑うつを減少させるなど、一過的に気分を改善させることが明らかになっている²⁵⁻²⁸⁾。

運動を連続的に行うか、休憩を挟んで間欠的(インターバルを置いた短い運動を複数回行う運動)に行うかということも、気分や認知機能への効果に影響を与える重要な特性であると考えられる。連続的な有酸素運動(1回の連続した運動)は、若年者および高齢者の気分や実行機能にプラスの効果をもたらすことが広く報告されている^{5,29,30)}。近年、間欠的運動は時間効率が良く、身体機能だけでなく^{31,32)}、若年成人の気分や認知機能にも有益な効果があるとして注目されている³³⁻³⁶⁾。いくつかの研究は、間欠的な運動が、達成感の増加³⁷⁾、神経効率³⁸⁾または前頭前野の活性化³⁹⁾を介して連

続的な運動よりも楽しさや実行機能に対してよりポジティブな効果をもたらすことを明らかにした。しかし、前述の研究のほとんどは間欠的な高強度運動を用いたものであり、我々の知る限り、高齢者の気分や認知機能に対する間欠的な低強度運動の効果を調べた研究はない。

これまでのエビデンスに基づき、我々は、間欠的 LADE (Intermittent LADE: I-LADE) は高齢者にとって安全で楽しく実践でき、また気分と認知機能の維持・向上に効果的であると仮定した。この仮説を検証する第一歩として、高齢者の気分と実行機能に対する I-LADE の一過性効果を連続的 LADE (Continuous LADE: C-LADE) と比較して検証することを目的とした。

方 法

A. 参加者

地元の雑誌の広告で参加者を募り、15名の高齢者(65～74歳)が実験に参加した。本研究への参加基準は、①右利きであること、②視力が正常または矯正されていること、③精神疾患、④中枢神経系の疾患、⑤心血管系疾患の既往がないこと、⑥認知機能が正常であること(Mini-Mental State Examination [MMSE] score > 28)、⑦抑うつ状態ではないこと(Geriatric Depression Scale [GDS] score < 7)とした。参加者は全員、運動習慣があった(週2日以上運動、例：ウォーキング、水泳)。参加者特性を表1に示す。

本研究に先立ち、参加者全員から書面によるインフォームド・コンセントを得た。本研究は、公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得た(承認番号：28003)。

B. 実験手順

参加者はそれぞれ日を空けて3回研究室を訪れた。初回には、基本属性のアンケート、MMSEとGDSの質問票を用いて、既往歴、生活習慣、認知的、心理的な状態を確認した。その後、実行機能を評価する心理テストであるストループ課題に慣れるために、ストループ課題の練習を2回行った。また、運動介入として用いたエアロビッ

表1. 参加者特性(n = 15)

	男性(n = 7)		女性(n = 8)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
年齢[歳]	71.1	2.9	70	2.5
身長[cm]	164	4.8	150	4.4
体重[kg]	60.3	5.6	47.8	6.6
BMI[kg/m ²]	22.4	1.4	21.2	2.0
教育歴[年数]	13	2.5	13	1.9
MMSE[得点]	29.3	0.95	28.6	1.2
GDS[得点]	1.7	1.6	1.8	1.9

BMI: ボディマス指数, MMSE: ミニメンタルステート検査, GDS: 高齢者用うつ尺度

クダンスのプログラムを1回練習した。

2回目と3回目の来所時に、C-LADEとI-LADEが気分と実行機能に及ぼす一過性効果を、カウンターバランスをとった被験者内デザインにより評価した。2つの運動条件は、平均5日間(2～12日間)の間隔を空けて実施した。実験手順を図1に示す。まず、参加者はストループ課題の短い練習(20試行)の後、本試行を実施した。次に、二次元気分尺度(two dimensional mental state: TDMS)を用いて気分を評価した。その後、I-LADEまたはC-LADEを10分間実施した。運動前と運動開始2, 4, 6, 8, 10分後に、各参加者から口頭でFeeling Scale(FS)スコアと自覚的運動強度(RPE)を聞き取った。心拍数はPolar H7(Polar Electro Oy, Kempele, Finland)を用いて運動中にモニターした。運動直後、参加者はTDMSと身体活動の楽しさ尺度(physical activity enjoyment scale: PACES)に回答した。最後、運動終了5分後にストループ課題を実施した。運動条件の順序は、参加者間でカウンターバランスをとった。

C. 運動介入

本研究で行うLADE介入として、「スローエアロビック®」を使用した(図2)。この運動は主に3つの動的な上半身の運動(1. 上体をひねる, 2. 胸を開く, 3. 体側を伸ばす)で構成される。C-LADEは3つの動作を40秒ずつ(合わせて120秒)を5セット行い、運動テンポは90 bpmとした。一方、I-LADEは、3つの動作を30秒ずつ(合わ

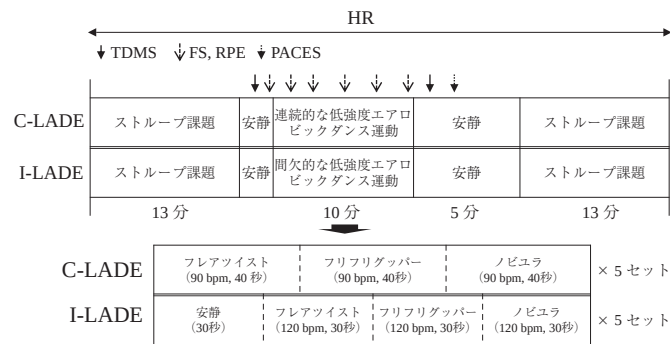


図 1. 実験手順

C-LADE: 連続的な低強度エアロビックダンス運動, I-LADE: 間欠的な低強度エアロビックダンス運動, HR: 心拍数, TDMS: 二次元気分尺度, FS: 快感情尺度, RPE: 自覚的運動強度, PACES: 身体活動の楽しさ尺度

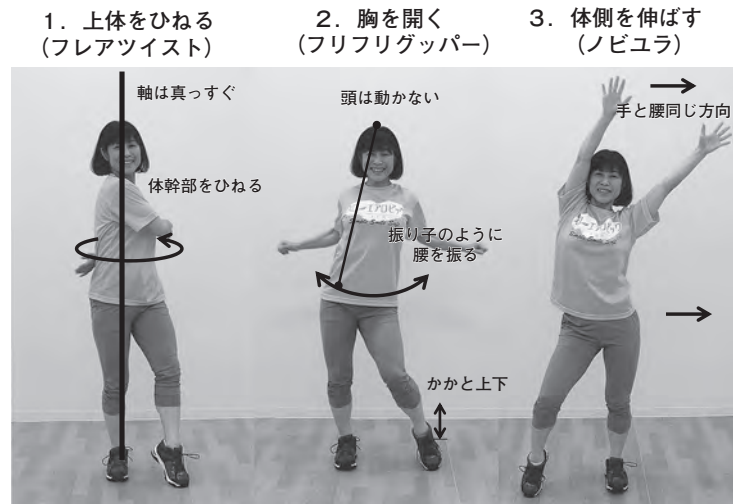


図 2. スローエアロビック®の3つの動き

せて90秒)を1セットとし、30秒の休憩を挟んで5セット行い、運動テンポは120 bpmとした。各動作の繰り返し回数は、2つの LADE プログラムで等しくした。各参加者は、オリジナル音楽が流れるチュートリアルビデオを見ながら、各 LADE 動作を一人で実施した⁴⁰⁾。

D. 運動強度

運動が低強度の範囲であることを確認するため、客観的運動強度と主観的運動強度をそれぞれ心拍予備率(heart rate reserve: HRR)と RPE を用いて評価した。各参加者の HRR を以下の式で算出した。

$$HRR = \frac{HR \text{ during exercise} - resting HR}{predicted \text{ max } HR - resting HR} * 100 (\%)$$

予測最大 HR は、以下の式で算出した⁴¹⁾。

$$208 - 0.7 \times \text{age}$$

主観的な運動強度については、運動中の平均 RPE を使用した。

E. 気分に関連した変数

運動の楽しさを評価するために、PACES^{42,43)}の日本語版を使用した。PACES は18項目からなり、7件法で採点される。総点数の最小値は18点で、最大値は126点である。

運動中の参加者の気分を評価するためには、単項目の FS を用いた⁴⁴⁾。これは、参加者の快感情(快・不快)を、-5 (非常に悪い)から+5 (非常に良い)までの11件法で評価するものである。運

動中の FS スコアの平均値を算出し、運動中の気分が快か不快かを評価した。

共通手法の分散を最小限にするため、運動中と運動後の参加者の気分の評価には、異なる質問票を使用した。運動後の気分の評価には TDMS⁴⁵⁾を使用した。参加者は、快適度と覚醒度に関連する 8 つの心理状態(イキイキ, 無気力, 落ち着き, イライラなど)を 0 (全くない)から 5 (非常にある)までの 6 件法で評価し、その点数をもとに快適度, 覚醒度を計算した(-20~20点)。

F. 実行機能

PC を用いた color-word matching stroop 課題^{46,47)}を用いて実行機能を評価した。モニターに 2 列の文字および記号が提示された。参加者は、上段の文字または記号の色が下段に表示された色名と一致するかどうかを判断し、「はい」または「いいえ」に対応する C と N のキーを人差し指でできるだけ速く正確に押すことを求められた。課題は、30回の中立試行と30回の不一致試行が無作為の順序で提示された。中立試行では、上段に“XXXX”という文字列が赤, 緑, 青, 黄のいずれかの色で表示され、下段には“あか”(英語では Red), “みどり”(英語では Green), “あお”(英語では Blue), “きいろ”(英語では Yellow)という単語が黒色で表示された。不一致試行では、上段に“あか”, “みどり”, “あお”, “きいろ”の単語が不一致の色(例えば“あか”は緑色)で表示された。単語刺激はすべて日本語で表示された。視覚的注意を上段から下段に移すため、上段は下段より350ミリ秒早く表示された。プロトコルは、「はい」を正解とする試行と「いいえ」を正解とする試行の数を同じにした。試行間は、次の試行のタイミングが予測されないように、9~12秒の間、十字マークが表示された。正解率と正解の反応時間を測定した。実行機能の指標として、先行研究^{5,11,30,48)}と同様にストループ干渉時間(不一致と中立試行の反応時間の差)を使用した。

G. 統計解析

HRR, RPE, PACES スコアは、対応のある t 検定を用いて 2 つの運動条件間で比較した。FS ス

コア, TDMS スコア, ストループ干渉時間については、運動条件(C-LADE/I-LADE)と時間(運動前/後, または運動前/運動中)の要因の二元配置反復測定分散分析(ANOVA)を行った。有意な交互作用が認められた場合、運動条件間で運動前後の変化量を t 検定を使用して比較した。また、運動条件間で有意差のある変数については、ピアソン相関分析を行い、両者の関係性を検討した。すべての統計解析は R バージョン 3.5.1 (R Core Team 2018)を用いて実施した。有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

A. 運動強度

C-LADE と I-LADE の HRR (平均 ± 標準偏差)は、それぞれ 19.4 ± 6.50 と $22.4 \pm 6.91\%$ であった。C-LADE および I-LADE 時の RPE はそれぞれ 10.3 ± 1.69 および $10.6 \pm 1.9\%$ であった。2 つの運動条件間の HRR ($t(14) = 1.77, P = 0.10, d = 0.46$) および RPE ($t(14) = 1.01, P = 0.31, d = 0.28$) に有意な差はみられなかった。

B. 気分関連指標

図 3 に、PACES, FS, TDMS のスコアを示す。運動前の FS スコアが最大(5点)の参加者 1 名のデータは、FS スコアの解析から除外した。PACES スコアは、C-LADE 後よりも I-LADE 後のほうが有意に高かった($t(14) = 3.10, P < 0.01, d = 0.80$) (図 3 A)。

FS スコアに関する二元配置分散分析では、有意な交互作用($F(1, 13) = 6.24, P = 0.023, \eta^2 = 0.324$)と時間の主効果($F(1, 13) = 35.24, P < 0.01, \eta^2 = 0.732$)が認められた。運動プログラムの主効果は有意ではなかった($F(1, 13) = 0.21, P = 0.66, \eta^2 = 0.016$)。FS スコアの変化は C-LADE よりも I-LADE で有意に高かった($t(13) = 2.31, P = 0.049, d = 0.80$) (図 3 B)。

TDMS について、快適度の二元配置分散分析では、時間の主効果が有意であった($F(1, 14) = 14.42, P < 0.01, \eta^2 = 0.507$)。有意な交互作用($F(1, 14) = 0.03, P = 0.86, \eta^2 = 0.002$)および運動条

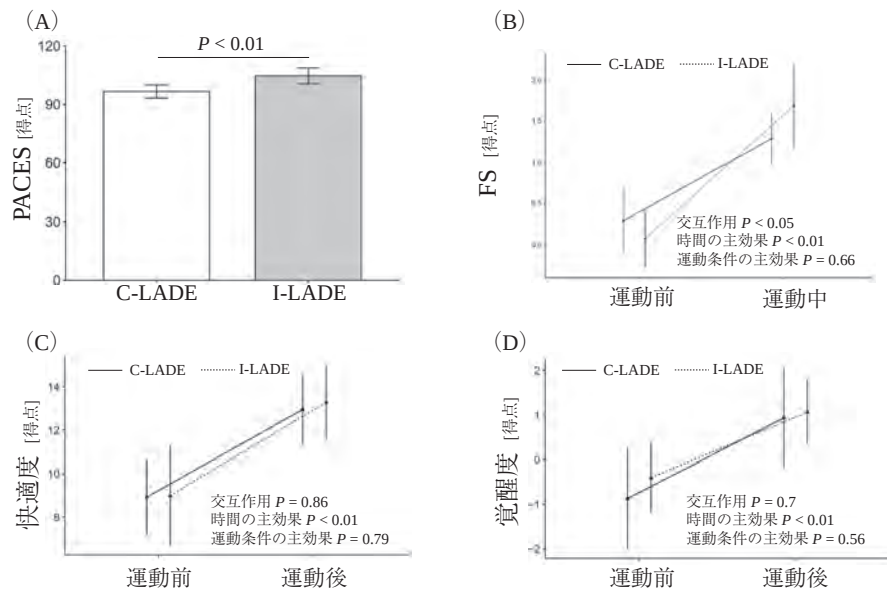


図3. 気分関連変数の結果

グラフは平均と標準偏差を示す。(A)のP値は対応のあるt検定の結果を示す。(B), (C), (D)のP値は時間と運動条件の2要因の分散分析の結果を示す。

C-LADE: 連続的低強度エアロビックダンス運動, I-LADE: 間欠的低強度エアロビックダンス運動, PACES: 身体活動の楽しさ尺度, FS: 快感情尺度

表2. ストループ課題成績

n = 15	C-LADE				I-LADE			
	運動前		運動後		運動前		運動後	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
正解率[%]								
中立試行	99.3	1.9	99.8	0.9	99.3	1.4	99.1	1.5
不一致試行	96.7	3.6	96.4	3.7	98.0	3.0	96.9	3.9
反応時間[ミリ秒]								
中立試行	744.6	130.6	729.4	96.7	756.3	129.9	716.0	112.4
不一致試行	928.9	219.4	891.8	202.8	927.4	231.2	870.9	177.4

C-LADE: 連続的低強度エアロビックダンス運動, I-LADE: 間欠的低強度エアロビックダンス運動

件の主効果 ($F(1, 14) = 0.08, P = 0.79, \eta^2 = 0.005$) はみられなかった。快適度に加え、覚醒度も時間の有意な主効果がみられたが ($F(1, 14) = 15.05, P < 0.01, \eta^2 = 0.518$)、有意な交互作用 ($F(1, 14) = 0.15, P = 0.7, \eta^2 = 0.011$) および運動条件の主効果 ($F(1, 14) = 0.35, P = 0.56, \eta^2 = 0.024$) はみられなかった。

C. 実行機能

表2は、運動前後の中立試行と不一致試行の正解率および反応時間を示す。実行機能に対する運動の一過性効果を調べるために、ストループ干渉

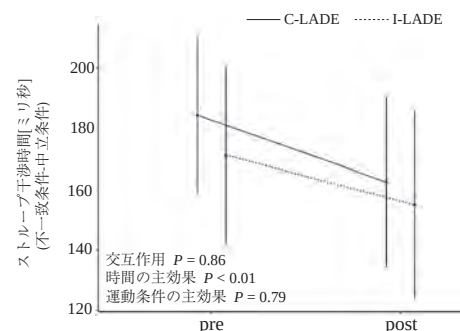


図4. 各運動条件のストループ干渉時間の変化
平均と標準偏差を示す。P値は時間と運動条件を要因とする2要因分散分析の結果を示す。

時間(不一致試行と中立試行の反応時間の差)を分析した。二元配置分散分析の結果、時間の主効果は有意であり($F(1, 14) = 4.74, P = 0.05, \eta^2 = 0.253$)、ストループ干渉時間は運動前に比べて運動後で有意に短かった(図4)。しかし、有意な交互作用($F(1, 14) = 0.03, P = 0.86, \eta^2 = 0.002$)や運動条件の主効果($F(1, 14) = 0.47, P = 0.50, \eta^2 = 0.033$)はみられなかった。

D. 相関分析

運動条件間で PACES および FS スコアに有意差が認められたため、FS スコア変化の差(I-LADE での $\Delta FS - C-LADE$ での ΔFS)と PACES スコアの差(I-LADE での PACES - C-LADE での PACES)の関係を評価するためにピアソンの相関分析を行った。両者の間には有意な相関は認められなかった($r = 0.097, P = 0.74$)。この結果は、運動条件間の FS と PACES の違いに、異なる要因が関与していることを示唆している。

考 察

本研究では、高齢者に対して I-LADE が気分および実行機能に与える一過性の影響を C-LADE と比較することを目的とした。I-LADE は C-LADE と比較して、心理的覚醒度や快適度、楽しさ、実行機能に対する運動の一過性効果が大きいと仮定した。この仮説は本研究で一部確認された。本研究の結果、参加者は C-LADE よりも I-LADE でより運動中に気分が高まり、運動を楽しく感じていた。しかし、運動前後の覚醒度、快適度、実行機能の変化には、運動条件による違いはみられなかった。これらの結果から、高齢者において、I-LADE は C-LADE よりも楽しく運動できるが、運動後の気分や実行機能に対する向上効果は、運動条件間で差がないことが示唆された。

運動強度については、有意差はないものの、運動条件間で小さい効果量が観察された。この点に関して、両運動における HRR は低強度の範囲内であり、両運動間の HRR の平均値の差(3%)は、生理反応(代謝、呼吸系など)⁴⁹⁾や情動反応⁵⁰⁾にほとんど影響のない小さな差であると考えられる。

更に、運動間の HRR の差は、運動間の FS および PACES の差($r = -0.12, r = -0.18$)とは相関がなかった。これらの結果から、FS と PACES の運動間における違いは、運動強度の差ではなく、運動様式の違いによるものであることが示唆される。

本研究における運動の楽しさの結果は、若年成人において間欠的な運動が連続的な運動よりも楽しいと報告した先行研究^{34,37,51)}と一致した。この結果は、高齢者においては、低い強度でも間欠的な運動のほうが連続的な運動よりも楽しい可能性を示唆している。運動の楽しさは、運動の習得や達成感などの認知的評価と関連している^{37,52)}。したがって、短いセッション数を多く含む I-LADE は、1 セッションのみの C-LADE と比較して達成感を高め、より楽しさを感じた可能性がある。

I-LADE で FS への効果が大きいことについては、間欠的な高強度運動を用いた先行研究と一致しない。間欠的運動と連続的運動の気分への影響の違いを検討したメタ分析では、間欠的高強度運動中の気分は連続的中強度運動中の気分より低いが、連続的高強度運動中との比較では気分には差がないと報告されている⁵³⁾。本研究と先行研究の結果の違いは、デュアルモード理論(DMT)⁵⁴⁾によって説明できる。この理論によれば、運動中の気分は、自己効力感などの認知的パラメータと、換気やアシドーシスなどの内受容感覚との相互作用によって制御される。例えば、運動強度が換気閾値や乳酸閾値以下であれば、認知パラメータは気分に対する正の影響を与える。しかし、運動強度がこれらの閾値を上回ると、内受容感覚が気分に対する負の影響を与える。DMT に基づくと、中強度以上の運動では強度が運動中の気分に対して強く影響する可能性があるため、運動様式が気分に対して及ぼす影響は小さい可能性がある。一方、本研究の I-LADE と C-LADE はともに低強度のプログラムであるため、運動特性の違い(間欠的か連続的か)が気分に影響を与える可能性がある。I-LADE は C-LADE に比べ、運動中の自己効力感や自尊心に大きな影響を与え、運動中の気分をより快適にしたことが考えられる。

I-LADE 中の気分は C-LADE 中よりも快適で

あったが、運動直後の TDMS で測定した快適度は 2 つの運動条件間で差はなかった。この結果は、I-LADE の運動中の快適度が C-LADE に比べて高いことが、運動後に維持されていないことを示している。この運動後の気分に変化がないという結果は、運動強度が運動中の気分に影響を与えるが、運動後にはその効果が消失するという先行研究と一致する^{13,55)}。この結果の説明として、運動中の情動反応は運動による身体感覚が直接的に作用するが、運動後には消失することが指摘されている^{51,55)}。この説明を本研究に当てはめると、運動中、C-LADE に比べ I-LADE ではリズムカルで変化に富んだ動きに伴う多くの身体的感覚により快感が高まった可能性がある。しかし、運動終了後は運動による刺激が消失するため、運動様式による差異が生じなかったと考えられる。運動様式の違いが気分を与える影響は運動直後に消失する可能性があるが、先行研究では運動中の気分変化が将来の身体活動に関係することが報告されている¹⁰⁾。したがって、I-LADE 中の気分がより快適であることは、今後の身体活動や運動の促進という点で意味があると考えられる。

心理的覚醒度については、いずれの LADE も覚醒度を上昇させたが、条件間で有意な差はみられなかった。運動強度は、心理的・生理的覚醒度と強く関連している⁵⁴⁾。本研究では 2 つのプログラム間で運動強度に有意差がなかったことから、運動に対する覚醒反応にも両運動間で有意差がなかったと考えられる。

実行機能に関しては、ストループ干渉時間は両運動後に短縮し、その変化に有意差は認められなかった。これらの結果は、低強度のエアロビックス運動では、運動様式の違い(間欠的か連続的か)によって運動による高齢者の実行機能の変化に違いがないことを示唆している。この結果は、間欠的な運動が連続的な運動と比較してストループ課題^{36,39)}やフランカー課題³⁸⁾などの実行課題パフォーマンスを改善したという先行研究と一致しない。これらの研究では、高強度の間欠的運動と中強度の連続的運動を比較しているが、同じ運動

強度の範囲内で効果を比較した研究はない。したがって、同じ運動強度の範囲内であれば、間欠的運動と連続的運動の実行機能への効果は変わらない可能性がある。本研究とは運動様式や運動強度が異なるが、この仮説は、中強度の有酸素運動とレジスタンス運動の両方が高齢者のストループ課題成績を同程度に高めた先行研究⁶⁾により支持される。更に、先行研究^{8,11,12)}では、実行機能の向上は気分(覚醒度や活力など)の向上と関連していると報告された。これらのことから、本研究で LADE によるストループ干渉の時間変化に差がなかったのは、2 つの運動後で快適度や覚醒度の変化に差がなかったためではないかと考えられる。最後に、本研究のエアロビックス運動は運動強度が低いため、実行機能に対する改善効果が小さく⁷⁾、条件間で差がみられなかった可能性もある。つまり、本研究では対照条件がないため、両条件の短縮が学習/慣れ効果による可能性も否定できない。しかし、この点については、以下の 2 点から学習効果への影響は少なかったと考えられる。①参加者は練習日中にストループ課題に慣れ、1 回目と 2 回目の練習でストループ干渉時間に差がなかった。②同条件の先行研究の結果、安静条件ではストループ干渉時間が変化しないことが繰り返して示されている^{5,11,30,35)}。今後、エアロビックス運動の間欠的・連続的な運動が実行機能に及ぼす効果をより詳細に比較するためには、安静条件を置くこととともに、さまざまな強度で比較することが必要である。

本研究には、いくつかの限界がある。まず、前述のとおり本研究では安静対照条件を設けなかったことから、気分や実行機能の向上は、運動効果によるものだけではない可能性がある。第二に、本研究ではサンプル数が少ないため、統計的検出力が低く、2 つの運動条件間の効果の差を検出できなかった可能性がある。このため、2 つの運動条件間で有意な差がない変数については、明確な結論を出すことは避けるべきである。第三に、この研究の参加者は運動習慣のある高齢者であり、この結果が運動不足の高齢者に適用されるかどうか

かは不明である。最後に、実行機能の評価にはストループ課題のみを用いたため、認知の柔軟性や作業記憶など実行機能の他の側面がエアロビックダンス運動の様式の違いによって異なる影響を受けるかどうかは不明である。

本研究の結果から、LADE を連続または間欠的に行うことは、高齢者の運動後の気分および実行機能への影響に差はみられないが、間欠的な運動は連続的な運動よりも楽しく、快感情を惹起することが示唆された。したがって、間欠的な運動様式は、低強度の運動であっても、高齢者の気分や実行機能を向上し、運動継続率を高める可能性がある。本研究は、気分や実行機能を高めるために、多くの高齢者が実行できる運動プログラムの開発に役立つと考えられる。運動の効果を更に明らかにするために、運動不足の高齢者を含むより大きなサンプルサイズによる更なる研究が必要である。

利益相反

本論文に関して、開示すべき利益相反関連事項はない。

オーサーシップ

兵頭和樹氏は、研究計画立案、データ収集、データ解析、本原稿の初稿執筆に貢献した。諏訪部和也氏は、研究計画立案、方法論開発、データ解析、原稿の修正に貢献した。山口大輔氏は、データ修正と原稿の改訂に貢献した。征矢英昭氏はプロジェクトの資金調達と原稿の修正に貢献した。荒尾孝氏はデータ解析と原稿の修正に貢献した。提出された原稿は全著者によって承認された。

資金

本研究の一部は科学研究費新学術領域研究(「ウィルダイナミクス」16H06401)、科研費(若手研究19K20138)、科学技術振興機構(JST)助成金(JPMJMI19D5)、および筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センターの共同研究助成により実施された。

謝辞

スローエアロビックダンス®の開発に貢献された日本エアロビック連盟、本研究で使用した音楽作成にご助言いただいた河瀬諭氏に感謝する。英文校正はエディテージ(www.editage.com)に委託した。

参考文献

- 1) Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews: Neuroscience*. 2008; 9: 58-65.
- 2) Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, McAuley E, Harrison CR, Chason J, Vakil E, Bardell L, Boileau RA, Colcombe A. Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*. 1999; 400: 418-9.
- 3) Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howarter 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.
- 4) 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.
- 5) Hyodo K, Dan I, Suwabe K, Kyutoku Y, Yamada Y, Akahori M, Byun K, Kato M, Soya H. Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. *Neurobiology of Aging*. 2012; 33: 2621-32.
- 6) Johnson L, Addamo PK, Selva Raj I, Borkoles E, Wyckelsma V, Cyarto E, Polman RC. An acute bout of exercise improves the cognitive performance of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2016; 24: 591-8.
- 7) Kamijo K, Hayashi Y, Sakai T, Yahiro T, Tanaka K, Nishihira Y. Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*. 2009; 64: 356-63.
- 8) Nouchi R, Nouchi H, Kawashima R. A single 30 minutes bout of combination physical exercises improved inhibition and vigor-mood in middle-aged and older females: evidence from a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2020; 12: 179.
- 9) Schutzer KA, Graves BS. Barriers and motivations to exercise in older adults. *Preventive Medicine*. 2004; 39: 1056-61.
- 10) Rhodes RE, Kates A. Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. *Annals of Behavioral Medicine*. 2015; 49: 715-31.
- 11) 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.

- 12) Suwabe K, Hyodo K, Fukuie T, Ochi G, Inagaki K, Sakairi Y, Soya H. Positive mood while exercising influences beneficial effects of exercise with music on prefrontal executive function: a functional NIRS study. *Neuroscience*. 2021; 454: 61-71.
- 13) Ekkekakis P, Parfitt G, Petruzzello SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities: decennial update and progress towards a tripartite rationale for exercise intensity prescription. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2011; 41: 641-71.
- 14) Dawe D, Moore-Orr R. Low-intensity, range-of-motion exercise: invaluable nursing care for elderly patients. *Journal of Advanced Nursing*. 1995; 21: 675-81.
- 15) Stones MJ, Dawe D. Acute exercise facilitates semantically cued memory in nursing home residents. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1993; 41: 531-4.
- 16) Burin D, Kawashima R. Repeated exposure to illusory sense of body ownership and agency over a moving virtual body improves executive functioning and increases prefrontal cortex activity in the elderly. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021; 15: 674326.
- 17) Burin D, Liu Y, Yamaya N, Kawashima R. Virtual training leads to physical, cognitive and neural benefits in healthy adults. *NeuroImage*. 2020; 222: 117297.
- 18) Wu C, Yi Q, Zheng X, Cui S, Chen B, Lu L, Tang C. Effects of mind-body exercises on cognitive function in older adults: a meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2019; 67: 749-58.
- 19) Fan JX, Kowaleski-Jones L, Wen M. Walking or dancing: patterns of physical activity by cross-sectional age among U.S. women. *Journal of Aging and Health*. 2013; 25: 1182-203.
- 20) Brown S, Martinez MJ, Parsons LM. The neural basis of human dance. *Cerebral Cortex*. 2006; 16: 1157-67.
- 21) Hewston P, Kennedy CC, Borhan S, Merom D, Santaguida P, Ioannidis G, Marr S, Santesso N, Thabane L, Bray S, Papaioannou A. Effects of dance on cognitive function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing*. 2021; 50: 1084-92.
- 22) Kimura K, Hozumi N. Investigating the acute effect of an aerobic dance exercise program on neuro-cognitive function in the elderly. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012; 13: 623-9.
- 23) Hyodo K, Jindo T, Suwabe K, Soya H, Nagamatsu T. Acute effects of light-intensity, slow-tempo aerobic dance exercise on mood and executive function in older adults. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2019; 117: 8-16.
- 24) Predovan D, Julien A, Esmail A, Bherer L. Effects of dancing on cognition in healthy older adults: a systematic review. *Journal of Cognitive Enhancement*. 2019; 3: 161-7.
- 25) Lane A, Hewston R, Redding E, Whyte GP. Mood changes following modern-dance classes. *Social Behavior and Personality: An International Journal*. 2003; 31: 453-60.
- 26) Maroulakis E, Zervas Y. Effects of aerobic exercise on mood of adult women. *Perceptual and Motor Skills*. 1993; 76: 795-801.
- 27) McInman AD, Berger BG. Self-concept and mood changes associated with aerobic dance. *Australian Journal of Psychology*. 1993; 45: 134-40.
- 28) Pierce EF, Pate DW. Mood alterations in older adults following acute exercise. *Perceptual and Motor Skills*. 1994; 79: 191-4.
- 29) Hogan CL, Mata J, Carstensen LL. Exercise holds immediate benefits for affect and cognition in younger and older adults. *Psychology and Aging*. 2013; 28: 587-94.
- 30) Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, Kato M, Okamoto M, Kyutoku Y, Soya H. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage*. 2010; 50: 1702-10.
- 31) Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*. 2012; 590: 1077-84.
- 32) Tjønnå AE, Leinan IM, Bartnes AT, Jenssen BM, Gibala MJ, Winett RA, Wisløff U. Low- and high-volume of intensive endurance training significantly improves maximal oxygen uptake after 10-weeks of training in healthy men. *PloS One*. 2013; 8: e65382.
- 33) Ai JY, Chen FT, Hsieh SS, Kao SC, Chen AG, Hung TM, Chang YK. The effect of acute high-intensity interval training on executive function: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18: 3593.
- 34) Bartlett JD, Close GL, MacLaren DPM, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29: 547-53.
- 35) Kujach S, Byun K, Hyodo K, Suwabe K, Fukuie T, Laskowski R, Dan I, Soya H. A transferable high-intensity intermittent exercise improves executive performance in association with dorsolateral prefrontal activation in young adults. *NeuroImage*. 2018; 169: 117-25.

- 36) Tsukamoto H, Suga T, Takenaka S, Tanaka D, Takeuchi T, Hamaoka T, Isaka T, Hashimoto T. Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiology and Behavior*. 2016; 155: 224-30.
- 37) Hoekstra SP, Bishop NC, Leicht CA. Can intervals enhance the inflammatory response and enjoyment in upper-body exercise? *European Journal of Applied Physiology*. 2017; 117: 1155-63.
- 38) Kao SC, Westfall DR, Sonesson J, Gurd B, Hillman CH. Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology*. 2017; 54: 1335-45.
- 39) Lambrick D, Stoner L, Grigg R, Faulkner J. Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology*. 2016; 53: 1335-42.
- 40) Witek MA, Clarke EF, Wallentin M, Kringelbach ML, Vuust P. Syncopation, body-movement and pleasure in groove music. *PloS One*. 2014; 9: e94446.
- 41) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001; 37: 153-6.
- 42) Kendzierski D, DeCarlo KJ. Physical activity enjoyment scale: two validation studies. *Journal of Sport & Exercise Psychology*. 1991; 13: 50-64.
- 43) Marcus B, Forsyth L. Motivating people to be physically active. *Human Kinetics, Champaign*, 2006.
- 44) Hardy CJ, Rejeski WJ. Not what, but how one feels: the measurement of affect during exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1989; 11: 304-17.
- 45) Sakairi Y, Nakatsuka K, Shimizu T. Development of the Two-Dimensional Mood Scale for self-monitoring and self-regulation of momentary mood states. *Japanese Psychological Research*. 2013; 55: 338-49.
- 46) 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.
- 47) Zysset S, Müller K, Lohmann G, von Cramon DY. Color-word matching stroop task: separating interference and response conflict. *NeuroImage*. 2001; 13: 29-36.
- 48) Ochi G, Yamada Y, Hyodo K, Suwabe K, Fukuie T, Byun K, Dan I, Soya H. Neural basis for reduced executive performance with hypoxic exercise. *NeuroImage*. 2018; 171: 75-83.
- 49) Sanada K, Kuchiki T, Miyachi M, McGrath K, Higuchi M, Ebashi H. Effects of age on ventilatory threshold and peak oxygen uptake normalised for regional skeletal muscle mass in Japanese men and women aged 20-80 years. *European Journal of Applied Physiology*. 2007; 99: 475-83.
- 50) Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello SJ. Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. *Preventive Medicine*. 2004; 38: 149-59.
- 51) Martinez N, Kilpatrick MW, Salomon K, Jung ME, Little JP. Affective and enjoyment responses to high-intensity interval training in overweight-to-obese and insufficiently active adults. *Journal of Sport & Exercise Psychology*. 2015; 37: 138-49.
- 52) Kilpatrick MW, Greeley SJ, Collins LH. The impact of continuous and interval cycle exercise on affect and enjoyment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2015; 86: 244-51.
- 53) Niven A, Laird Y, Saunders DH, Phillips SM. A systematic review and meta-analysis of affective responses to acute high intensity interval exercise compared with continuous moderate- and high-intensity exercise. *Health Psychology Review*. 2021; 15: 540-73.
- 54) Ekkekakis P. Pleasure and displeasure from the body: perspectives from exercise. *Cognition and Emotion*. 2003; 17: 213-39.
- 55) Kilpatrick M, Kraemer R, Bartholomew J, Acevedo E, Jarreau D. Affective responses to exercise are dependent on intensity rather than total work. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007; 39: 1417-22.

〔二次出版〕

加速度計評価に基づく座位行動および身体活動と 非アルコール性脂肪肝疾患との量反応関係 —Alimentary Pharmacology and Therapeutics に 掲載された英語論文の日本語による二次出版—

角田憲治^{1, 2)}, 北濃成樹²⁾, 甲斐裕子²⁾, 神藤隆志^{2, 3)}, 内田 賢⁴⁾, 荒尾 孝²⁾

SUMMARY

背景：加速度計で評価した座位行動および身体活動と非アルコール性脂肪肝疾患 (NAFLD) との関連はいくつかの研究で確認されているが、身体活動の強度や、各行動時間の相互依存関係を考慮した検討は行われていない。

目的：横断データに基づき、加速度計で評価した座位行動および身体活動と NAFLD との量反応関係を 3 次スプライン解析で検証する。また、24 時間における各行動の共依存関係を組成データ解析 (CoDA) により検証する。

方法：2017 年 5 月から 2020 年 2 月に明治安田新宿健診センターで定期健康診断を受け、アルコール多量飲酒に該当しない 1914 名を対象とした。座位行動、低強度活動、中高強度活動は 3 軸加速度計を用いて評価した。脂肪肝の判定には超音波検査を用いた。

結果：ロジスティック回帰分析において、中高強度活動は、NAFLD と負の関連を認めた (600 MET-分/週当たりの OR = 0.85, 95%CI = 0.76-0.96)。また、3 次スプライン解析において、中高強度活動が約 1800 MET-分/週に達するまで NAFLD に対するオッズが大幅に低下し、その後のオッズの低下は緩やかになることがわかった。座位行動は、BMI 未調整モデルでは NAFLD と有意に関連したが、BMI 調整後モデルでは有意な関連を認めなかった。CoDA による isothermal substitution では、1 日の座位行動を 60 分減らし、中高強度活動に充てた場合、NAFLD に対するオッズが 22% 低下し (OR = 0.78, 95%CI = 0.65-0.93)、逆に中高強度活動 60 分を座位行動に充てた場合、NAFLD に対するオッズが 69% 増加することがわかった (OR = 1.69, 95%CI = 1.12-2.38)。

結論：NAFLD に対して中高強度活動が負の量反応関係を示したことから、中高強度活動の実践が NAFLD の予防における主眼となることが示唆された。

Key words: 運動, 座位行動時間, 非アルコール性脂肪肝, 組成データ解析, isothermal substitution

1) 山口県立大学社会福祉学部

2) 公益財団法人 明治安田厚生事業団体力医学研究所

3) 筑波大学体育系

4) 一般財団法人 明治安田新宿健診センター

Faculty of Social Welfare, Yamaguchi Prefectural University, Yamaguchi, Japan.

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

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

Meiji Yasuda Shinjuku Medical Center, 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。

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 and Therapeutics*. 2021; 54 (10): 1330-9.

背景

非アルコール性脂肪肝疾患 (non-alcoholic fatty liver disease; NAFLD) は、肝疾患の主要な入口であり、最終的には肝硬変や肝細胞がんに進行する^{1,2)}。また、これに加え、心血管疾患の危険因子にもなり得ることで知られている^{3,4)}。米国の NAFLD に関する推計モデルでは、NAFLD がこのまま蔓延していった場合、NAFLD に起因した重度肝疾患や死亡が増加することが報告されている¹⁾。現在、世界における NAFLD の有病率は 24% に達し²⁾、NAFLD の予防は世界共通の公衆衛生上の課題となっている。

先行の疫学研究では、Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ)⁵⁾ や International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)^{6,7)} などの身体活動質問票を用い、身体活動は NAFLD に対し抑制的に関連することを報告している。これらの研究により、身体活動が NAFLD の保護因子であることが期待されるが、客観的評価と比較して妥当性の面で劣る質問票で身体活動が評価されているという点で限界があった。更に、主要な身体活動質問票は、10分以上継続する(バウト)中高強度活動(3.0 METs 以上に相当する身体活動)しか評価することができない点にも限界を有する。近年、低強度活動(2.9 METs 以下に相当する身体活動)^{8,9)} や散発的な(非バウト)中高強度活動を含む全体的な中高強度活動の健康効果が示されている^{10,11)}。加速度計で評価された身体活動と NAFLD の関連を確認した研究は散見されるものの¹²⁻¹⁴⁾、身体活動の強度別に量反応関係を検討した研究は見当たらない。更に、加速度計を用いた先行研究においても、サンプルサイズが小さい点や¹⁴⁾、NAFLD が間接的に評価されている点で限界があった¹²⁾。これらの限界を克服したより質の高い知見を得るためには、大規模なサンプルサイズを対象に、加速度計による強度別の身体活動の評価と、画像診断に基づく NAFLD の評価を行い、これらのデータに基づいて量反応関係を検討することが重要である。

また、近年、座っている時間のような行動(座

位行動)がさまざまな健康問題の危険因子として研究されている^{15,16)}。座位行動と NAFLD との関連に関する研究は限られており、質問票評価による座位行動を用いた先行研究において、身体活動とは独立して座位行動が NAFLD と正の関連を示すことが報告されている^{5,6)}。一部の研究では、客観的評価に基づく座位行動と NAFLD との関連性を報告しているが、小規模な研究であり、量反応関係を検証するには至っていない¹⁴⁾。

更に現実的な観点から、身体活動や座位行動と NAFLD を含む健康アウトカムの関連性を検討するには、1日の行動に費やす時間が共依存的である性質を考慮する必要がある。すなわち、1日で利用可能な時間は24時間であるため、身体活動に時間を費やした場合、他の行動(座位行動や睡眠など)に費やす時間が等しく影響を受けることになる。この各行動の時間的共依存性を考慮する手法として、組成データ解析(compositional data analysis: CoDA)を適用した研究が注目されているが¹⁷⁻²⁰⁾、同手法を用いて、身体活動や座位行動と NAFLD との関連性を検討した研究は、これまで行われていない。

そこで、本横断研究では、加速度計で評価した座位行動および身体活動と NAFLD との関連性について、量反応関係を3次スプライン解析で検証し、加えて、CoDA を用いて24時間にわたる各行動の時間的共依存性を考慮した検証を行うことを目的とした。

方法

A. 参加者およびデータ選定手順

本研究は、明治安田新宿健診センター(東京都新宿区)における健診データを用いたコホート研究「明治安田ライフスタイル研究(Meiji Yasuda LifeStyle: MYLS Study)」^{21,22)}の一環として実施された。当コホートにおける大多数の参加者は勤労者であり、定期健診に際し、雇用先より経済的支援を受けているという特徴を有す。本研究では、2017年5月から2020年2月にかけて、腹部超音波検査と加速度計による行動評価の両方を受けた

2859名の横断データを使用した。調査期間中に、健診を複数回受けていた場合は、有効データ(データ欠損がないこと、加速度計の有効装着時間を有すること)の優先と、早期受診時データの優先を行い、データ重複を避けた。なお、すべての調査は、世界保健機関(World Health Organization: WHO)が新型コロナウイルス感染症のパンデミック宣言(2020年3月11日)を行う前に完了している。当初に組み入れた参加者のうち、加速度計評価において有効な装着時間(1日10時間以上の装着が4日以上)がなかった293名を除外し^{23,24)}、加えて、加速度計を装着したまま睡眠していた可能性を考慮し、装着時間が3標準偏差より長時間(> 19.64時間/日)であった14名を除外した。更に、就床時間が3標準偏差より短時間(< 3.26時間/日)もしくは長時間(> 8.81時間/日)であった7名を除外した。更にデータに欠損があった171名を除外した。また、妊娠中または妊娠が疑われる7名を除外した。更に、肝疾患の既往者(B型肝炎, C型肝炎, 肝硬変, 慢性肝炎など)もしくはHBs抗原またはHCV抗体の陽性者であった12名を除外した。最後に、本研究は、NAFLDに関する研究であるため、ガイドラインに沿って、アルコール摂取量が多量(男性 ≥ 30 g/日, 女性 ≥ 20 g/日)であった441名を除外した²⁵⁾。最終的な分析対象には1914名を用いた。すべての対象者が、書面による研究の説明を受け、本研究への参加に同意した。本研究は、公益財団法人 明治安田厚生事業団倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: 28006)。

B. NAFLD の定義

本研究における NAFLD の定義は、アルコール摂取量が多量でない者における脂肪肝である²⁵⁾。脂肪肝の評価には、超音波診断装置(Xario もしくは Xario 200S, 東芝社製)を用い、肝腎コントラスト、高輝度肝、深部エコー減衰、肝内脈管の不明瞭化などの周知の評価基準に沿って脂肪肝を判定した^{26,27)}。腹部超音波検査では、中等度から重度の肝の脂肪変性を容易かつ高精度に診断することができ、脂肪肝の判定において最初に選択さ

れる手法として推奨される²⁵⁾。

質問票によりアルコール摂取頻度とアルコール飲料の種類ごとに摂取量を調査し、1日当たりのアルコール摂取量を算出した^{22,28)}。本研究では、NAFLDに焦点を当てるため、アルコールの多量摂取者(男性 ≥ 30 g/日, 女性 ≥ 20 g/日)を除外した²⁵⁾。また、肝疾患にかかわる基本情報として、alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), gamma-glutamyltransferase (GGT)を評価した。

C. 行動変数の評価

座位行動と身体活動は、三軸加速度計(Active style Pro HJA750-C, オムロンヘルスケア社製)を用い、epoch lengthを60秒として評価した。Active style Pro は、自由生活条件下における二重標識水法による総エネルギー消費量($\rho = 0.88$)²⁹⁾および実験室下での Douglas bag 法に基づく身体活動強度(20~59歳: $r = 0.88$, 60~80歳: $r = 0.85$)³⁰⁾と高い相関がある。加速度計は健診キットに同封し、健診受診日の2週間以上前に各参加者に郵送した。データ解析には、1日10時間以上²³⁾の加速度計装着時間が4日以上²⁴⁾ある者を用いた。広範に使用されている定義に基づき、座位行動(≤ 1.5 METs)、低強度活動(1.6~2.9 METs)、中高強度活動(≥ 3.0 METs)を評価し^{31,32)}、総活動として低強度活動と中高強度活動の合計値を用いた。また、IPAQ^{6,7)}やGPAQ⁵⁾を用いた先行研究との比較を可能にするために、バウト中高強度活動(連続10分以上の中高強度活動(2分以内の中断を許容))を算出した^{33,34)}。各行動変数は、「分/日」または「MET-分/週」を単位とする評価とした。更に、24時間の行動データを構成するために、質問票により就床時間(就寝時刻と起床時刻から算出)を評価し、24時間から就床時間を除いた時間を、座位行動、低強度活動、中高強度活動の各計測時間の割合に応じて配分した^{35,36)}。

D. その他の変数

基礎情報として、年齢(連続値)、性、学歴(高等学校まで、短大・大学等以上)、主観的経済状況(非常に良い、良い、悪い、非常に悪い)、婚姻

の有無, 喫煙の有無, 緑黄色野菜摂取状況(ほとんどない, 2日に1回, 1日1回以上), 肝疾患家族歴の有無, body mass index (BMI) (連続値), 収縮期血圧(連続値), 総コレステロール(連続変数), 空腹時血糖(連続値), 高血圧治療薬の有無, 脂質異常症治療薬の有無, 糖尿病治療薬の有無を収集した。なお, 血液指標は, 一晩の絶食後に測定した。

E. 統計解析

総活動の高低における参加者の特徴を比較するために, カテゴリー変数には χ^2 検定を, 連続変数にはt検定を用いた。各行動変数と NAFLD との関連性の検討には, ロジスティック回帰分析(ロバスト誤差推定法)に基づく3種のモデルを設定した。モデル1では, 年齢, 性, 加速度計装着時間を調整し, これに加え, モデル2では, 学歴, 主観的経済状況, 婚姻の有無, 喫煙の有無, 緑黄色野菜摂取状況, 肝疾患家族歴の有無, 収縮期血圧, 総コレステロール, 空腹時血糖, 高血圧治療薬の有無, 脂質異常症治療薬の有無, 糖尿病治療薬の有無を調整した。モデル3では, モデル2に加えてBMIを調整した。独立変数間の多重共線性を診断するために, 重回帰分析により variance inflation factor (VIF) を算出した。モデル3でのVIFは最も高いもので2.28であったため, 多重共線性が起こっている可能性は低いと判断された。

各行動変数と NAFLD との量反応関係の検討には, 3次スプライン回帰分析(ロバスト誤差推定法)を用い, ノットを10%, 50%, 90%の位置に設定した³⁷⁾。当分析においては, 外れ値に対応するため, 各行動変数について最小から99.9% ($n = 1912$)での範囲のデータを使用した。中高強度活動については, WHOが最低推奨量を600 MET-分/週, 上位推奨量を1200 MET-分/週としているため³⁸⁾, これらに対応したガイド線を図示した。CoDAを除く統計解析はStata 16.1を用いて実施した。

CoDAはR 4.0.2で行い, 'Compositions' version 1.40.3と'robCompositions' version 2.1.0のパッケージを使用した。すべての解析手順は, 24時間の行

動解析にCoDAを適用した先行研究に従った¹⁷⁾。各行動変数とNAFLDとの関連の検討には, CoDAによるロジスティック回帰分析を実施した。当分析を行うにあたり, 24時間の行動(座位行動, 低強度活動, 中高強度活動, 就床時間)に基づく組成を, pivot coordinate representation と呼ばれる手法により, isometric log ratio (ilr) に変換した。その際, 最初の変数が他のすべての行動時間と比較した際のある1つの行動(座位行動, 低強度活動, 中高強度活動または就床時間のいずれか)の相対的な時間を表すように変数変換した。なお, CoDAによるロジスティック回帰分析によって得られたオッズ比(odds ratio; OR)は, それ単独で直接理解することが難しいため, モデル3に基づいてCoDAによるisotemporal substitutionを実施した³⁹⁻⁴¹⁾。この分析では, ある2つの行動時間を一定量置換した際に期待されるNAFLDに対するオッズの変化を推定することができる。すべての統計解析の有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

表1に対象者の特徴を全対象者および総活動の高低別に示した。全対象者における平均年齢は 50.8 ± 9.8 歳(範囲26~74歳)であった。健診データにおいては, 総活動が高い者は低い者に比べて, BMI, 収縮期血圧, ALT, GGT, 空腹時血糖が低く, NAFLD 該当者が少なかった。

表2に, 各行動変数とNAFLDとの関連についてのロジスティック回帰分析の結果をまとめた。モデル3において, 総活動(1200 MET-分/週当たりのOR = 0.86, 95%CI = 0.76-0.98), 中高強度活動(600 MET-分/週当たりのOR = 0.85, 95%CI = 0.76-0.96), バウト中高強度活動(600 MET-分/週当たりのOR = 0.83, 95%CI = 0.71-0.97)がNAFLDに対し有意な抑制的関連を示した。一方, 座位行動(60分/日当たりのOR = 1.07, 95%CI = 0.96-1.19), 低強度活動(1200 MET-分/週当たりのOR = 0.95, 95%CI = 0.81-1.12)は, NAFLDと有意な関連を認めなかった。なお, 座位行動は, BMI未調整モデル(モデル2)では, NAFLDと有意な

表 1. 総活動の高低に基づく対象者の比較

変 数	全対象者	総活動(低)	総活動(高)	
対象者数(名)	1914	957	957	
M(SD)年齢(歳)	50.8 (9.8)	49.6 (9.4)	52.0 (10.0)	*
男性	657 (34.3)	491 (51.3)	166 (17.3)	*
学歴(短大・大学以上)	1464 (76.5)	778 (81.3)	686 (71.7)	*
主観的経済状況				
非常に良い	109 (5.7)	63 (6.6)	46 (4.8)	
良い	1199 (62.6)	593 (62.0)	606 (63.3)	
悪い	515 (26.9)	261 (27.3)	254 (26.5)	
非常に悪い	91 (4.8)	40 (4.2)	51 (5.3)	
婚姻の有無(有)	1249 (65.3)	615 (64.3)	634 (66.2)	
喫煙の有無(有)	298 (15.6)	161 (16.8)	137 (14.3)	
緑黄色野菜摂取状況				
ない/ほとんどない	288 (15.0)	160 (16.7)	128 (13.4)	*
2日に1回	249 (13.0)	151 (15.8)	98 (10.2)	
1日1回以上	1377 (71.9)	646 (67.5)	731 (76.4)	
肝疾患家族歴(有)	82 (4.3)	37 (3.9)	45 (4.7)	
M(SD)BMI(kg/m ²)	22.9 (3.8)	23.4 (3.9)	22.5 (3.7)	*
M(SD)収縮期血圧(mmHg)	113.7 (15.9)	115.1 (15.2)	112.3 (16.5)	*
M(SD)ALT(U/L)	22.3 (16.7)	24.1 (17.9)	20.5 (15.2)	*
M(SD)AST(U/L)	21.8 (9.4)	22.2 (9.5)	21.4 (9.3)	
M(SD)GGT(U/L)	29.7 (25.3)	31.8 (26.1)	27.6 (24.3)	*
M(SD)総コレステロール(mg/dl)	208.7 (34.4)	207.5 (33.8)	210.0 (35.0)	
M(SD)空腹時血糖(mg/dl)	95.6 (15.4)	97.0 (17.9)	94.3 (12.4)	*
高血圧治療薬(有)	258 (13.5)	134 (14.0)	124 (13.0)	
脂質異常症治療薬(有)	195 (10.2)	96 (10.0)	99 (10.3)	
糖尿病治療薬(有)	57 (3.0)	30 (3.1)	27 (2.8)	
M(SD)就床時間(分/日)	361.0 (54.6)	363.2 (54.2)	358.7 (54.9)	
加速度計変数				
M(SD)装着日数	13.1 (5.9)	12.5 (5.6)	13.8 (6.1)	*
M(SD)装着時間(分/日)	869.3 (97.4)	843.3 (90.1)	895.3 (97.6)	*
M(SD)座位行動(分/日)	538.7 (110.0)	585.8 (95.6)	491.6(103.2)	*
M(SD)低強度活動(分/日)	265.2 (92.1)	200.7 (57.6)	329.7 (73.0)	*
M(SD)中高強度活動(分/日)	65.4 (23.8)	56.9 (18.6)	73.9 (25.3)	*
M(SD)バウト(≥10分)中高強度活動(分/日)	19.3 (15.8)	17.0 (13.8)	21.6 (17.4)	*
M(SD)総活動(MET-分/週)	5620 (1489)	4440 (716)	6801 (1066)	*
M(SD)低強度活動(MET-分/週)	3840 (1350)	2887 (813)	4792 (1080)	*
M(SD)中高強度活動(MET-分/週)	1781 (777)	1553 (594)	2008 (867)	*
M(SD)バウト(≥10分)中高強度活動(MET-分/週)	589 (553)	509 (442)	668 (635)	*
NAFLD(該当)	503 (26.3)	309 (32.3)	194 (20.3)	*

* $P < 0.05$. 特別な記述がない限り数値は人数(割合)を示す。群間差の有意差検定として、カテゴリー変数には χ^2 検定を、連続変数にはt検定を用いた。

ALT: alanine aminotransferase, AST: aspartate aminotransferase, BMI: body mass index, GGT: gamma-glutamyltransferase, M: mean, MET: metabolic equivalent, NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease, SD: standard deviation.

表2. 各行動変数と NAFLD との関連性(ロジスティック回帰分析)

	オッズ比(95%信頼区間)(各行動変数は連続変数として投入)								
	モデル1			モデル2			モデル3		
座位行動, per 60 分/日	1.17	(1.07	– 1.28)	1.13	(1.03	– 1.25)	1.07	(0.96	– 1.19)
総活動, per 1200 MET- 分/週	0.79	(0.71	– 0.88)	0.81	(0.72	– 0.91)	0.86	(0.76	– 0.98)
低強度活動, per 1200 MET- 分/週	0.82	(0.72	– 0.94)	0.87	(0.75	– 1.01)	0.95	(0.81	– 1.12)
中高強度活動, per 600 MET- 分/週	0.86	(0.77	– 0.95)	0.84	(0.75	– 0.95)	0.85	(0.76	– 0.96)
バウト中高強度活動, per 600 MET- 分/週	0.80	(0.69	– 0.94)	0.80	(0.68	– 0.95)	0.83	(0.71	– 0.97)

太字は統計的有意な関連性を示す($P < 0.05$)。モデル1では、年齢、性、加速度計装着時間を調整した。モデル2では、モデル1に加え、学歴、主観的経済状況、婚姻の有無、喫煙の有無、緑黄色野菜摂取状況、肝疾患家族歴の有無、収縮期血圧、総コレステロール、空腹時血糖、高血圧治療薬の有無、脂質異常症治療薬の有無、糖尿病治療薬の有無を調整した。モデル3は、モデル2に加えて body mass index を調整した。MET: metabolic equivalent.

正の関連を認めた(60分/日当たりの OR = 1.13, 95%CI = 1.03–1.25)。

図1に、モデル3における3次スプライン解析の結果をまとめた。NAFLD に対し、総活動、中高強度活動、バウト中高強度活動が抑制的な量反応関係を示した。NAFLD に対するオッズは、中高強度活動が約1800 MET- 分/週に達するまで大幅に低下し、その後の低下は緩やかになった。バウト中高強度活動は NAFLD に対し、おおむね直線的な量反応関係を示した。総活動においては、NAFLD に対するオッズは、約5400 MET- 分/週まで大幅に低下し、その後の低下は緩やかになった。座位行動と NAFLD との有意な量反応関係は、BMI 未調整モデル(図1 [A'])において認められ、NAFLD に対するオッズが約600分/日まで大幅な増加がみられた。

図2は、24時間の時間使用構成において、各行動時間が占める割合を示したものである。24時間のなかで、最も大きな割合を占めた行動は、座位行動(47.0%)であり、最も小さな割合を占めた行動は、中高強度活動(5.4%)であった。

1日の行動全体における相対的な時間の分布は、すべてのモデルで NAFLD と有意に関連していた(表3)。モデル3では、座位行動、中高強度活動、就床時間と NAFLD とが有意に関連した。CoDA による isotemporal substitution において、座位行動もしくは低強度活動を中高強度活動に置換した場合、置換時間の増加に応じて NAFLD に対する

オッズが低下することがわかった(図3、付録表1)。例えば、60分/日の座位行動を中高強度活動に置換した場合、置換しない場合に比べて、NAFLD に対するオッズが22%低下した(OR = 0.78, 95%CI = 0.65–0.93)。一方、逆に、中高強度活動を、座位行動もしくは低強度活動に置換した場合では、置換時間の増加に応じて NAFLD に対するオッズが高くなることがわかった。例えば、中高強度活動60分/日を座位行動に置換した場合、NAFLD に対するオッズが69%上昇した(OR = 1.69, 95%CI = 1.12–2.38)。

考 察

本研究では、大規模な横断データに基づき、加速度計で測定された座位行動および身体活動と、超音波診断によって判定された NAFLD との量反応関係について、3次スプライン解析と CoDA を用いて検討した。本研究の主な結果を以下にまとめる。総活動、中高強度活動、バウト中高強度活動は NAFLD と有意に関連し、NAFLD に対し、曲線的な量反応関係を示した。各行動変数のなかで、中高強度活動が NAFLD と最も強く関連し、同活動が約1800 MET- 分/週に達するまで NAFLD に対するオッズが大幅に低下し、それ以降の低下は緩やかになることがわかった。また、CoDA による解析では、座位行動もしくは低強度活動から中高強度活動への置換は NAFLD に対するオッズを低下させ、逆に、中高強度活動から座位行動も

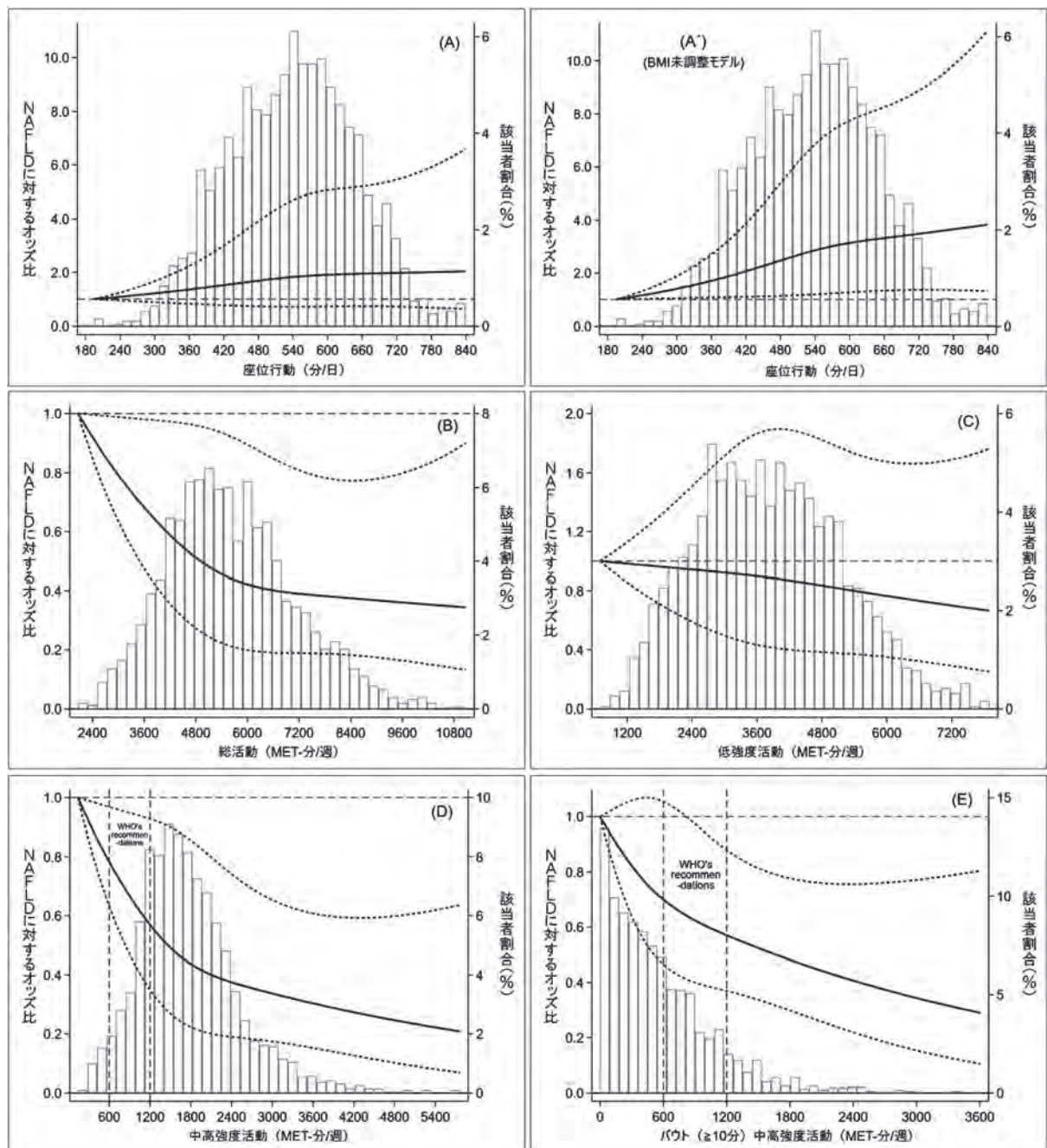


図1. 3次スプライン解析に基づく、座位行動(A)、総活動(B)、低強度活動(C)、中高強度活動(D)、バウト(≥10分)中高強度活動(E)とNAFLDとの関連

(A')を除き(表2のモデル2)、各グラフは表2のモデル3に基づいて図示されている。実線はオッズ比、破線は95%信頼区間、棒グラフはヒストグラム(該当者割合(%))を表している。

BMI: body mass index, NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease, WHO: World Health Organization.

しくは低強度活動への置換はオッズを上昇させることを見いだした。

質問票による身体活動を用いた過去の多くの疫学研究によって、中高強度活動とNAFLDとの抑制的関連は報告されている^{5-7,22)}。本研究では、加

速度計評価に基づく身体活動を用いた検証を行い、これらの先行研究の知見を支持した。客観評価した身体活動とNAFLDとの関連を検討した研究はいくつかあるが、本研究のように、連続的な量反応関係を図示した研究はない。本研究では、

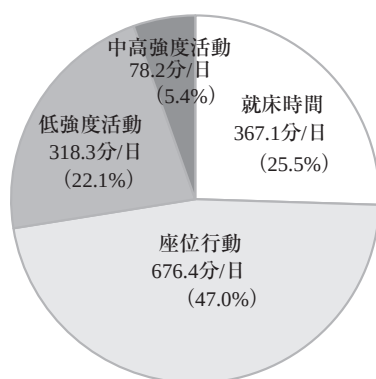


図2. 24時間における各行動時間の推定
各行動時間は24時間に標準化された幾何平均として示されている。

表3. 24時間における各行動変数と NAFLD との関連性 (CoDA によるロジスティック回帰分析)

	オッズ比 (95%信頼区間)								
	モデル1			モデル2			モデル3		
就床時間	0.49	(0.27 – 0.87)		0.48	(0.25 – 0.90)		0.48	(0.24 – 0.996)	
座位行動	2.93	(1.82 – 4.74)		2.74	(1.62 – 4.65)		2.22	(1.24 – 4.01)	
低強度活動	1.05	(0.72 – 1.53)		1.26	(0.83 – 1.90)		1.44	(0.90 – 2.31)	
中高強度活動	0.67	(0.50 – 0.90)		0.61	(0.44 – 0.84)		0.64	(0.44 – 0.93)	
全体	$P < 0.001$			$P < 0.001$			$P = 0.007$		

太字は統計的有意な関連性を示す ($P < 0.05$)。1日の行動全体における相対的な時間の分布に対する P 値は尤度比検定の結果を示す。各行動時間は、isometric log ratio (ilr) に変換されており、各結果は、他のすべての行動に対するある1つの行動の相対的な時間を示したものである。オッズ比は ilr 変換した行動変数の1単位の増加に相当する。モデル1では、年齢、性、24時間における各行動の時間組成を投入した。モデル2では、モデル1に加え、学歴、主観的経済状況、婚姻の有無、喫煙の有無、緑黄色野菜摂取状況、肝疾患家族歴の有無、収縮期血圧、総コレステロール、空腹時血糖、高血圧治療薬の有無、脂質異常症治療薬の有無、糖尿病治療薬の有無を調整した。モデル3は、モデル2に加えて body mass index を調整した。MET: metabolic equivalent.

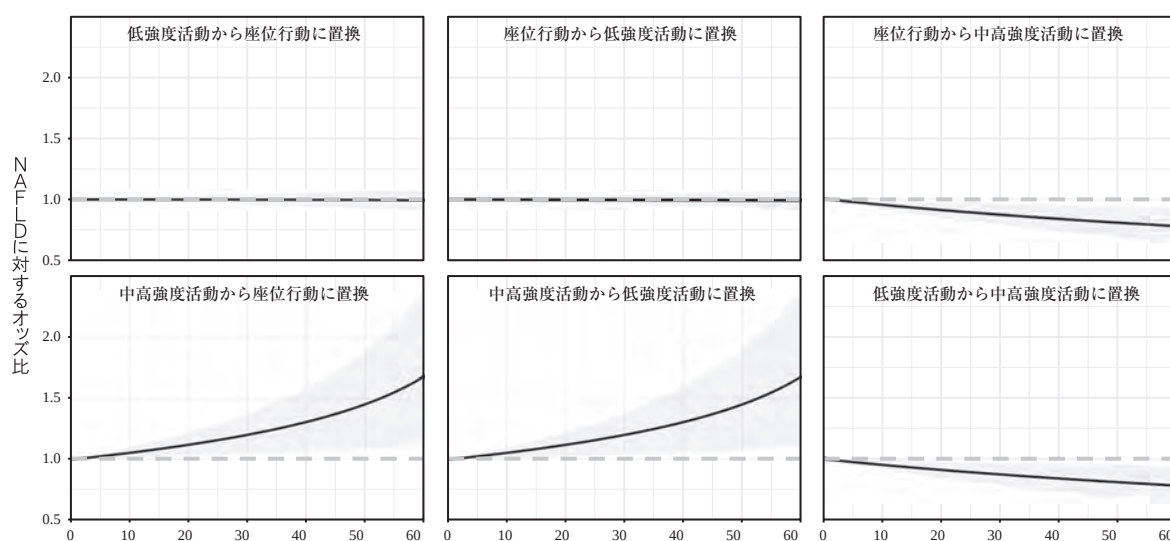


図3. ある行動を別の行動に置換した際に期待される NAFLD に対するオッズ比
各グラフは、表3のモデル3に基づいて図示されている。NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease.

中高強度活動および総活動がNAFLDに対し、曲線的な量反応関係を示し、活動量の増加に伴うNAFLDに対するオッズは一定ではなく変化するを見いだした。具体的には、3次スプライン解析において、中高強度活動が約1800 MET-分/週に達するまではNAFLDに対するオッズが大幅に低下し、その後のオッズの低下は緩やかになることがわかった。すなわち、NAFLDに対する中高強度活動の予防効果は、約1800 MET-分/週に対するオッズまで大幅に高まり、これ以上は、活動量に応じた有益性の高まりが鈍化することが示唆された。総活動は、中高強度活動とほぼ同じ曲線的な量反応関係を示し、約5400 MET-分/週まで大幅に低下した。これらの結果から、NAFLDに対する有益な効果を得るための身体活動の目安は、中高強度活動としては約1800 MET-分/週、総活動としては約5400 MET-分/週であることが示唆された。

3次スプライン解析において、バウト中高強度活動は、中高強度活動(バウトの有無を問わない)に比べて、NAFLDとの関連性が不鮮明であった。例えば、WHOの最低推奨値に相当する600 MET-分/週の中高強度活動は、NAFLDに対するオッズを有意に低下させたが、同量のバウト中高強度活動では有意なオッズの低下が認められなかった。IPAQ^{6,7)}やGPAQ⁵⁾を用いた先行の疫学研究では、このような活動種類別の関連性の違いを検証することができておらず、高精度な加速度計を用いた本研究の強みであるといえる。身体活動の継続時間と健康効果の違いについて着目した最近のシステマティックレビュー¹¹⁾では、バウトの有無にかかわらず身体活動は、長寿効果を含むさまざまな健康利益があることを報告し、身体活動に関する公衆衛生上の勧告においてパラダイムシフトが必要であると述べている。本結果は、このレビューの提案を支持するものであり、NAFLDの予防においても、バウトの有無にかかわらず中高強度活動の実践が重要であることが示唆された。

低強度活動とNAFLDとの関連は、我々の知る限りでは明確に報告されていない。加速度計評価

を用いた過去の横断研究では¹²⁾、低強度活動はNAFLDと有意な関連性を認めていないが、この結果は基礎情報の比較においてのみ示されており、交絡因子の調整が不十分であった。また、NAFLDが主に血液データ(fatty liver index; FLI)によって推定されていることでも限界があった。したがって、本研究は、客観評価した低強度活動とNAFLDとの量反応関係について検証した初めての研究であるといえる。低強度活動は日常生活における総活動の大きな割合を占めたが、3次スプライン解析においてNAFLDとの有意な関連を認めなかった。本結果は、NAFLDの予防において、低強度活動では活動強度が不十分であり、より強度の高い身体活動(すなわち中高強度活動)が必要であることを示唆している。CoDAを用いた欧州のコホート研究では、座位行動から低強度活動への置換は、縦断研究²⁰⁾ではBMIおよび体脂肪量の減少と関連した一方で、横断研究⁴²⁾においては有意ではなかったことを報告している。低強度活動とNAFLDとの関連性については未だ十分な検討がなされていないため、特に縦断研究に基づき、引き続き知見を蓄積していく必要がある。

先行研究により座位行動はNAFLDと有意に関連することが報告されているが^{5,6,14)}、これらの研究は座位行動が質問票による評価である点^{5,6)}やサンプル数が少ない点¹⁴⁾で量反応関係を検討するうえで限界があった。本研究において、座位行動はBMI未調整モデルではNAFLDと有意に関連したが、BMI調整後モデルでは、NAFLDと有意な関連を認めなかった。これらの結果は、座位行動とNAFLDとの関連性は、肥満によって媒介もしくは交絡されることを示唆している。ただし、座位行動とNAFLDとの関連性についての結果は、通常のロジスティック回帰モデル(表2)とCoDAによるロジスティック回帰モデル(表3)とで異なり、後者では、BMIで調整後も座位行動とNAFLDとの有意な関連性が認められた。CoDAによるモデルでは、中高強度活動(NAFLDと最も強く関連した行動)と座位行動との時間的共依存性を考慮したことで、座位行動単独でみた場合

よりも NAFLD との関連がより鮮明に検出できた可能性がある。

CoDA による isotemporal substitution では、座位行動もしくは低強度活動を中高強度活動に置換することで NAFLD に対するオッズが低下するという新たな知見を見いだした。具体的には、60分/日の座位行動を中高強度活動に置換した場合、置換しない場合に比べ、NAFLD に対するオッズが22%低下した。また、低強度活動から中高強度活動への置換も NAFLD に対するオッズを座位行動と同程度低下させることがわかった。これらの行動置換と NAFLD との関連性は、置換された時間に応じて NAFLD に対するオッズが変化する量反応関係にあった(図3)。本結果より、NAFLD の予防において、より有益な効果を得るためには、座位行動を減らし、中高強度活動に充てる必要があることが示唆された。低強度活動が置換の対象になり得ない理由としては、同活動には、家事や仕事など日常生活に不可欠なさまざまな行動が含まれており³¹⁾、中高度活動を増やすことを目的に、これらの不可欠な行動を減らすことは困難であることが挙げられる。更に、座位行動はさまざまな健康指標に対し、負の影響を与えるが^{15,16)}、低強度活動は好ましい効果をもたらすことがわかっていることも理由として挙げられる^{8,9)}。一方、前述の方向とは逆に、中高強度活動を座位行動もしくは低強度活動に置換した場合では、NAFLD に対するオッズは置換した時間に応じて上昇した。具体的には、60分/日の中高強度活動を座位行動に置換した場合では、NAFLD に対するオッズが69%上昇した。これらの置換された行動時間と NAFLD に対するオッズの変化は、曲線的な量反応関係にあった。また、同解析において、NAFLD に対するオッズの変化は、低強度活動もしくは座位行動を中高強度活動に置換した場合よりも、中高強度活動を座位行動もしくは低強度活動に置換した場合のほうが大きかった。先行研究においても、中高強度活動を他の行動に置換した場合と、他の行動を中高強度活動に置換した場合とでは、非対称な反応が起こることが確認されて

いる^{17,20,40)}。これは、中高強度活動は1日の行動時間に占める割合が小さく、中高強度活動が置換によって減少することは、他の行動が減少することよりも大きな意味をもつためである。最近の縦断研究²⁰⁾では、座位行動30分/日を中高強度活動に置換すると BMI が0.37 kg/m²減少する一方で、逆方向の置換は BMI を0.75 kg/m²増加させると報告している。本研究の結果は、先行研究を支持するものであり、NAFLD の予防においては、座位行動から中高強度活動への置換に焦点を当てることに加え、既に高水準の中高強度活動を有する者については、現在の水準を維持することが重要であることが示唆された。

本研究は、超音波検査に基づく NAFLD の判定と、加速度計評価に基づく座位行動および身体活動といった質の高いデータを約2000名より収集した点で強みがあるが、いくつかの限界を有す。まず、本研究は横断研究であり、各行動変数と NAFLD との因果関係を検証するには至っていない。加速度計評価に基づく身体活動データを用いた最近の縦断研究では、身体活動は、NAFLD¹³⁾ならびに重度肝疾患への進行および死亡に対する保護因子であったことを報告している^{13,43)}。これらの縦断研究は欧米で行われたものであり、アジア諸国においても縦断研究による知見の蓄積が求められる。第2に、アルコール摂取量が質問票によって算出されているため、過小評価を含む報告バイアス^{44,45)}が存在する可能性を否定できない。第3に、本研究では緑黄色野菜の摂取量を調整したが、総合的な栄養状態の調整はできていない。先行研究において、座位行動が少ない者や、中高強度活動が多い者は、複数の栄養指標が良好であったことが報告されており⁴⁶⁾、特に、本研究で示した座位行動と中高強度活動の置換による推定モデルでは、効果が過大評価されている可能性を否定できない。第4に、本研究における大多数の対象者は、人間ドックを受けた首都圏在住の勤労者であり、BMI、空腹時血糖、ALT、AST が低いなど、健康状態が良好な集団であったことである。したがって、本研究で得られた知見が、他の特徴

をもつ集団(特に肥満を含む不健康な集団)に対してあてはまるかどうか(一般化可能性)は不明である。更に、本研究では、肝脂肪量や肝硬度についての定量的な評価を行えていない。対象者の特徴から、本研究における NAFLD のほとんどの症例には、非アルコール性脂肪肝炎(non-alcoholic steatohepatitis: NASH)などのより重度化した肝疾患は含まれていないことが予想され、本研究の知見が重度肝疾患の予防に対し、適用可能かは定かではない。疫学研究において肝生検の実施は困難であるが、FibroScan のような非侵襲的な画像評価は、詳細な肝情報を得るうえで有用であり⁴⁷⁾、今後はこのような機器を用いた研究への発展が求められる。

結論として、中高強度活動(バウトの有無を問わない)は、バウト中高強度活動よりも NAFLD との関連が強く、3 次スプライン解析において約 1800 MET- 分/週まで NAFLD に対するオッズが大幅に低下することが示された。更に、CoDA による isothermoporal substitution により、座位行動もしくは低強度活動を中高強度活動に置換することで、NAFLD に対するオッズが低下することがわかった。具体的には、60分/日の座位行動を中高強度活動に置換した場合では、置換しない場合に比べて NAFLD に対するオッズが22%低下した。一方、逆に、60分/日の中高強度活動を座位行動に置換した場合では、NAFLD に対するオッズが69%上昇することがわかった。日常生活における実際の時間使用構成を考慮すると、座位行動を中高強度活動に置換することが NAFLD 予防の重要戦略となることが示唆された。既に高水準の中高強度活動を有する者については、同活動を他の行動に置換することなく、現在の水準を維持することが重要である。

NAFLD の予防に主眼を置いた研究において、客観評価した座位行動や身体活動を用いた研究は限られており、今後は、特に縦断研究に基づく知見の蓄積が求められる。

資 金

本研究は科研費(17K13238, 18K17930, 19K11569)の助成を受けたものである。研究のデザイン、データ収集、データの分析や解釈、原稿の執筆には、いずれの資金提供機関も関与していない。

オーサーシップ

角田憲治が研究の着想と原稿作成を担った。角田憲治と北濃成樹がデータ分析を担った。北濃成樹、甲斐裕子、神藤隆志、内田賢、荒尾孝がデータ収集と編集校正を担った。角田憲治、北濃成樹、甲斐裕子が資金を獲得した。甲斐裕子と荒尾孝がプロジェクトを管理した。すべての著者が結果の解釈を行い、最終的な原稿を承認した。

謝 辞

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

利 益 相 反

本論文で報告した事項に影響を与えるような利益相反関連事項はない。

参 考 文 献

- 1) Estes C, Razavi H, Loomba R, Younossi Z, Sanyal AJ. Modeling the epidemic of nonalcoholic fatty liver disease demonstrates an exponential increase in burden of disease. *Hepatology*. 2018; 67: 123-33.
- 2) Younossi Z, Anstee QM, Marietti M, Hardy T, Henry L, Eslam M, George J, Bugianesi E. Global burden of NAFLD and NASH: trends, predictions, risk factors and prevention. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*. 2018; 15: 11-20.
- 3) Targher G, Byrne CD, Lonardo A, Zoppini G, Barbui C. Non-alcoholic fatty liver disease and risk of incident cardiovascular disease: a meta-analysis. *Journal of Hepatology*. 2016; 65: 589-600.
- 4) Sookoian S, Pirola CJ. Systematic review with meta-analysis: risk factors for non-alcoholic fatty liver disease suggest a shared altered metabolic and cardiovascular profile between lean and obese patients. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. 2017; 46: 85-95.
- 5) Kim D, Vazquez-Montesino LM, Li AA, Cholaneril G, Ahmed A. Inadequate physical activity and sedentary behavior are independent predictors of nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2020; 72: 1556-68.

- 6) Ryu S, Chang Y, Jung HS, Yun KE, Kwon MJ, Choi Y, Kim CW, Cho J, Suh BS, Cho YK, Chung EC, Shin H, Kim YS. Relationship of sitting time and physical activity with non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology*. 2015; 63: 1229-37.
- 7) Zhang X, Goh GB, Chan WK, Wong GL, Fan JG, Seto WK, Huang YH, Lin HC, Lee IC, Lee HW, Kim SU, Chow WC, Wong VW. Unhealthy lifestyle habits and physical inactivity among Asian patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Liver International*. 2020; 40: 2719-31.
- 8) Amagasa S, Machida M, Fukushima N, Kikuchi H, Takamiya T, Odagiri Y, Inoue S. Is objectively measured light-intensity physical activity associated with health outcomes after adjustment for moderate-to-vigorous physical activity in adults? A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018; 15: 65.
- 9) Füzéki E, Engeroff T, Banzer W. Health benefits of light-intensity physical activity: a systematic review of accelerometer data of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Sports Medicine*. 2017; 47: 1769-93.
- 10) 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: e007678.
- 11) Jakicic JM, Kraus WE, Powell KE, Campbell WW, Janz KF, Troiano RP, Sprow K, Torres A, Piercy KL, 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Association between bout duration of physical activity and health: systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2019; 51: 1213-9.
- 12) Gerber L, Otgonsuren M, Mishra A, Escheik C, Binerdinc A, Stepanova M, Younossi ZM. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) is associated with low level of physical activity: a population-based study. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*. 2012; 36: 772-81.
- 13) Schneider CV, Zandvakili I, Thaiss CA, Schneider KM. Physical activity is associated with reduced risk of liver disease in the prospective UK Biobank cohort. *JHEP Reports*. 2021; 3: 100263.
- 14) Hallsworth K, Thoma C, Moore S, Ploetz T, Anstee QM, Taylor R, Day CP, Trenell MI. Non-alcoholic fatty liver disease is associated with higher levels of objectively measured sedentary behaviour and lower levels of physical activity than matched healthy controls. *Frontline Gastroenterology*. 2015; 6: 44-51.
- 15) Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair SN. Sedentary behavior, exercise, and cardiovascular health. *Circulation Research*. 2019; 124: 799-815.
- 16) de Rezende LF, Rodrigues Lopes M, Rey-Lopez JP, Matsudo VK, Luiz Odo C. Sedentary behavior and health outcomes: an overview of systematic reviews. *PLoS One*. 2014; 9: e105620.
- 17) Chastin SF, Palarea-Albaladejo J, Dontje ML, Skelton DA. Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: a novel compositional data analysis approach. *PLoS One*. 2015; 10: e0139984.
- 18) Dumuid D, Stanford TE, Martin-Fernandez JA, Pedisic Z, Maher CA, Lewis LK, Hron K, Katzmarzyk PT, Chaput JP, Fogelholm M, Hu G, Lambert EV, Maia J, Sarmiento OL, Standage M, Barreira TV, Broyles ST, Tudor-Locke C, Tremblay MS, Olds T. Compositional data analysis for physical activity, sedentary time and sleep research. *Statistical Methods in Medical Research*. 2018; 27: 3726-38.
- 19) Pedisic Z. Measurement issues and poor adjustments for physical activity and sleep undermine sedentary behaviour research - the focus should shift to the balance between sleep, sedentary behaviour, standing and activity. *Kinesiology*. 2014; 46: 135-46.
- 20) Pelclova J, Stefelova N, Dumuid D, Pedisic Z, Hron K, Gaba A, Olds T, Pechova J, Zajac-Gawlak I, Tlucakova L. Are longitudinal reallocations of time between movement behaviours associated with adiposity among elderly women? A compositional isotemporal substitution analysis. *International Journal of Obesity*. 2020; 44: 857-64.
- 21) Kitano N, Kai Y, Jindo T, Tsunoda K, Arao T. Compositional data analysis of 24-hour movement behaviors and mental health in workers. *Preventive Medicine Reports*. 2020; 20: 101213.
- 22) Tsunoda K, Kai Y, Uchida K, Kuchiki T, Nagamatsu T. Physical activity and risk of fatty liver in people with different levels of alcohol consumption: a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2014; 4: e005824.
- 23) Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S544-54.
- 24) Trost SG, McIver KL, Pate RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2005; 37: S531-43.
- 25) European Association for the Study of the Liver (EASL),

- European Association for the Study of Diabetes (EASD), European Association for the Study of Obesity (EASO). EASL-EASD-EASO Clinical Practice Guidelines for the management of non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology*. 2016; 64: 1388-402.
- 26) Hernaez R, Lazo M, Bonekamp S, Kamel I, Brancati FL, Guallar E, Clark JM. Diagnostic accuracy and reliability of ultrasonography for the detection of fatty liver: a meta-analysis. *Hepatology*. 2011; 54: 1082-90.
- 27) Yajima Y, Ohta K, Narui T, Abe R, Suzuki H, Ohtsuki M. Ultrasonographical diagnosis of fatty liver: significance of the liver-kidney contrast. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 1983; 139: 43-50.
- 28) Shimazu T, Sasazuki S, Wakai K, Tamakoshi A, Tsuji I, Sugawara Y, Matsuo K, Nagata C, Mizoue T, Tanaka K, Inoue M, Tsugane S, Research Group for the Development and Evaluation of Cancer Prevention Strategies in Japan. Alcohol drinking and primary liver cancer: a pooled analysis of four Japanese cohort studies. *International Journal of Cancer*. 2012; 130: 2645-53.
- 29) Murakami H, Kawakami R, Nakae S, Nakata Y, Ishikawa-Takata K, Tanaka S, Miyachi M. Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Internal Medicine*. 2016; 176: 702-3.
- 30) 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 and Exercise Medicine*. 2019; 5: e000592.
- 31) 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. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2007; 39: 1423-34.
- 32) Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2008; 36: 173-8.
- 33) Glazer NL, Lyass A, Esliger DW, Blease SJ, Freedson PS, Massaro JM, Murabito JM, Vasan RS. Sustained and shorter bouts of physical activity are related to cardiovascular health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2013; 45: 109-15.
- 34) Clarke J, Janssen I. Sporadic and bouted physical activity and the metabolic syndrome in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2014; 46: 76-83.
- 35) 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.
- 36) McGregor DE, Palarea-Albaladejo J, Dall PM, Del Pozo Cruz B, Chastin SFM. Compositional analysis of the association between mortality and 24-hour movement behaviour from NHANES. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2021; 28: 791-8.
- 37) Harrell FE Jr. Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis. Springer, New York, 2015.
- 38) Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput JP, Chastin S, Chou R, Dempsey PC, DiPietro L, Ekelund U, Firth J, Friedenreich CM, Garcia L, Gichu M, Jago R, Katzmarzyk PT, Lambert E, Leitzmann M, Milton K, Ortega FB, Ranasinghe C, Stamatakis E, Tiedemann A, Troiano RP, van der Ploeg HP, Wari V, Willumsen JF. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*. 2020; 54: 1451-62.
- 39) Amagasa S, Inoue S, Murayama H, Fujiwara T, Kikuchi H, Fukushima N, Machida M, Chastin S, Owen N, Shobugawa Y. Associations of sedentary and physically-active behaviors with cognitive-function decline in community-dwelling older adults: compositional data analysis from the NEIGE study. *Journal of Epidemiology*. 2020; 30: 503-8.
- 40) Dumuid D, Pedisic Z, Stanford TE, Martin-Fernandez JA, Hron K, Maher CA, Lewis LK, Olds T. The compositional isotemporal substitution model: a method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity and sedentary behaviour. *Statistical Methods in Medical Research*. 2019; 28: 846-57.
- 41) 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: 1447-65.
- 42) Pelcova J, Stefelova N, Hodonska J, Dygryn J, Gaba A, Zajac-Gawlak I. Reallocating time from sedentary behavior to light and moderate-to-vigorous physical activity: what has a stronger association with adiposity in older adult women? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15: 1444.

- 43) Kim D, Murag S, Cholankeril G, Cheung A, Harrison SA, Younossi ZM, Ahmed A. Physical activity, measured objectively, is associated with lower mortality in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. 2021; 19: 1240-47. e5.
- 44) Gilligan C, Anderson KG, Ladd BO, Yong YM, David M. Inaccuracies in survey reporting of alcohol consumption. *BMC Public Health*. 2019; 19: 1639.
- 45) Devos-Comby L, Lange JE. “My drink is larger than yours”? A literature review of self-defined drink sizes and standard drinks. *Current Drug Abuse Reviews*. 2008; 1: 162-76.
- 46) Fallaize R, Livingstone KM, Celis-Morales C, Macready AL, San-Cristobal R, Navas-Carretero S, Marsaux CFM, O'Donovan CB, Kolossa S, Moschonis G, Walsh MC, Gibney ER, Brennan L, Bouwman J, Manios Y, Jarosz M, Martinez JA, Daniel H, Saris WHM, Gundersen TE, Drevon CA, Gibney MJ, Mathers JC, Lovegrove JA. Association between diet-quality scores, adiposity, total cholesterol and markers of nutritional status in European adults: findings from the Food4Me study. *Nutrients*. 2018; 10.
- 47) Mikolasevic I, Orlic L, Franjic N, Hauser G, Stimac D, Milic S. Transient elastography (FibroScan[®]) with controlled attenuation parameter in the assessment of liver steatosis and fibrosis in patients with nonalcoholic fatty liver disease - where do we stand? *World Journal of Gastroenterology*. 2016; 22: 7236-51.

付録

表 1. ある行動を別の行動に置換した際に期待される NAFLD に対するオッズ比(具体的な時間と数値)

時間変化 (分/日)	低強度活動もしくは中高強度活動を 座位行動に置換		座位行動もしくは中高強度活動を 低強度活動に置換		座位行動もしくは低強度活動を 中高強度活動に置換	
	減らす行動	オッズ比 (95%信頼区間)	減らす行動	オッズ比 (95%信頼区間)	減らす行動	オッズ比 (95%信頼区間)
0	低強度活動	1.00	座位行動	1.00	座位行動	1.00
10	低強度活動	1.00 (0.99 – 1.01)	座位行動	1.00 (0.99 – 1.01)	座位行動	0.95 (0.92 – 0.99)
20	低強度活動	1.00 (0.97 – 1.03)	座位行動	1.00 (0.97 – 1.02)	座位行動	0.91 (0.85 – 0.97)
30	低強度活動	1.00 (0.96 – 1.04)	座位行動	1.00 (0.96 – 1.04)	座位行動	0.87 (0.79 – 0.96)
40	低強度活動	1.00 (0.94 – 1.05)	座位行動	1.00 (0.95 – 1.05)	座位行動	0.84 (0.74 – 0.95)
50	低強度活動	1.00 (0.93 – 1.07)	座位行動	0.99 (0.93 – 1.06)	座位行動	0.81 (0.69 – 0.94)
60	低強度活動	0.99 (0.91 – 1.08)	座位行動	0.99 (0.92 – 1.07)	座位行動	0.78 (0.65 – 0.93)
0	中高強度活動	1.00	中高強度活動	1.00	低強度活動	1.00
10	中高強度活動	1.05 (1.01 – 1.10)	中高強度活動	1.06 (1.01 – 1.10)	低強度活動	0.95 (0.92 – 0.99)
20	中高強度活動	1.12 (1.03 – 1.22)	中高強度活動	1.12 (1.02 – 1.22)	低強度活動	0.91 (0.84 – 0.98)
30	中高強度活動	1.20 (1.05 – 1.38)	中高強度活動	1.20 (1.04 – 1.38)	低強度活動	0.87 (0.78 – 0.97)
40	中高強度活動	1.31 (1.07 – 1.58)	中高強度活動	1.31 (1.06 – 1.59)	低強度活動	0.84 (0.73 – 0.96)
50	中高強度活動	1.45 (1.09 – 1.87)	中高強度活動	1.45 (1.08 – 1.89)	低強度活動	0.81 (0.68 – 0.95)
60	中高強度活動	1.69 (1.12 – 2.38)	中高強度活動	1.69 (1.11 – 2.40)	低強度活動	0.78 (0.64 – 0.95)

太字は統計的有意な関連性を示す($P < 0.05$)。各分析は、表 3 のモデル 3 に基づいて実施された。NAFLD に対するオッズ比は、ある行動を他の行動に一定時間置換(残りの行動は組成平均で固定)した場合の結果を表している。本表の結果は、図 3 と対応している。NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease.

論文紹介

地域在住高齢者における不眠症状とフレイルの双方向の関連の検討

Nemoto Y, Sato S, Kitabatake Y, Nakamura M, Takeda N, Maruo K, Arao T. Bidirectional relationship between insomnia and frailty in older adults: a 2-year longitudinal study. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2021; 97: 104519.

荒尾 孝

背景 不眠症ならびにフレイルの有病率は加齢に伴い増加する。そのため、高齢期の健康づくりにおいては、これらの発症および悪化を予防することが重要である。近年、不眠症がフレイルの危険因子である可能性が報告されている。しかし、多くの先行研究は横断研究であり、不眠症状とフレイルの双方向の関連性を否定できない。そこで本研究では、山間部に居住する自立高齢者を対象に2年間の縦断研究を実施し、不眠症状とフレイルの双方向の関連を男女別に検討することを目的とした。

方法 山梨県都留市に居住し、要介護認定を受けていないすべての高齢者6677名を対象に2016年1月(T1)と2018年1月(T2)に郵送調査を実施した。両調査に回答した3834名を解析対象者とした。各調査にて不眠症状とフレイルを評価した。不眠症状はアテネ不眠尺度、フレイルは基本チェックリストを用いて評価した。両指標の合計点(不眠症状:0~24点、フレイル:0~25点)を算出し、目的変数および説明変数とした。調整変数として、年齢、教育年数、就業状況、健康度自己評価、合併症、体格指数を用いた。統計解析では、交差遅延効果モデルを全体および男女別で実施し、標準化偏回帰係数(β)と95%信頼区間を算出した。欠測値は多重代入法により補完した。

結果 全体の解析では、T1のフレイルとT2の不眠症状、T1の不眠症状とT2のフレイルで有意な関連が認められ、回帰係数も同等であった(フレイルから不眠症状:0.08 [0.05, 0.11], 不眠症状からフレイル:0.07 [0.04, 0.10])。男女別の解析においても、相互の影響は有意であったものの、男性ではフレイルから不眠症状、女性では不眠症状からフ

レイルへの影響がそれぞれ大きいことが示唆された(図参照)。

結論 不眠症状とフレイルとの関連において、双方向の関連が認められた。しかし、潜在的な原因となる因子は男女で異なり、高齢期の健康づくりにおいては性差を考慮した介入の提供が重要であると示唆された。

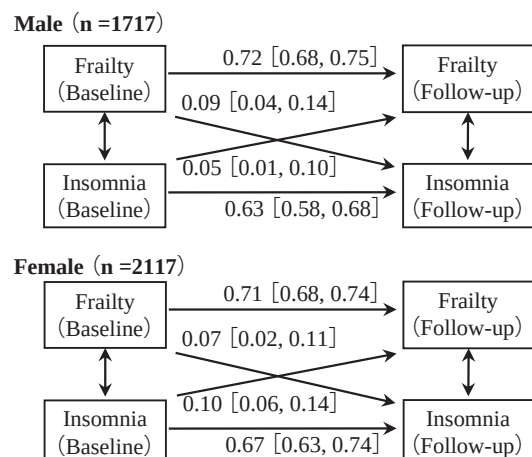


図 不眠症状とフレイルとの双方向の関連

男女ともに双方向の有意な関連が認められたが、男性ではフレイルから不眠、女性では不眠からフレイルへの影響が大きいことが示唆された。

執筆者によるコメント

不眠症状とフレイルとの関連についての研究は、先行研究でもいくつか報告されていますが、多くが横断研究であり、縦断的関連性については不明でした。本研究ではパネルデータを用いて交差遅延効果モデル分析を実施することにより、両者の縦断的関連を詳細に検討しました。本研究により得られた知見は、フレイルや不眠症の予防および悪化防止策の構築に資すると考えられます。

論文紹介

電気刺激による不随意運動は脳の血管に対して選択的な脳血流量の増加を示す

Ando S, Takagi Y, Watanabe H, Mochizuki K, Sudo M, Fujibayashi M, Tsurugano S, Sato K. Effects of electrical muscle stimulation on cerebral blood flow. BMC Neuroscience. 2021; 22: 67.

須藤 みず紀

背景 身体不活動が多くの疾患と関係があることは広く知られている。しかし、運動をできない、あるいは行うことが困難な人も多い。そこで、骨格筋を対象とした電気刺激（EMS）による不随意運動は、随意運動の代替法としての可能性が期待されている。これまでに随意運動が脳全体の血流量を増加させることが示されているが、下肢の骨格筋へのEMSが脳血流（CBF）に与える影響は明らかにされていない。そこで本研究では、下肢の骨格筋へのEMSによる不随意運動がCBFにもたらす効果を明らかにすることを目的とした。そして、大脳皮質を含めた脳の広い部分に血流を供給する内頸動脈（ICA）と脳幹や小脳などに脳の後方に血流を供給する椎骨動脈（VA）との間で、電気刺激による応答に違いがみられるのかを併せて検証した。

方法 本研究では、9名の健常若年男性を対象にクロスオーバー法を用いて実験を実施した。不随意運動は、腰、両脚の大腿部と足首にベルト電極を付け、電気刺激（周波数：4 Hz、パルス幅：0.25 ms）による筋収縮の時間は20分間とした。電気刺激条件と安静条件で、それぞれ別日に測定を実施した。脳血流量は、EMS前、EMS中、または安静中に超音波ドップラー装置にて計測した。同時に、呼気ガス測定を行い、換気量、酸素摂取量、呼気終末二酸化炭素分圧の分析を実施した。

結果 EMSによる不随意運動中に内頸動脈の脳血流量に増加がみられた。更に、呼気終末二酸化炭素分圧の変化量と内頸動脈の血流変化量との間で有意な正の相関を示した。これらの結果は、骨格筋への電気刺激により大脳皮質の幅広い領域への血流量が増加し、二酸化炭素に対する応答性が血流量

の増加と関係があることを示している。一方、随意運動とは異なり椎骨動脈では脳血流量に変化がみられず、随意運動との違いも明らかとなった。

結論 本研究から、骨格筋への電気刺激が大脳皮質の広い範囲へ血流を供給する内頸動脈の血流量を選択的に増加させ、随意運動と同様に脳の健康につながる可能性が示唆された。

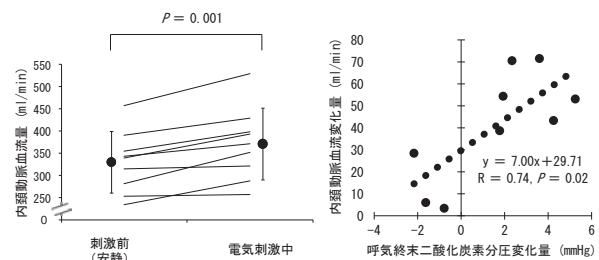


図 内頸動脈における血流量の結果

左：安静時と電気刺激中の内頸動脈血流量

右：呼気終末二酸化炭素分圧の変化と内頸動脈血流量の変化との関係

骨格筋への電気刺激中に内頸動脈の血流量（脳血流量）が増加（左）。また、内頸動脈の血流量の変化と二酸化炭素分圧の変化との間に正の相関がみられた（右）。これは電気刺激中に骨格筋で二酸化炭素が多く生成された被験者ほど、脳血流量が増えたことを示唆している。

執筆者によるコメント

本研究は、4大学との共同研究で実施されました。運動と脳の健康については、多くの疫学研究によりその効果が検証されています。一方で、「なぜ運動が脳の健康をもたらすのか？」というメカニズムについてはエビデンスの蓄積が十分でないのが現状であり、基礎的な知見の蓄積が欠かせません。加齢による脳血流量の低下は認知機能の低下と関係がある可能性が示唆されています。今回の研究は、1回の電気刺激に対する脳血流の応答に関する研究でしたが、電気刺激が運動の代替として脳の健康につながる可能性を示唆する重要な学術的知見となりました。

論文紹介

脳卒中患者と療法士間の障害に関する認識の一致の程度と患者の生活の質との関連

Takashi N, McCarthy MJ, Suzuki R, Ogahara K, Ono-Kihara M, Kihara M, Nakayama T. Association of patient quality of life with the degree of agreement in the perceptions of patient disability within the stroke patient-rehabilitation therapist dyad: a cross-sectional study in postdischarge rehabilitation setting. BMJ Open. 2021; 11(5): e043824.

高士 直己

背景 脳卒中後のリハビリテーションにおいては、
目的 障害に関する認識や治療の目標について、患者とリハビリテーション療法士の間に乖離が存在することが知られている。本研究では患者と療法士間の障害に関する認識の一致の程度と患者の身体的・心理的quality of life (QOL) との関連を探索することを目的とした。

方法 本研究は、在宅男性脳卒中患者と患者のリハビリテーションを担当する療法士のペアを対象とした横断的研究である。対象は、神奈川県にて介護保険によるリハビリテーションを提供する施設17か所から簡易的に選定した。データ収集には、タブレット端末上の構造化質問票を使用した。患者の身体的・心理的QOLは日本語版WHOQOL-BREFを、患者と療法士のもつ患者の障害の程度に関する認識は12-item WHO Disability Assessment Schedule 2.0 (DAS) を用いて測定した。患者と療法士から得られたDASスコアをそれぞれ2区分（低・高）と3区分（低・中・高）に分け、その組み合わせで、認識の一致の程度を表す多区分変数（6区分 [DAS患者スコア低・療法士スコア低, 低中, 低高, 高高, 高中, 高低]）を作成した。また、患者と療法士の特性として、患者の年齢や脳卒中発症後の年数、発症回数、併存疾患の有無、療法士の年齢と職種、更に患者を担当している期間などを測定した。統計解析は、担当療法士によるクラスター効果と共変量の調整のために一般化推定方程式を用いた。

結果 81ペア（患者81名、療法士45名）の参加が得られた。一般化推定方程式の結果は表のとおりである。つまり、患者の身体的・心理的QOLは、患者自身の認識する障害の程度が「軽い」場合、療

法士の評価との乖離が大きいほど低く、患者自身の障害の認識が「重い」場合、療法士の評価との乖離の程度にかかわらず低いことが示された。

結論 患者の身体的・心理的QOLの向上を目指すリハビリテーションにおいて、患者の障害に関する患者－療法士間の認識の乖離は留意すべき要因の1つと考えられる。

表1 従属変数を患者の身体的QOLとした一般化推定方程式の結果

DAS/患者療法士	n	調整済み		
		スコア差	95%信頼区間	P値
DAS/LL (参照群)	12	—	—	—
DAS/LM	18	-7.9	-20.0, 4.2	0.202
DAS/LH	9	-16.0	-28.1, -4.0	0.009
DAS/HH	21	-18.5	-29.8, -7.2	0.001
DAS/HM	15	-22.4	-35.0, -9.8	< 0.001
DAS/HL	6	-19.6	-36.3, -2.9	0.021

表2 従属変数を患者の心理的QOLとした一般化推定方程式の結果

DAS/患者療法士	n	調整済み		
		スコア差	95%信頼区間	P値
DAS/LL (参照群)	12	—	—	—
DAS/LM	18	-12.4	-24.5, -0.3	0.044
DAS/LH	9	-10.6	-25.6, 4.4	0.166
DAS/HH	21	-18.0	-29.2, -6.9	0.001
DAS/HM	15	-23.5	-36.0, -10.9	< 0.001
DAS/HL	6	-20.8	-32.7, -8.9	0.001

執筆者によるコメント

本研究の結果は、患者－療法士間の情報共有の必要性和その臨床的意義を示唆するものです。例えば、患者が障害を軽く認識している場合、療法士は患者の意欲や自尊心をそぐことがないように慎重にかつ支援的に情報共有を行う必要があるかもしれません。また、患者が障害を重く認識している場合は、療法士の考えている障害の程度を正確にコミュニケーションすることで、QOLを高められる可能性があります。

論文紹介

高齢者の睡眠障害に対する身体活動と社会的関係の複合的効果

Seol J, Lee J, Nagata K, Fujii Y, Joho K, Tateoka K, Inoue T, Liu J, Okura T. Combined effect of daily physical activity and social relationships on sleep disorder among older adults: cross-sectional and longitudinal study based on data from the Kasama study. BMC Geriatrics. 2021; 21: 623.

藤井 悠也

背景 高齢者の不眠問題は喫緊の課題である。不眠を改善する対策として、身体活動や社会交流の重要性が示唆され始めているが、これらの組み合わせによる効果については明らかでない。そこで本研究では、高齢者の日常的な身体活動と社会的関係の組み合わせが睡眠障害のリスクとどのように関連するかについて、横断的検討（研究1）および縦断的検討（研究2）により明らかにした。

方法 対象は、2011年から2019年の間に健診事業に参加した地域在住日本人高齢者1339名とし、研究1では988名、研究2では351名を対象とした。身体活動量はPhysical Activity Scale for the Elderlyにより評価し、社会的関係はLubben Social Network Scale短縮版を用いて評価した。睡眠障害の有無は、Pittsburgh Sleep Quality Indexを用いて定義した。身体活動と社会的関係の組み合わせ効果を検証するために、各スコアの中央値を用いて対象者を以下の4つのグループに分類した。(1) 低活動・低社会的関係群、(2) 低活動・高社会的関係群、(3) 高活動・低社会的関係群、(4) 高活動・高社会的関係群。研究1ではロジスティック回帰分析、研究2ではCox比例ハザード回帰分析を用い、睡眠障害との横断的および縦断的な関連性を検討した。

結果 研究1において、高活動・高社会的関係群は、低活動・低社会的関係群に比べ、睡眠障害の保有率が有意に低いことが明らかになった（OR：0.58, 95%CI: 0.40–0.84）。また、研究2では、高活動・高社会的関係群は、低活動・低社会関係群に比べ、睡眠障害の発生率が有意に低い（HR：0.56, 95%CI: 0.32–0.97）ことが明らかになった。

結論

本研究により、身体的に活発であることに加え社会的関係が良好な高齢者は、睡眠障害の発生率が低いことが示唆された。一方で、片方の変数のみが良好な場合では、不眠リスクの低下と有意な関連を示さなかった。

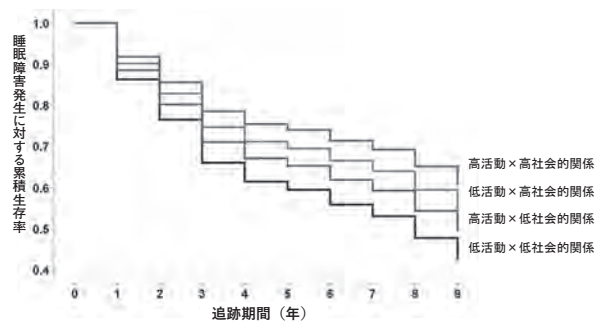


図 身体活動と社会的関係の組み合わせと睡眠障害発生における調整済み Kaplan-Meier 曲線

年齢、性、BMI、降圧剤・睡眠薬の服用、飲酒・喫煙歴、抑うつ度を調整

執筆者によるコメント

本研究は、高齢者を対象として、睡眠に対する身体活動と社会的関係の組み合わせ効果をみた論文です。本研究成果の特長は、日常生活を活動的に過ごすだけでなく、社会交流も活発に行うことで、良質な睡眠が確保できる可能性を示した点です。そのメカニズムとしては、概日リズムの同調やメンタルヘルスの保持などが考えられますが、これについては更なる研究の蓄積が望まれます。

論文紹介

地域在住高齢者におけるプレフレイルと交通事故発生との関連

Liu J, Fujii Y, Fujii K, Seol J, Kim M, Tateoka K, Nagata K, Zhang H, Okura T. Pre-frailty associated with traffic crashes in Japanese community-dwelling older drivers. Traffic Injury Prevention. 2022; 23(2): 73-8.

藤井 悠也

背景 高齢ドライバーによる交通事故の予防は喫緊の課題であるが、その関連要因は十分に明らかになっていない。本研究では、高齢者が予防すべき指標の1つである身体的フレイルを取り上げ、フレイル状態と運転中における交通事故経験との横断的関連を検討することとした。更に、特にどの下位項目が関連するかを探索的に検証することとした。

方法 2019年に茨城県笠間市在住高齢者8000名に対して郵送調査を実施し、回答があった者のうち、定期的に運転している者2208名を分析対象とした。フレイルの判定には基本チェックリストを用い、健常/プレフレイル/フレイルの3群に分類した。また、交通事故経験は過去1年間における自動車運転中の対物・対人事故の有無について調査し、いずれかの経験があった者を事故発生ありと定義した。フレイル状態と交通事故発生との関連を検討するために、種々の交絡を調整したロジスティック回帰分析を実施した。また、基本チェックリストの下位項目（生活機能低下・運動器機能低下・低栄養・口腔機能低下・閉じこもり・認知機能低下・気分障害）との関連も検証した。

結果 交通事故発生があった者は192名（8.7%）であった。ロジスティック回帰分析の結果、健常群に比して、プレフレイル群において有意に交通事故発生率が高く（OR = 1.52, 95%CI: 1.10–2.10）、フレイル群は有意ではないもののオッズ比が高い傾向を示した（OR = 1.42, 95%CI: 0.84–2.41）。また基本チェックリスト下位項目と交通事故発生の関連を検討したところ、口腔機能低下（OR = 1.57, 95%CI: 1.09–2.27）と認知機能低下（OR = 1.38, 95%CI: 1.01–1.90）が、交通事故発生と有意な関連

を示した。

結論 本研究結果により、基本チェックリストを用いてプレフレイル/フレイルを特定することが、高齢ドライバーにおける交通事故防止に重要な役割を果たす可能性が示された。特に、口腔機能や認知機能が低下している高齢ドライバーには、より注意を払う必要があることが示唆された。

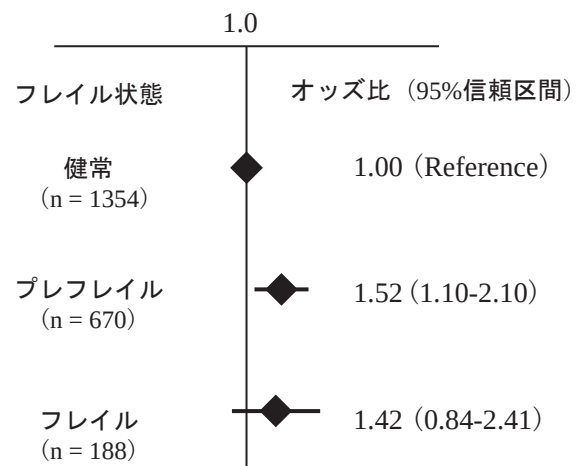


図 フレイル状態と交通事故発生との横断的関連
年齢、性、教育歴、運転頻度、走行距離を調整

執筆者によるコメント

本研究は、基本チェックリストを用いたフレイル評価と交通事故経験との関連を示した論文です。横断的な研究ではありますが、フレイル状態と事故発生が関連する可能性を示したことは、高齢ドライバーの交通事故防止策を練るうえで重要な知見となるかもしれません。今後は、「フレイル評価により将来的な事故発生をスクリーニングできるか」、「フレイル予防により交通事故発生が減少するか」について更に検証していくことが望まれます。

論文紹介

一過性の運動による中高齢者の記憶力への影響

Etnier JL, Vance JC, Ueno A. Effects of acute exercise on memory performance in middle-aged and older adults. Journal of Aging and Physical Activity. 2021; 29(5): 753-60.

上野 愛子

背景 過去の研究では、一過性の運動は短期記憶と
目的 長期記憶にポジティブな影響があるということが分かった。また、一過性の運動をするタイミングによって記憶の定着に異なる影響があることも示している。しかし、それらの研究対象者は若者が多く、記憶力の低下を著しく受けている中高齢者への研究は少ない。本研究の目的は、中高齢者を対象に、一過性の運動が記憶に与える影響と、また異なる運動を行うタイミングによって記憶の定着にどのような変化を及ぼすかについて調査を行った。

方法 本研究は、アメリカ・ノースカロライナ州グリーンズボロ付近に住む健全かつ普段から運動を行っている中高齢者（50～75歳）を対象とした。全被験者は3回の実験室への訪問実験と、訪問から24時間後の電話での3回のフォローアップ実験、計6回の実験に参加した。3回の実験室訪問では、25分の有酸素運動を記憶課題前に行う条件（運動前条件）、記憶課題後に行う条件（運動後条件）、また運動しない条件（安静条件）の3条件に分けた。記憶課題は、Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT)を使用した。参加者は、リストAの15単語を聞いた直後に可能な限りの単語を思い出す作業を5回繰り返し（Trial 1：短期記憶+Trial 1-5：学習）、リストBの15単語を聞き、可能な限りの単語を思い出す作業を行う（Trial 6）。その後、単語リストは聞かずにリストAの単語をできるだけ多く思い出す作業を行った（Trial 7）。24時間後のフォローアップでは、Trial 7と同様にできるだけ多くの単語をリストAから思い出すよう指示された（Trial 8）。

結果 運動前条件は、運動後条件と安静条件に対して短期記憶（Trial 1）、学習（Trial 1-5）、

長期記憶（Trial 7）に有意な差を示した。また、24時間後の記憶の定着（Trial 8）に関しても、運動前条件は、運動後条件と安静条件よりも多くの単語を覚えていた。加えて、運動後条件は安静条件よりも24時間後に覚えている単語の数が多かった。

結論 一過性の運動は、中高齢者の短期記憶と長期記憶にポジティブな影響を及ぼすことが分かった。また、情報を収集する前に運動を行うと記憶の定着が良いことが検証された。

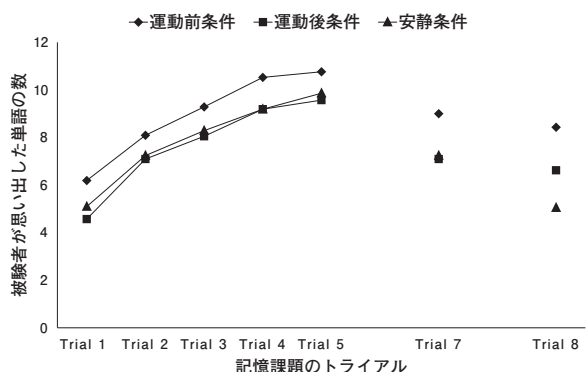


図 運動前条件・運動後条件・安静条件において、記憶テストでの思い出した単語の数

Trial 1を短期記憶、Trial 1～5を学習、Trial 7を長期記憶、Trial 8を24時間後の長期記憶とする。

執筆者によるコメント

運動習慣は認知機能に良い影響があるということが過去の研究で示されています。しかし、たった1度の有酸素運動を行うだけで、その直後の記憶力にポジティブな影響があると本研究で示されました！

論文紹介

デバイスを活用した身体活動促進の取り組みに用いられるナッジ戦略

石倉恭子, 加藤美生, 甲斐裕子, 山口大輔, 吉葉かおり, 福田吉治. 身体活動促進を目的とした無作為化比較介入試験と国内実装例に用いられたツールのナッジ戦略—MINDSPACE要素の分類—. 日本健康教育学会誌. 2021; 29(3): 254-65.

山口 大輔

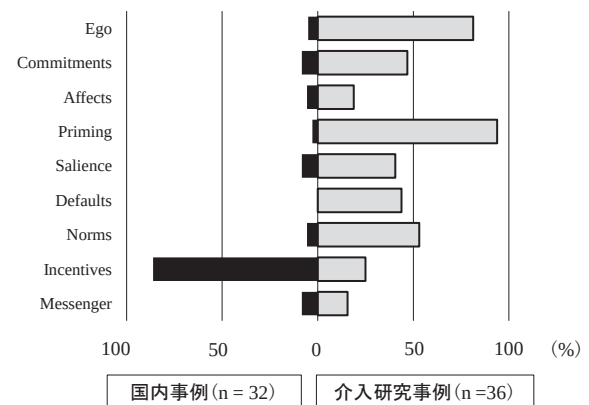
背景 身体活動促進の行動変容介入として階段利用
目的 のナッジは最も有名な成功事例である。ところが、こうしたナッジは、環境を構築する金銭的問題や階段を利用するその一瞬しかナッジされない限界がある。この限界を補うツールとして携帯可能なスマートフォン等の各種デバイスが注目されるものの、ナッジと組み合わせた介入や取り組みについての現状は定かでない。そこで、本総説では、デバイスを用いた介入や取り組みについて学術論文と国内で実装された取り組みを調べ、こうした介入や取り組みに用いられるナッジの要素を整理しその現状と有用性を概観した。

方法 5つの論文データベースと新聞記事データベースを利用して、デバイスを用いた身体活動促進を目的とする無作為化比較介入研究と国内の取り組みをそれぞれ抽出した。抽出されたこれらの情報に対して、英国の行動インサイトチーム（以下、BIT）が作成したMINDSPACEにまとめられている9つの要素が介入や取り組みの内容に含まれているか否かをコード化した。なお、MINDSPACEは、強制しないが人の行動に対する強い影響をもつ“Messenger”, “Incentives”, “Norms”, “Defaults”, “Salience”, “Priming”, “Affect”, “Commitments”, “Ego”という9つの要素で構成される。

結果 論文データベースより32編の論文が、新聞記事データベースからは国内の実装事例36件が抽出された。32編の論文ではPriming, Ego, Norms, Commitmentsの要素が多く組み込まれていた。また、国内事例ではIncentivesが最も多かった。

結論 介入研究に多く用いられるPriming, Ego, Norms, Commitmentsは、国内実装事例

ではほとんどみられなかった。国内の取り組みを充実させるためにも、今後の身体活動促進を意図したツール開発にはエビデンスに裏付けられた有効なナッジを活かすことが望まれる。国外の知見を取り入れる際は、文化的背景を考慮することも重要である。



MINDSPACE要素	内容	介入の具体例
Norms	実際あるいは想像した他人の行動に強く影響される	チーム対抗戦を行う(進捗状況を確認できる仕組みづくり)
Priming	しばしば、意識下のシグナルに影響を受ける	身体活動を促進するメッセージの配信
Commitments	公約に従おうと努め、行動でそれに報いようとする	行動計画および目標設定を促す
Ego	自分本位に行動したり思考したりする	歩数等を自己監視できる機能の提供

図 事例に含まれるナッジ的要素の割合と具体例

石倉ら（2021）を参考に作成

執筆者によるコメント

介入や取り組みに含まれたナッジ的要素を整理分類した本論では、介入研究で用いられるナッジ的要素がスマートフォン等のデバイスを用いた国内事例にはみられにくいことが分かりました。アップルウォッチ等のデバイス誕生とともに、ヘルスプロモーションが今まさに進化しようとしています。効果的ではありますが現場ではいまだ活かされていないナッジがヘルスプロモーションの進化を更に推し進めるものと期待されます。

論文紹介

地域高齢者の身体活動および座位行動と要介護認定との関係—都留コホート研究

Sato S, Takeda N, Yamada T, Nakamura M, Nemoto Y, Maruo K, Fukuda Y, Sawada SS, Kitabatake Y, Arai T. Physical activity and/or sedentary behaviour and the development of functional disability in community-dwelling older adults in Tsuru, Japan: a prospective cohort study (The Tsuru Longitudinal Study). BMJ Open. 2022; 12(3): e056642.

荒尾 孝

背景 世界的な人口の高齢化に伴うfunctional disability (FD) の増加は深刻な社会問題である。本研究は日本の地域在住の自立高齢者を対象に、FD発生と中高強度身体活動 (moderate-to-vigorous physical activity: MVPA)、座位行動 (sedentary behaviour: SB) の関連を明らかにすることを目的にした大規模コホート研究である。

方法 本研究は、山梨県都留市に住む65歳以上のFDを発生していない自立高齢者5311人を33か月間追跡した。ベースライン調査は、自記式質問紙を用いて健康状態や生活習慣を調査した。MVPAは、国際身体活動質問紙短縮版を用いて研究参加者を3群に分類し (週0分: Non-MVPA, 週300分未満: Short-MVPA, 週300分以上群: Long-MVPA)、座位行動 (SB) は、5つの場面のSB時間を調査し、中央値で2群に分類した (Long-SB, Short-SB)。FDの発生は、公的介護保険制度の基準にて客観的に判定した。Coxの比例ハザードモデルを用いて、MVPAおよびSB別、MVPAとSBの組み合わせからみたFD発生のハザード比 (HR) と95%信頼区間 (95%CI) について潜在的交絡因子を調整して求めた。

結果 Non-MVPAを基準にした場合のShort-MVPAとLong-MVPAの多変量調整HR (95%CI) は0.68 (0.54–0.84), 0.53 (0.41–0.69) であった (P for trend < 0.001)。また、Long-SBを基準にした場合のShort-SBのHR (95%CI) は0.86 (0.71–1.03) であった。両活動の組み合わせでは、Non-MVPA & Long-SBを基準にした場合のLong-MVPA & Short-SBのHR (95%CI) は0.49 (0.34–0.72) であった (図)。

結論 本研究結果は、MVPAを促進することは、SBを減少させるよりも、FDの発症を抑制する

る強力な手段であり、これらの行動の組み合わせは、個々の行動と比較して、FDの発症を抑制するための強力な手段であることが示唆された。本研究の結果は、高齢者のFD発生の予防や遅延のためにMVPAを増やし、SBを少なくする健康政策の推進が重要であることを示唆している。

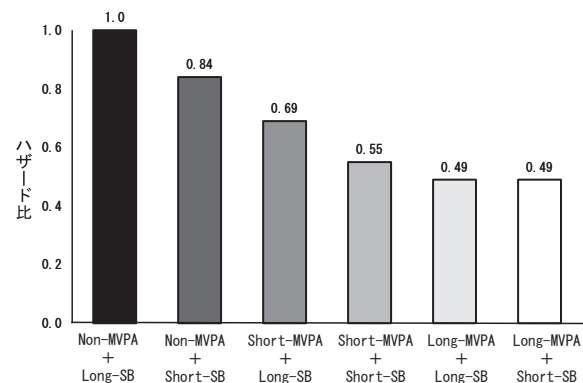


図 MVPAとSBを組み合わせた各グループにおけるFD発生のHRと95%CI (多重代入による解析結果)

調整変数: 年齢, 性, 学歴, 結婚状況, 喫煙, 飲酒, 慢性疾患, 体格指数, 栄養状態

執筆者によるコメント

本研究はFD発生と身体活動および座位行動との関連を検討したコホート研究です。
本結果から、中強度からやや強い強度の身体活動を増やすことや座位行動を減らすことがFDの発症を抑制し、更に、両行動を組み合わせることにより大きな抑制効果が期待できると思われます。
本研究の結果は、地域に居住する高齢者におけるFDの予防策を開発するための有用な情報です。

論文紹介

企業規模ごとの死亡リスクと社会参加：JAGESにおける6年間の追跡研究

Kanamori S, Kondo N, Takamiya T, Kikuchi H, Inoue S, Tsuji T, Kai Y, Muto G, Kondo K. Social participation and mortality according to company size of the longest-held job among older men in Japan: a 6-year follow-up study from the JAGES. Journal of Occupational Health. 2021; 63(1): e12216.

甲斐 裕子

背景 企業規模（従業員数）によって、労働環境や産業保健サービスなどが異なり、小規模企業の従業員ほど健診結果などが不良であることが示されている。その格差は高齢期にも持ち越され、小規模企業に長く勤めた男性では、大企業に勤務した人よりも死亡リスクが高いことが報告されている。一方、高齢期の社会参加は健康に恩恵があるが、小規模企業に勤務してきた人でも恩恵があるか不明であった。そこで、日本人男性高齢者を対象に、最も長く勤めた企業の規模別に社会参加と死亡との関連を明らかにした。

方法 本研究はJAGES（Japan Gerontological Evaluation Study, 日本老年学的評価研究）の一環である。2010～2012年にかけて、16自治体に住む要介護認定を受けていない65歳以上の男女95827人に質問紙調査を実施した。その後2016年まで、死亡や転出の有無に関する情報を追跡した。企業での就労経験がある男性19260人を解析対象とした。最も長く勤めた企業の規模は、「あなたのこれまでの仕事のなかで、最も長く勤めた会社・組織全体で何人くらいの方が働いていましたか」という質問から取得した。社会参加は、就労（あり）、町内会・自治会、趣味のグループ、スポーツのグループ（年数回以上）とした。

結果 平均年齢は73.3±5.7歳で、追跡期間中に2870人（14.9%）が死亡した。社会参加の割合は、49人以下の企業に勤めていた男性では、就労者が多い反面、それ以外の社会参加は少ないという特徴があった。年齢、所得、教育歴、最も長く勤めた職種、疾患等を考慮した解析の結果、いずれの企業規模および社会参加においても、参加者は有意に死亡リス

クが低かった（図）。また、この関連は企業規模が小さいほど参加による恩恵が少なそうであった。

結論 小規模企業に長く勤めた男性高齢者でも、社会参加することで死亡リスクが低下する可能性が示唆された。ただし、健康格差是正の観点からは社会参加のあり方の検討が必要である。

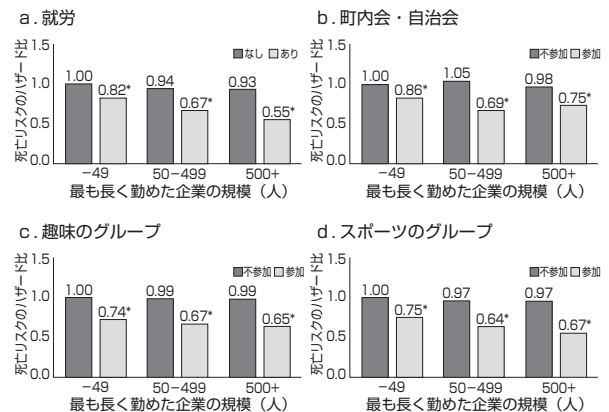


図 最も長く勤めた企業の規模と社会参加の有無による死亡リスク

すべての解析において年齢、所得、教育歴、最も長く勤めた職種、居住地、世帯構成、BMI、治療中の疾患を考慮
*P < 0.05

執筆者によるコメント

日本を代表する高齢者コホートのJAGESから得られた成果です。現役時代から高齢期に持ち越された企業規模による格差を、社会参加によって縮小できないかと考え、解析を実施しました。すべての企業規模の群で社会参加によって死亡リスクは低減していましたが、その恩恵は大企業ほど大きい傾向があり、格差が縮小しているとはいえませんでした。一律に社会参加を促すのではなく、社会経済的状況を考慮した政策の必要性を示唆する研究結果となりました。

2021年度

体力医学研究所活動報告

I 研究活動

1 研究課題

- (1) 職域プロジェクト研究：健康経営に資する身体活動・座位行動の健康影響とその改善対策
 - ・身体活動とメンタルヘルス・生活習慣病との関係に関する研究
 - ・職域での座りすぎの解消に向けた研究
 - ・行動経済学を応用した無関心層の身体活動促進戦略の開発に関する研究
- (2) 地域プロジェクト研究：社会的成果をもたらす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
 - ・豊かな環境による脳機能発達に関する検証
 - ・不活動者の運動とメンタルヘルス
 - ・認知機能を高める運動条件の探索
 - ・運動が脳機能に与える急性および慢性的適応メカニズムの解明

2 その他の活動

- (1) 「体力研究」119号刊行（令和3年4月30日）
- (2) ホームページ運営

II 健康啓発活動

1 講演および講義

対象：自治体、非営利法人、民間企業、教育機関等

2 学術成果に基づいた健康情報の発信

メディア掲載、ウェブサイト

III 研究助成

1 選考

第37回若手研究者のための健康科学研究助成 選考結果発表
(令和3年5月)

2 贈呈

第37回若手研究者のための健康科学研究助成 贈呈
(令和3年7月)

Appendix

Appendix I	研究業績一覧
Appendix II	健康啓発活動業績一覧
Appendix III	研究助成受贈者の論文紹介
Appendix IV	第38回（2022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) 石倉恭子, 加藤美生, 甲斐裕子, 山口大輔, 吉葉かおり, 福田吉治. 身体活動促進を目的とした無作為化比較介入試験と国内実装例に用いられたツールのナッジ戦略—MINDSPACE要素の分類—. 日本健康教育学会誌. 2021 Aug; 29(3): 254-265.

2 原著論文

- (1) 須藤みず紀, 安藤創一. 局所の骨格筋への電気刺激が気分・感情に与える影響: 随意運動との比較. 体力研究. 2021 Apr; 119: 1-8.
- (2) Fujii K, Fujii Y, Kubo Y, Tateoka K, Liu J, Nagata K, Wakayama S, Okura T. Association between occupational dysfunction and social isolation in Japanese older adults: a cross-sectional study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021 Jun; 18(12): 6648.
- (3) Watanabe D, Kurotani K, Yoshida T, Nanri H, Watanabe Y, Date H, Itoi A, Goto C, Ishikawa-Takata K, Kikutani T, Yoshida M, Fujita H, Yamada Y, Kimura M, Kyoto-Kameoka Study Group. Adherence to the food-based Japanese dietary guidelines and prevalence of poor oral health-related quality of life among older Japanese adults in the Kyoto-Kameoka study. The British Journal of Nutrition. 2021 Aug; 1-10.
- (4) 樋口匡貴, 荒井弘和, 伊藤 拓, 中村菜々子, 甲斐裕子. 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言期間における予防行動の関連要因: 東京都在住者を対象とした検討. 日本公衆衛生雑誌. 2021 Sep; 68(9): 597-607.
- (5) Hyodo K, Suwabe K, Yamaguchi D, Soya H, Arao T. Comparison between the effects of continuous and intermittent light-intensity aerobic dance exercise on mood and executive functions in older adults. Frontiers in Aging Neuroscience. 2021 Oct; 13: 723243.
- (6) Fujii K, Fujii Y, Kitano N, Sato A, Hotta K, Okura T. Mediating role of instrumental activities of daily living ability on cognitive function of older adults living alone: a 4-year longitudinal study from the Kasama study. Medicine. 2021 Oct; 100(40): e27416.
- (7) 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 and Therapeutics. 2021 Nov; 54(10): 1330-1339.
- (8) Nanri H, Yoshida T, Watanabe Y, Fujita H, Kimura M, Yamada Y. The association between habitual green tea consumption and comprehensive frailty as assessed by Kihon Checklist indexes among an older Japanese population. Nutrients. 2021 Nov; 13(11): 4149.
- (9) Soma Y, Sato A, Tsunoda K, Kitano N, Jindo T, Abe T, Okura T. Relationships between participation in volunteer-managed exercises, distance to exercise facilities, and interpersonal social networks in older adults: a cross-sectional study in Japan. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021 Nov; 18(22): 11944.
- (10) Ando S, Takagi Y, Watanabe H, Mochizuki K, Sudo M, Fujibayashi M, Tsurugano S, Sato K. Effects of electrical muscle stimulation on cerebral blood flow. BMC Neuroscience. 2021 Nov; 22(1): 67.
- (11) Seol J, Lee J, Nagata K, Fujii Y, Joho K, Tateoka K, Inoue T, Liu J, Okura T. Combined effect of daily physical activity and social relationships on sleep disorder among older adults: cross-sectional and longitudinal study based on data from the Kasama Study. BMC Geriatrics. 2021 Nov;

21: 623.

- (12) Nemoto Y, Sato S, Kitabatake Y, Nakamura M, Takeda N, Maruo K, Arao T. Bidirectional relationship between insomnia and frailty in older adults: a 2-year longitudinal study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2021 Nov-Dec; 97: 104519.
- (13) Azuma Y, Matsui T, Hiramoto M, Hashimoto R, Matsuzawa K, Miyazaki T, Seo K, Watanabe Y, Kida N, Kai Y, Morihara T. Motion analysis focusing on rotational movements of professional female baseball pitchers: comparison with male university baseball pitchers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Dec; 18(24): 13342.
- (14) 渡邊裕也, 来田宣之, 甲斐義浩, 森原 徹. 筋発揮張力維持スロー法で行う上肢ゴムバンドエクササイズにおける筋活動動態. *運動器リハビリテーション*. 2021; 32(4): 422-428.
- (15) Liu J, Fujii Y, Fujii K, Seol J, Kim M, Tateoka K, Nagata K, Zhang H, Okura T. Pre-frailty associated with traffic crashes in Japanese community-dwelling older drivers. *Traffic Injury Prevention*. 2022; 23(2): 73-78.
- (16) Watanabe D, Kurotani K, Yoshida T, Nanri H, Watanabe Y, Date H, Itoi A, Goto C, Ishikawa-Takata K, Kimura M, Miyachi M, Yamada Y, the Kyoto-Kameoka Study Group. Diet quality and physical or comprehensive frailty among older adults. *European Journal of Nutrition*. 2022 Feb; 1-12.
- (17) Nagata K, Tsunoda K, Fujii Y, Tsuji T, Okura T. Physical activity intensity and suspected dementia in older Japanese adults: a dose-response analysis based on an 8-year longitudinal study. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2022; 87(3): 1055-1064.
- (18) Ando S, Komiyama T, Tanoue Y, Sudo M, Costello JT, Uehara Y, Higaki Y. Cognitive improvement after aerobic and resistance exercise is not associated with peripheral biomarkers. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2022 Mar; 16: 853150.
- (19) Sato S, Takeda N, Yamada T, Nakamura M, Nemoto Y, Maruo K, Fukuda Y, Sawada SS, Kitabatake Y, Arao T. Physical activity and/or sedentary behaviour and the development of functional disability in community-dwelling older adults in Tsuru, Japan: a prospective cohort study (The Tsuru Longitudinal Study). *BMJ Open*. 2022 Mar; 12(3): e056642.
- (20) Gonno M, Kida N, Nomura T, Matsui M, Azuma Y, Hiramoto M, Hashimoto R, Miyazaki T, Tanaka M, Watanabe Y, Kai Y, Morihara T. Relationship between standing trunk extension angle and medial elbow injuries in young baseball pitchers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022 Mar; 19(7): 3895.

3 その他の学術論文

- (1) Sudo M, Ando S. Effects of different environmental enrichment on locomotor activity and skeletal muscle volume in rats. *Bulletin of the Physical Fitness Research Institute*. 2021 Apr; 119: 9-12.
- (2) 甲斐裕子. 「座りすぎ」が健康に及ぼす影響とその対策. *産業保健と看護*. 2021 Apr; 13(4): 61-67.
- (3) 山本ちさと, 松井知之, 橋本留緒, 宮崎哲哉, 辰田明紀, 東 善一, 平本真知子, 瀬尾和弥, 権野めぐみ, 来田宣幸, 渡邊裕也, 森原 徹. バレーボールチームのメディカルチェックとインタビュー調査—医療機関と学校との連携に向けて—. *同志社スポーツ健康科学*. 2021 Jun; 13: 40-48.
- (4) 渡邊裕也, 池永昌弘. 超音波法およびCT法を用いた地域在住高齢者における下肢骨格筋の量的, 質的評価—高体力者と低体力者の比較—. *同志社スポーツ健康科学*. 2021 Jun; 13: 49-57.
- (5) 甲斐裕子, 山口大輔. ナッジを活用した身体活動促進の支援. *介護予防・健康づくり*. 2021 Jun; 8(1): 40-45.
- (6) 後岡直樹, 福沢廣大, 渡邊裕也. スレッド走を用いた活動後増強とスプリントパフォーマンスの関係. *同志*

社大学ハリス理化学研究報告. 2021 Jul; 62(2): 79-86.

- (7) 渡邊裕也. 筋発揮力維持スロー法を応用した低負荷レジスタンストレーニング. BIO Clinica. 2021 Nov; 36(13): 90-94.
- (8) Tsunoda K, Kitano N, Kai Y, Jindo T, Uchida K, Arao T. Editorial: twenty minutes of moderate-to-vigorous physical activity a day keeps the nonalcoholic fatty liver disease away - authors' reply. Alimentary Pharmacology and Therapeutics. 2022 Jan; 55(1): 118-119.
- (9) Muramatsu-Noguchi Y, Nonaka D, Kounnavong S, Kobayashi J. Association between socio-economic status and the presence of soap at handwashing facilities in Lao People's Democratic Republic: a cross-sectional study. Asia Pacific Journal of Public Health. 2022 Jan; 10105395211072478.
- (10) 竹林正樹, 甲斐裕子, 江口泰正, 西村 司, 山口大輔, 福田 洋. わかっていてもなかなか実践しない相手をどう動かす?—身体活動・運動促進へのナッジ—. 日本健康教育学会誌. 2022 Feb; 30(1): 73-78.
- (11) 甲斐裕子, 北濃成樹, 山口大輔, 神藤隆志, 荒尾 孝. 加速度計で調査した首都圏在住勤労者の身体活動および座位行動: MYLSスタディ. 運動疫学研究. 2022 (in press).

4 報告書等

- (1) 甲斐裕子, 山口大輔, 吉葉かおり, 野田隆行, 荒尾 孝, 金森 悟, 石倉恭子. 行動経済学を応用した体を動かす人を増やす研究. 令和2年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)健康への関心度による集団のグルーピングと特性把握ならびに健康無関心層への効果的な介入手法の確立(研究代表者: 福田吉治). 分担研究報告書. 2021.
- (2) 金森 悟, 甲斐裕子. 運動行動の変容ステージ別の歩行時間の規定要因. 令和2年度厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)健康への関心度による集団のグルーピングと特性把握ならびに健康無関心層への効果的な介入手法の確立(研究代表者: 福田吉治). 分担研究報告書. 2021.
- (3) 高田和子, 町田修一, 阿部圭一, 榎 裕美, 渡邊裕也, 田中和美. 運動・栄養介入による高齢者の虚弱予防に関する長期的な介護費削減効果の検証とガイドライン策定のための研究. 厚生労働科学研究費補助金(長寿科学政策研究事業). 平成30年度~令和2年度総合研究報告書(研究代表者: 高田和子). 2021.

5 学会発表(招待講演)

- (1) 中田由夫, 甲斐裕子, 松尾知明, 笹井浩行. 働く人のための身体活動基準および身体活動・運動習慣獲得のために必要な介入方法. シンポジウム4「健康づくりのための身体活動基準2013の改定に向けた現状のエビデンスと改定の方向」. 第23回日本運動疫学会学術総会, 兵庫. 2021年6月
- (2) 兵頭和樹. 高齢者の認知機能維持・向上に資する運動の役割. シンポジウム「認知機能改善のための身体活動の在り方」. 日本体育・スポーツ・健康学会第71回大会, Web開催. 2021年9月
- (3) 甲斐裕子, 山口大輔. ナッジを活用した身体活動促進の研究と実践—本当に無関心層は“動く”のか?—. シンポジウム「わかっていてもなかなか実践しない相手をどう動かす?—身体活動促進へのナッジ—. 第29回日本健康教育学会学術大会, Web開催. 2021年9月
- (4) 甲斐裕子. 身体活動が行われる文脈を考慮しない是非: 心理・行動科学の視点から. シンポジウム「ガイドラインの課題と展望」. 第6回運動と健康: 分野横断型勉強会, Web開催. 2021年9月
- (5) 中田由夫, 松尾知明, 笹井浩行, 甲斐裕子. 働く人のための身体活動基準および身体活動・運動習慣獲得のために必要な介入方法レビュー班の取り組み. シンポジウム2「身体活動ガイドライン改定の方向性と内容」. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (6) 甲斐裕子. 運動疫学におけるWithコロナのエビデンス. シンポジウム5「オンライン社会における運動疫学研究の展開: コロナ禍を契機として」. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月

- (7) 北濃成樹, 甲斐裕子, 神藤隆志. 勤労者に広がる座りすぎとその対策. シンポジウム31「世代別の座位行動の健康課題とその対策: COVID-19を超えて」. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (8) 甲斐裕子. ナッジを活用した身体活動促進の支援. 産業保健研究会2021年度10月月例会, Web開催. 2021年10月
- (9) 甲斐裕子. 研究の始め方・進め方のポイントー研究所勤務の立場からー. 若手の会企画「研究ってどうやってやるの?~デザイン作成から時間の活用方法まで~」. 第28回日本行動医学会学術総会, Web開催. 2021年11月
- (10) 荒尾 孝. 人生100年時代の地域共生社会における美容福祉の可能性. 第20回日本美容福祉学会学術集会, Web開催. 2021年11月

6 学会発表 (一般発表)

- (1) 金森 悟, 甲斐裕子, 楠本真理, 川又華代. 上場企業における産業看護職の対従業員数割合と健康経営との関連. 第94回日本産業衛生学会, 長野. 2021年5月
- (2) 須藤みず紀, 池上 諒, 狩野 豊, 安藤創一. 豊かな飼育環境がラットの身体活動量・脳由来神経栄養因子・情動に及ぼす影響. 第29回日本運動生理学会大会, Web開催. 2021年8月
- (3) Sudo M, Ando S. Effects of acute stretching on cognitive function and mood states of physically inactive young adults. 26th Annual Congress of the European College of Sports Science, Online conference. 2021 September
- (4) Matsuura K, Ando S, Takagi Y, Mochizuki K, Kitajima D, Katagiri Y, Munehira U, Fujibayashi M, Costello J, Tsurugano S, Sato K, Sudo M. Combined effects of electrical muscle stimulation and arm cranking on cognitive performance. 26th Annual Congress of the European College of Sports Science, Online conference. 2021 September
- (5) 須藤みず紀, 狩野 豊, 安藤創一. 豊かな環境におけるホイール運動の有無が身体活動量・骨格筋・情動に及ぼす影響. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (6) 片桐悠貴, 妹尾淳史, 水口暢章, 須藤みず紀, 大河原一憲, 安藤創一. 大脳基底核の構造は安静時及び運動後の認知パフォーマンスを予測するか? 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (7) 安藤創一, 高木揺子, 望月航大, 北島大輔, 片桐悠貴, 宗平 麗, 松浦広季, 藤林真美, 鶴ヶ野しのぶ, 佐藤耕平, 須藤みず紀. 骨格筋への電気刺激と随意運動の組み合わせは認知パフォーマンスを向上させる. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (8) 兵頭和樹, 城所哲宏, 野田隆行, 山口大輔, 西田純世, 河原賢二, 甲斐裕子, 荒尾 孝. 自宅型の高齢者向けオンライン運動教室プログラムの実行可能性とメンタルヘルスの影響ー予備的検討. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (9) 渡邊裕也, 渡邊大輝, 吉田 司, 山田陽介, 木村みさか. 地域在住高齢者におけるフレイル有症率と超音波を用いた下肢骨格筋の量的, 質的指標との関連: Kyoto-Kameoka Study. 第76回日本体力医学会大会, Web開催. 2021年9月
- (10) Muramatsu-Noguchi Y, Nonaka D, Kounnavong S, Kobayashi J. Association between socio-economic status and the presence of soap at handwashing place in Lao People's Democratic Republic: a cross-sectional study. Asia-Pacific Academic Consortium for Public Health Conference 2021, Online conference. 2021 October
- (11) 渡邊裕也, 渡邊大輝, 吉田 司, 山田陽介, 横山慶一, 山縣恵美, 木村みさか. 地域在住高齢者における下肢骨格筋の量的, 質的指標と咀嚼機能の関連. 第8回日本サルコペニア・フレイル学会大会, 大阪. 2021年11月
- (12) 甲斐裕子, 神藤隆志, 城所哲宏, 藤井悠也, 高士直己, 吉葉かおり, 野田隆行, 村松祐子, 春日潤子, 矢島陽子, 荒尾 孝. 産官学連携による中小企業の健康経営支援スキームの実現可能性: Y-Linkプロジェクト.

第80回日本公衆衛生学会総会, Web開催. 2021年12月

- (13) 高士直己, 甲斐裕子, 神藤隆志, 城所哲宏, 藤井悠也, 吉葉かおり, 野田隆行, 村松祐子, 春日潤子, 矢島陽子, 荒尾 孝. 質的研究による中小企業の健康経営支援における成功要因の探索: Y-Linkプロジェクト. 第80回日本公衆衛生学会総会, Web開催. 2021年12月

- (14) 藤井悠也, 甲斐裕子, 神藤隆志, 城所哲宏, 高士直己, 吉葉かおり, 野田隆行, 村松祐子, 春日潤子, 矢島陽子, 荒尾 孝. 健康経営を支援する「リンクワーカー」の養成に関する検討: Y-Linkプロジェクト. 第80回日本公衆衛生学会総会, Web開催. 2021年12月

- (15) 神藤隆志, 北濃成樹, 永田康喜, 中原雄一, 鈴川一宏, 永松俊哉. 男子高校生における学校運動部活動の早期離脱の関連要因. 第23回日本健康支援学会年次学術大会, Web開催. 2022年3月

- (16) 永田康喜, 角田憲治, 藤井悠也, 大藏倫博. 高齢者における一人および仲間との運動と認知症発症との縦断的関連. 日本体育測定評価学会第21回大会, Web開催. 2022年3月

- (17) Hyodo K, Watanabe Y, Yamaguchi D, Ueno A, Noda T, Nishida S, Kai Y, Soya H, Arao T. Effect of web-based light-intensity aerobic dance exercise on mental health and cognitive function in older adults: a randomized controlled trial. ARIHHP Science Week 2022, Online conference. 2022 March

7 その他の業績 (研究費の取得)

- (1) 兵頭和樹. 高齢者を対象としたWeb型運動教室運営システムによる健康づくりの効果検証 (健康体力づくり事業財団令和3年度健康運動指導研究助成 調査研究). 令和3年度
- (2) 明治安田厚生事業団. ターゲット横断的なスポーツ実施者の増加方策事業 (Sport in Life 推進プロジェクト). 令和3年度
- (3) 須藤みず紀. 身体運動による骨格筋の形態学変化は脳の健康増進に寄与するか?: 認知機能と情動の改善を目指した戦略構築 (第44回公益財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団学術研究助成). 令和4年度

Appendix II

健康啓発活動業績一覧

1 講演および講義

- (1) コロナに負けない健康づくり・体力づくり. 令和3年度保健活動推進員全体研修会. 横浜市都筑福祉保健センター. 2021年5月(対象:保健活動推進員)
- (2) 企業におけるナッジを活用した身体活動促進—行動経済学は運動不足を救うか?—. 産業医学懇話会. 特定非営利活動法人健康経営研究会. 2021年7月(対象:産業保健スタッフ)
- (3) 行動変容に関する理論. 2021年度第3回特定保健指導実践者育成研修. 中央労働災害防止協会. 2021年8月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (4) コロナ禍で増えた「座りすぎ」の健康影響とその対策. 健活おおさかせミナー2021「コロナに負けない食生活と健康なからだづくり」. 大阪府. 2021年9月(対象:一般住民)
- (5) コロナ禍の今だから知りたい! 座りすぎの健康影響と企業での対策. 第112回文天ゼミ. 医療法人社団同友会. 2021年9月(対象:企業の健康管理担当者)
- (6) 新しい生活様式における身体活動・運動の実践とその効果—最新の科学的エビデンスに基づいて—. 健康づくりのための運動指導研修会. 公益財団法人山口県健康福祉財団. 2021年9月(対象:保健師, 管理栄養士, 等)
- (7) 運動で楽しく脳を健康に. 江東区シニア健康講座&スローエアロビック®. 江東区体育協会. 2021年10月(対象:一般住民)
- (8) 身体活動促進で考慮すべき視点—健康づくりの専門家の立場から—. 第33回住生活月間協賛・まちなみシンポジウム「健康なすまい・ウォーカブルなまちづくり」. 一般財団法人住宅生産振興財団, 日本経済新聞社. 2021年10月(対象:一般住民)
- (9) スポーツ・レクリエーション生理学. スポーツ・レクリエーション指導者養成講習会. 公益財団法人日本レクリエーション協会. 2021年10月(対象:レクリエーション公認指導者)
- (10) 住民による「運動の場づくり」は地域全体のシニアの運動習慣者を増やすか?—ポピュレーションアプローチによる「運動格差」縮小に挑む—. 宮崎県健康増進計画評価支援事業に係る支援者育成研修会. 公益財団法人宮崎県健康づくり協会. 2021年11月(対象:保健師, 管理栄養士, 等)
- (11) スポーツ・レクリエーション生理学. スポーツ・レクリエーション指導者養成講習会. 公益財団法人日本レクリエーション協会. 2021年11月(対象:レクリエーション公認指導者)
- (12) 行動科学理論を活かした健康支援. 2021年度第1回産業保健指導・産業栄養指導専門研修. 中央労働災害防止協会. 2021年12月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (13) スローエアロビック®を活用したオンライン指導による高齢者の健康づくり研究の紹介. JAF指導専門委員会研修会. 公益社団法人日本エアロビック連盟. 2022年1月(対象:JAF指導専門委員)
- (14) 行動変容に関する理論. 2021年度第4回特定保健指導実践者育成研修. 中央労働災害防止協会. 2022年2月(対象:保健師, 管理栄養士)
- (15) スポーツ・レクリエーション生理学. スポーツ・レクリエーション指導者養成講習会. 公益財団法人日本レクリエーション協会. 2022年2月(対象:レクリエーション公認指導者)
- (16) どこでも手軽にできるスロートレーニング. 健康づくり講演会. 高周波熱錬株式会社. 2022年2月(対象:職員)
- (17) スローエアロビック®・最先端のオンライン指導の紹介. 第2回スローエアロビックオンラインフェスタ. 公益社団法人日本エアロビック連盟. 2022年3月(対象:スローエアロビック指導員)
- (18) スローエアロビック®のエビデンスについて. 超党派エアロビック普及推進議員連盟総会. 公益社団法人日本エアロビック連盟. 2022年3月(対象:議員, 厚生労働省・スポーツ庁職員)

2 メディア掲載

- (1) 三菱グループサイト「今月の一社」コーナー4月号：事業団の概要と取り組みに関する内容。2021年4月
- (2) BS朝日「宇賀なつみのそこ教えて！」：sport in lifeプロジェクトにおける事業団の取り組みに関する内容。2021年5月
- (3) 法研「へるすあっぷ21」：プレスリリース「活動的なオフィスへの移転による健診データの維持・改善を確認」に関する内容。2021年8月号
- (4) 日本経済新聞電子版・夕刊：高齢者向けオンライン健康づくりシステムの共同実証研究に関する内容。2021年8月
- (5) TOKYO MX「トウキョウもっと！²元気計画研究所」：「もっと都民が運動する機会を増やすために！」にて解説・コメント。2021年11月
- (6) テレビ朝日「スーパーJチャンネル」：プレスリリース「座っている時間を1時間減らして身体活動に充てると脂肪肝である可能性が2割減と試算―活動量の実測データに基づく世界初の知見―」に関する内容。2021年11月
- (7) テレ朝news, Yahoo news, 読売新聞オンライン, SANSPO.COM, 糖尿病ネットワーク, ポータルフィールドニュース：プレスリリース「座っている時間を1時間減らして身体活動に充てると脂肪肝である可能性が2割減と試算―活動量の実測データに基づく世界初の知見―」に関する内容。2021年11月
- (8) 日本経済新聞：第33回 住生活月間協賛 まちなみシンポジウム「健康なすまい・ウォーカブルなまちづくり」に関する内容。2021年12月
- (9) 法研「へるすあっぷ21」：「エビデンスから紐解く 心を整える生活習慣」にてコメント。2022年1月号
- (10) 福岡放送「めんたいワイド」：「座りすぎ」防止に対する事業団の取り組みに関する内容。2022年2月

Appendix III 研究助成受贈者の論文紹介

認知課題による前頭前野の活動亢進は視覚適応課題の成績向上に寄与するのか

Kimura T, Nakano W. Enhancement of prefrontal area excitability induced by a cognitive task: impact on subsequent visuomotor task performance. *Neurobiology of Learning and Memory*. 2021; 181: 107436.

木村 剛英（つくば国際大学医療保健学部理学療法学科，第36回受贈者）

運動学習は，新たな動作の習得や動作の円滑な遂行に深くかかわる。これまで我々は，特定の認知課題を行うと，その直後に運動学習が促進する興味深い現象を報告した（Kimura et al., 2019）。しかし，なぜこのような現象が生じるのか，その機序は不明である。そこで本研究では，認知課題により生じる脳活動の変化が，その後の運動学習の促進に寄与したと仮説をたて，その検証を行った。

本研究では，運動学習の進展にかかわる脳部位の1つ，背外側前頭前野に焦点をあてた。認知課題にはNバック課題を用いた。そして，Nバックを実施したあとに生じた背外側前頭前野の活動の変化を近赤外線分光法（NIRS）にて評価した。また，運動学習の評価にはserial reaction time task（SRTT）を用いた。研究対象者はNバック課題，もしくはコントロール課題を約20分間行い，その後SRTTを行った。実験の結果，コントロール課題を行った研究対象者と比較して，Nバック課題を行った研究対象者ではSRTTの成績が早期に向上した。しかし，Nバック課題で生じた背外側前頭前野の活動の変化と，SRTTの成績の向上速度に関連性は見いだせなかった。この後は，Nバック課題によって生じる脳活動の関心領域を広げ，運動学習との関連性を検討していきたい。

妊娠中の運動は胎盤由来SOD3を介して子の肥満を防ぐ

Kusuyama J, Alves-Wagner AB, Conlin RH, Makarewicz NS, Albertson BG, Prince NB, Kobayashi S, Kozuka C, Møller M, Bjerre M, Fuglsang J, Miele E, Middelbeek RJW, Xiudong Y, Xia Y, Garneau L, Bhattacharjee J, Aguer C, Patti ME, Hirshman MF, Jessen N, Hatta T, Ovesen PG, Adamo KB, Nozik-Grayck E, Goodyear LJ. Placental superoxide dismutase 3 mediates benefits of maternal exercise on offspring health. *Cell Metabolism*. 2021; 33(5): 939-56. e8.

楠山 譲二（東北大学学際科学フロンティア研究所新領域創成研究部，第36回受贈者）

近年，母親の肥満や2型糖尿病は，子の成人期の慢性代謝性疾患の発症リスクを高めることが分かっている。この影響は，子が通常的生活習慣を送っても覆ることが困難で，重大な健康格差の原因となる。糖尿病の次世代伝播を防ぐことができれば，医学と医療政策の両方にインパクトをもたらすことができる。

本研究では，母親の妊娠中の運動が子の肝臓の糖代謝能を向上させ，将来肥満になりにくくなるメカニズムを実証した。妊娠中の運動は，マウスとヒトの胎盤でsuperoxide dismutase 3（SOD3）の発現を増加させていた。胎盤由来SOD3は胎子肝臓に働きかけ，エピジェネティクス改変であるDNA脱メチル化によって，主要糖代謝遺伝子の発現を増加し，肝機能を改善させていた。更に胎盤でのSOD3発現には，運動によるビタミンDシグナルが必須であった。また日常の活動レベルが高いヒト妊婦では，血中と胎盤でSOD3量が上昇しており，妊娠期運動効能のマーカーとして利用できることが示唆された。

本研究は，妊娠期運動が子の将来の健康に及ぼす分子機構を解明し，運動応答性臓器としての胎盤の重要な機能を提唱した。胎盤を通じて子の将来の健康を増進できれば，これまでにない新しい医療の実現に繋がる可能性がある。

Appendix IV

公益財団法人 明治安田厚生事業団 第38回 若手研究者のための健康科学研究助成 助成内容を大幅に刷新しました！

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）
- ・指定課題50歳未満、一般課題40歳未満（2022年6月1日時点）
- かつ所属長または指導教官の推薦を受けた方
- ・当該研究助成の既受贈者は除く（第37回までの受贈者は応募不可）

応募締切

2022年8月25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准教授）
 - 委 員 川上憲人（東京大学大学院医学系研究科客員研究員）
 - 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21世紀社会デザイン研究科・法学部前教授）

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。

○申請書ダウンロード URL: <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

2022年 4 月30日

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

Bulletin of the Physical Fitness Research Institute

Number 120 April 2022

Original Article (with English Summary)

Physical fitness variables related to bat swing speed in female baseball players

Yuya Watanabe, Noriyuki Kida, Yoshihiro Kai, and Toru Morihara 1

Report

Health support for older adults using smart TVs: an exploratory approach

Yuya Watanabe, Takayuki Noda, Sumiyo Nishida, Atsushi Nishikawa,
Yoshiaki Kudo, Kazuki Hyodo, Daisuke Yamaguchi, Aiko Ueno,
Michitaka Iida, Yuko Kai, and Takashi Arai 9

Secondary Publications

Impact of ergonomics on cardiometabolic risk in office workers: transition to activity-based working with height-adjustable desk —Secondary Publication in Japanese Language of an Original English Article Published of the Journal of Occupational and Environmental Medicine

Jindo T, Kai Y, Kitano N, Makishima M, Takeda K, and Arai T 17

Comparison between the effects of continuous and intermittent light-intensity aerobic dance exercise on mood and executive functions in older adults —Secondary Publication in Japanese Language of an Original English Article Published of the Frontiers in Aging Neuroscience

Hyodo K, Suwabe K, Yamaguchi D, Soya H, and Arai T 30

Dose-response relationships of accelerometer-measured sedentary behaviour and physical activity with non-alcoholic fatty liver disease—Secondary Publication in Japanese Language of an Original English Article Published of the Alimentary Pharmacology and Therapeutics

Tsunoda K, Kitano N, Kai Y, Jindo T, Uchida K, and Arai T 41