

レジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックは、 若年者・高齢者の生活習慣病リスクを低下させるか？

柳 岡 拓 磨* 武 藤 亮 佑* 黒 坂 志 穂*

CAN RESISTANCE-BASED EXERCISE SNACKS DECREASE THE RISK OF NON-COMMUNICABLE DISEASES ON YOUNG AND OLDER ADULTS ?

Takuma Yanaoka, Ryosuke Muto, and Shiho Kurosaka

Key words: exercise snacks, muscle strength, cardiorespiratory fitness, young adults, older adults.

緒 言

全身持久力は心血管疾患や生活習慣病などの非感染性疾患の罹患リスクと関連しているため、すべての年代において高い全身持久力を維持することが重要である。近年、全身持久力に加えて、筋力の重要性が着目されている。高齢期の筋力低下は、転倒リスク、非感染性疾患の罹患リスクを増加させる^{6,7)}。また、20～30歳代で迎えるピーク時の筋力は、その後の加齢に伴う筋力の低下や転倒リスクに関連している⁷⁾。したがって、若年者および高齢者に対して、これらの身体機能を向上させる介入研究のエビデンスを蓄積していくことが求められている。

1 日のなかで複数回にわたり短時間（1～5 分程度）かつ高強度の運動（階段昇降や速歩などの有酸素運動）を実施する有酸素性エクササイズ・スナック（aerobic-based exercise snacks; AES）は、全身持久力を時間効率よく向上させる⁹⁾。しかし、AES に関する先行研究において、筋力の変化を検討したものはない。類似した運動様式である高

強度インターバルトレーニングを実施した場合、若年者および高齢者で筋力は増加することが報告されているため³⁾、AES も同様の効果が期待できる。レジスタンストレーニングは、筋力および全身持久力の向上にも効果的であるが、レジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナック（resistance-based exercise snacks; RES）の有効性は検討されていない。若年者と比較して、高齢者は加齢に伴う身体的な変化から筋タンパクの合成能や運動における身体の適応に限界があることが報告されていることから⁷⁾、若年者と高齢者の間で RES は健康指標に与える影響が異なる可能性がある。したがって、本研究は、若年成人（実験 1）または高齢者（実験 2）を対象として、AES および RES が健康指標に与える影響について検討することを目的とした。

* 広島大学大学院人間社会科学部研究科 Graduate School of Humanities and Social Sciences, Hiroshima University, Hiroshima, Japan.

方 法

A. 有酸素運動またはレジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックが若年者の健康状態に与える影響（実験1）

1. 参加者および実験デザイン

実験1の参加者は若年男性16名とした。参加者の募集は、大学関連のソーシャルネットワークを通じ実施した。採用基準は、自己想起による世界標準化身体活動質問票で中高強度身体活動量が600 METs-min/week 未満であることとした。除外基準は、心血管疾患の罹患歴があること、喫煙者とした。参加者は、それぞれ無作為に AES ($n = 8$, 年齢: 22.0 ± 1.5 歳, 体格指数 [BMI]: 23.4 ± 3.6 kg/m²) と RES ($n = 8$, 年齢: 22.1 ± 1.7 歳, BMI: 22.3 ± 3.1 kg/m²) に割り付けられた。

初めに、参加者はベースライン時の測定のために研究室を訪問した (Baseline)。身体組成、安静時血圧を測定し、血液サンプルを提供した。2～4日後、参加者は再度研究室を訪問し、筋力と全身持久力を測定した。介入後4週間 (4-week) および8週間 (8-week) に、Baseline と同様の測定を実施した。侵襲を最小限にするために、血液サンプルの提供は4-week 時には実施されなかった。すべての測定は Baseline と同じ時間帯で実施された。また、参加者は実験期間中、通常の身体活動および食生活を維持するよう指示された。本実験は、広島大学大学院人間社会科学研究科倫理審査委員会の承認を受けて実施した (承認番号: HR-ES-000974)。参加者に対し実験の手順や潜在的なリスクについて十分な説明を行い、本人の自由な意思のもと、書面による研究参加への同意を得た。

2. 運動介入

参加者は介入期間中、1日2回、週3日、8週間にわたり合計48セッションを実施した。1回のセッションは、60秒間の運動フェーズと60秒間の座位による休憩フェーズを3回繰り返すことで構成された。運動フェーズについて、AES は20 cm 程度のステップ台または段差を用いた踏み台昇降を実施し、RES はハーフスクワットを実施した。運動フェーズ中、参加者はできる限り多くの回数を繰り返し、Borg category ratio 10 (CR-10) スケール

で相対的にきつと感じる程度で実施するよう指示された。それぞれのセッションは験者によって監督された。1日のなかのセッション間は少なくとも1～4時間あけて実施した。セッション開始前のウォーミングアップとして、研究室に訪問する際に1分間早歩きを実施した。参加者は、セッション中の CR-10スケールによる主観的運動強度と各セッション中の反復回数を記録した。

3. 測定項目

1) 全身持久力

最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$) は、電動トレッドミル (Run 600, Technogym 社製, イタリア) を用いたランブ式漸増負荷試験にて測定した。ランブ式漸増負荷試験は6 km/h、傾斜1%に設定されたトレッドミルで2分ごとに1 km/h ずつ速度を増加させ、参加者が疲労困憊または年齢予測最大心拍数の90%を超えるまで継続した。酸素摂取量は、ポータブル呼気ガス分析器 (VO2Master Pro, VO2Master 社製, カナダ) を用いて測定した。室内の空気および3-L シリンジを用いて酸素と流量センサーをそれぞれ校正した。

2) 筋力

等尺性膝伸展最大筋力 (MVC force) は、筋力計 (T.K.K. 1286b, 竹井機器工業社製, 日本) を用いて測定した。参加者は膝関節を90°に屈曲させた状態で座り、利き脚で MVC force を測定した。測定は2分間の間隔をあけて2回実施した。測定された2回のうち、より高い値を分析に用いた。その後、MVC force と体重の比率 (MVC/BM) を算出した。

3) 筋厚と羽状角

利き脚の大腿直筋の筋厚と羽状角は、Bモード機能のある超音波画像診断機 (JS2, Medicare 社製, 日本) と4～16 MHzの線形プローブ、内部ソフトウェアを用いて測定した。参加者は、利き脚の股関節と膝関節をそれぞれ90°にし、足部を地面に設置させて座った。超音波による画像の撮影中、リラックスするよう指示された。大腿直筋の画像撮影は、大腿骨の大転子から外側顆までの中点において、筋の長軸方向に対してプローブを平行に置き実施した。適切な伝達のために超音波用ジェルが使用され、画像撮影中にプローブが皮膚に加

える圧力を最小限に抑えた。再現性を担保するために画像の撮影は3回実施した。すべての画像の分析には、ImageJ (National Institutes of Health, アメリカ) を用いた。筋厚は、各画像の遠位端と近位端の表層および深層筋膜間の距離の平均値とした。羽状角は、深層筋膜と筋束に沿って引いた線分との間の角度とした。すべての測定、分析は同一の験者が実施した。

4) 体組成

身長、体重、筋肉量、下肢筋肉量、体脂肪率とBMIは、ポータブル身長計 (seca 213, seca 社製, ドイツ) と多周波数生体電気式インピーダンス体組成測定器 (InBody 470, Inbody Japan 社製, 日本) を用いて測定した。参加者は、10時間の夜間絶食後に研究室を訪問し、身長と体重をそれぞれ0.1 cm、0.1 kg まで測定した。

5) 血圧・血中項目

安静時の収縮期および拡張期血圧は、10時間の夜間絶食後に水銀柱式血圧計 (Mercurial Sphygmomanometer 605P MY, 松吉医科器械社製, 日本) を用いて測定した。また、平均血圧 (mean arterial pressure; MAP) を下記の公式を用いて算出した。

MAP = 拡張期血圧 + $0.333 \times (\text{収縮期血圧} - \text{拡張期血圧})$

空腹時の血糖、中性脂肪、総コレステロール、HDL-コレステロール、LDL-コレステロール、インスリンは、10時間の夜間絶食後に血中サンプルを採取した。採血後、血液サンプルを5回混和させ、少なくとも室温で30分間安置し、4℃に設定された遠心分離機を用いて3000 rpm で10分間遠心分離処理をした。遠心分離された血液サンプルの測定は臨床検査センター (福山臨床検査センター, 日本) に外注した。インスリン抵抗性を評価するために、空腹時の血糖、中性脂肪、インスリンを用いて、下記の公式にしたがって homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) と triglyceride/glucose (TyG) index を算出した。

HOMA-IR = 空腹時血糖 (mg/dL) $\times$ インスリン (μ U/mL) / 405

TyG index = $\text{Ln} [\text{空腹時中性脂肪 (mg/dL)} \times \text{空腹時血糖 (mg/dL)} / 2]$

4. 統計解析

すべての統計解析はSPSS ソフトウェア (version 30.0, SPSS Japan 社製, 日本) を用いて実施した。統計的有意水準は $P < 0.05$ とした。すべての値は平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。Shapiro-Wilk 検定を用いてデータの正規性を評価した。Baseline における集団特性は、対応のない t 検定または Mann-Whitney 検定を用いて比較した。 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ 、MVC force、MVC/BM、筋厚、羽状角、体組成、安静時血圧、血中項目、インスリン抵抗性は二要因 (群 $\times$ 時間) の反復測定による共分散分析を用いて比較した。共変量はそれぞれの項目の Baseline 値とした。主効果または交互作用が認められた場合、Bonferroni 法を用いて事後検定を実施した。Cohen の d を算出し、0.8 より大きい場合は大きな効果、0.8~0.5 は中程度の効果、0.5~0.2 は小さな効果と定義した。

B. 有酸素運動またはレジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックが高齢者の健康状態に与える影響 (実験2)

1. 参加者および実験デザイン

本実験の参加者は27名の高齢者とした。参加者の募集は、高齢者交流事業に登録している高齢者に対するチラシの頒布によって実施した。採用基準は、事前のアンケート (フレイルに関する基本チェックリスト) によってフレイルと識別されていないこと、過去6か月間に心血管疾患を罹患していないことであった。除外基準は、喫煙者とした。参加者は、それぞれ無作為に統制群 (CON; $n = 9$ [男性: $n = 6$, 女性: $n = 3$], 年齢: 73.4 ± 5.7 歳, BMI: $22.5 \pm 3.1 \text{ kg/m}^2$)、AES ($n = 7$ [男性: $n = 6$, 女性: $n = 1$], 年齢: 72.4 ± 4.7 歳, BMI: $23.4 \pm 3.1 \text{ kg/m}^2$)、RES ($n = 11$ [男性: $n = 5$, 女性: $n = 6$], 年齢: 72.0 ± 5.0 歳, BMI: $23.0 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$) に割り付けられた。

初めに、参加者はベースライン時の測定のために研究室を訪問した (Baseline)。身体組成、安静時血圧を測定し、血液サンプルを提供した。その後、参加者は移動能力、筋力、全身持久力を測定した。介入後4週間 (4-week) に、Baseline と同様の測定を実施した。すべての測定は Baseline と同じ時間帯で実施された。また、参加者は実験期

間中、通常の身体活動および食生活を維持するよう指示された。本実験は、広島大学大学院人間社会科学研究科倫理審査委員会の承認を受けて実施した（承認番号：HR-ES-002742）。参加者に対し実験の手順や潜在的なリスクについて十分な説明を行い、本人の自由な意思のもと、書面による研究参加への同意を得た。

2. 運動介入

参加者は1日2回、週3日、4週間にわたり合計24セッションを実施した。両群の各セッションの運動は実験1と同じであったが、参加者の自宅または職場にて個別に実施され、研究者による監督は行わなかった。また、安全管理のため、参加者は手すりにつかまった状態で運動を実施するよう指示された。CONは通常の食生活や身体活動を維持するよう指示された。すべての参加者は週1回、験者による電話で体調や運動の状況に関するカウンセリングを受けた。

3. 測定項目

1) 全身持久力

全身持久力は、6分間歩行テストを用いて評価した。参加者は縦15 m × 横5 mで構成された周回用のトラックを6分間でできる限り長く歩行するよう指示され、歩行距離（m）を測定した。

2) 筋力

実験1と同様の方法で測定した。

3) 移動能力

移動能力は、通常および最速の5 m歩行時間、Timed Up and Go（TUG）テストを用いて評価した。通常および最速の5 m歩行時間は、平地5 mの通常および最速歩行の所要時間（sec）をストップウォッチで測定した。歩行開始と終了時での加速と減速を考慮し、測定区間の前後に予備区間を3 mずつ確保し、合計11 mを歩行区間とした。測定はそれぞれ1回ずつ実施した。

TUGテストは、座面の高さが40 cmのひじ掛けのないパイプ椅子に座った姿勢から、3 m前方のマーカーを回り着座するまでの所要時間（sec）をストップウォッチで測定した。参加者は、可能な限り速く実施するよう指示された。測定は1回実施した。

4) 体組成

実験1と同様の方法で測定した。

5) 血圧・血中項目

実験1と同様の方法で測定した。

4. 統計解析

すべての統計解析はSPSSソフトウェア（version 30.0, SPSS Japan 社製, 日本）を用いて実施した。統計的有意水準は $P < 0.05$ であった。すべての値は平均値 ± 標準偏差で示された。Shapiro-Wilk 検定を用いてデータの正規性を評価した。Baselineにおける集団特性は対応のない一要因分散分析またはKruskal-Wallis 検定を用いて比較した。6分間歩行距離、MVC force、MVC/BM、通常の5 m歩行時間、最速の5 m歩行時間、TUGテスト時間、安静時血圧、血中項目、インスリン抵抗性は二要因（群 × 時間）の反復測定による共分散分析を実施した。共変量はそれぞれの項目のBaseline値とした。主効果または交互作用が認められた場合、Bonferroni法を用いて事後検定を実施した。Cohenのdを算出し、0.8より大きい場合は大きな効果、0.8～0.5は中程度の効果、0.5～0.2は小さな効果と定義した。

結 果

A. 有酸素運動またはレジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックが若年者の健康状態に与える影響（実験1）

Baselineにおいて、それぞれの値にAESとRESの間で有意な差は認められなかった（ $P > 0.05$ ）。すべての参加者が8週間の運動介入を完了し、ドロップアウトした者はいなかった。セッションへの参加率は、群間（AES：97.7 ± 2.8%, RES：99.5 ± 1.3%）に有意な差は認められなかった（ $P > 0.05$ ）。運動介入中、有害事象は報告されなかった。

1. 全身持久力

$\dot{V}O_{2\max}$ において、交互作用は認められなかった（ $P > 0.05$, 図1A）。しかし、 $\dot{V}O_{2\max}$ に時間の主効果が認められた（ $P = 0.018$ ）。 $\dot{V}O_{2\max}$ は、Baselineと比較して4-week（ $P < 0.001$, $d = 0.46$ ）と8-week（ $P < 0.001$, $d = 0.75$ ）、4-weekと比較して8-weekで有意に高値を示した（ $P < 0.001$, $d = 0.30$ ）。

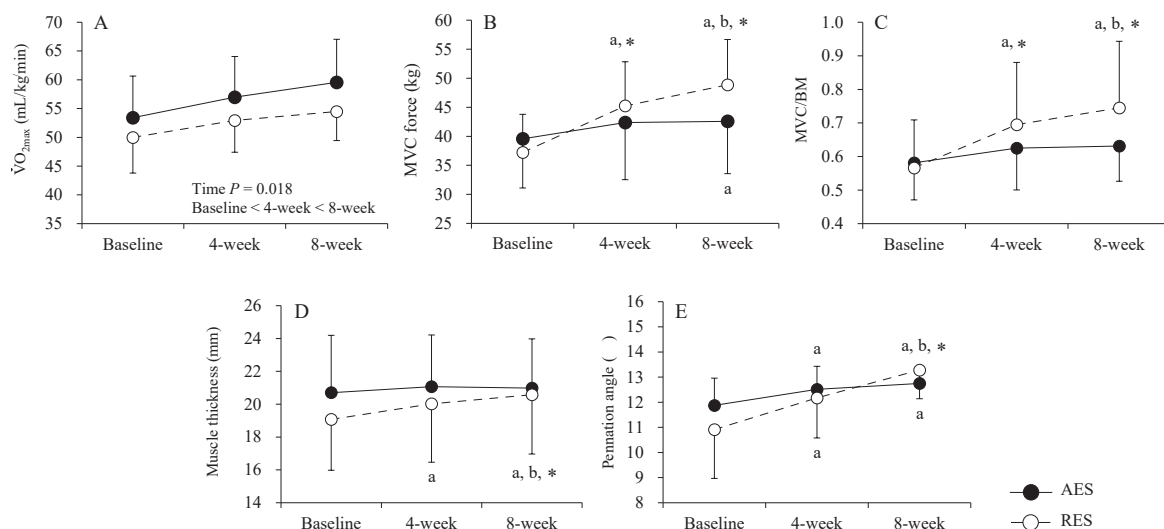


図1. 若年男性における最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$: A)、等尺性膝伸展最大筋力 (MVC force: B)、等尺性膝伸展最大筋力の体重比 (MVC/BM: C)、筋厚 (D)、羽状角 (E) の変化

Fig.1. Changes in maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$: A), maximal voluntary isometric contraction (MVC force: B), ratio of maximal voluntary isometric contraction and body mass (MVC/BM: C), muscle thickness (D), and pennation angle (E) in young males.

The value are shown as mean $\pm$ standard deviation. AES; aerobic-based exercise snacks (n = 8), RES; resistance-based exercise snacks (n = 8).

a: Significant difference compared to Baseline ($P < 0.05$). b: Significant difference compared to 4-week ($P < 0.05$). *: Significant difference between AES and RES ($P < 0.05$).

2. 筋力

MVC force ($P < 0.001$, 図1 B) と MVC/BM ($P < 0.001$, 図1 C) に交互作用が認められた。AES では、MVC force は Baseline と比較して8-week でのみ有意に高値を示した ($P = 0.019$, $d = 0.31$)。RES では、MVC force は Baseline と比較して4-week ($P < 0.001$, $d = 1.05$) および8-week ($P < 0.001$, $d = 1.51$)、4-week と比較して8-week で有意に高値を示した ($P < 0.001$, $d = 0.44$)。更に、4-week ($P = 0.003$, $d = 0.30$) と8-week ($P < 0.001$, $d = 0.70$) の MVC force は、AES と比較して、RES で有意に高値を示した。MVC/BM は、RES でのみ、Baseline と比較して4-week ($P < 0.001$, $d = 0.73$) および8-week ($P < 0.001$, $d = 0.97$)、4-week と比較して8-week で有意に高値を示した ($P = 0.001$, $d = 0.24$)。4-week ($P = 0.003$, $d = 0.42$) と8-week ($P < 0.001$, $d = 0.67$) の MVC/BM は AES と比較して、RES で有意に高値を示した。

3. 大腿直筋の筋厚と羽状角

筋厚 ($P = 0.025$, 図1 D) および羽状角 ($P = 0.019$, 図1 E) に交互作用が認められた。RES でのみ、筋厚は Baseline と比較して4-week ($P = 0.008$, $d = 0.27$) と8-week ($P = 0.001$, $d = 0.42$)、4-week

と比較して8-week で有意に高値を示した ($P < 0.001$, $d = 0.15$)。8-week の筋厚は、AES と比較して RES で有意に高値を示した ($P = 0.021$, $d = 0.12$)。

AES では、羽状角は Baseline と比較して4-week ($P = 0.014$, $d = 0.59$) と8-week ($P = 0.001$, $d = 0.91$) で有意に高かった。RES では、羽状角は Baseline と比較して4-week ($P < 0.001$, $d = 0.66$) と8-week ($P < 0.001$, $d = 1.39$)、4-week と比較して8-week で有意に高値を示した ($P = 0.001$, $d = 0.75$)。8-week の羽状角は、AES と比較して RES で有意に高値を示した ($P = 0.014$, $d = 0.54$)。

4. 体組成と血圧・血中項目

体組成において、体重、筋肉量、体脂肪率、BMI、下肢筋肉量に交互作用は認められなかった ($P > 0.05$)。しかし、下肢筋肉量にのみ時間の主効果が認められた ($P < 0.001$)。下肢筋肉量は、Baseline と比較して4-week ($P = 0.008$, $d = 0.08$) と8-week ($P = 0.013$, $d = 0.10$) で有意に高値を示した。

血圧・血中項目について、収縮期血圧、拡張期血圧、MAP、空腹時血糖、中性脂肪、総コレステロール、HDL-コレステロール、LDL-コレステ

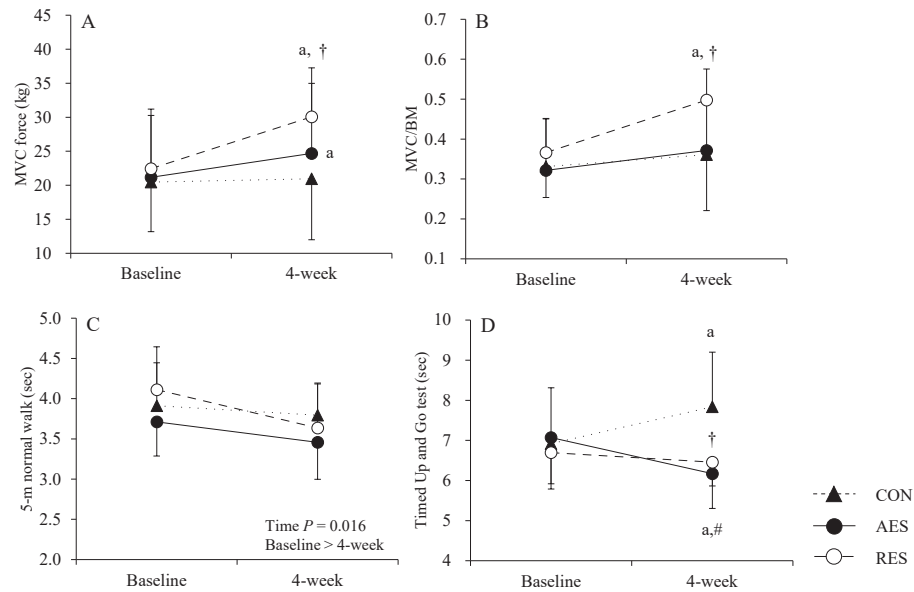


図2. 高齢者における等尺性膝伸展最大筋力(MVC force:A)、等尺性膝伸展最大筋力の体重比(MVC/BM:B)、通常の5 m 歩行時間(C)、Timed Up and Go テスト(D)の変化

Fig.2. Changes in maximal voluntary isometric contraction (MVC force: A), ratio of maximal voluntary isometric contraction and body mass (MVC/BM: B), 5-m normal walk (C), and Timed Up and Go test (D) in older adults.

The value are shown as mean $\pm$ standard deviation. CON; control group ($n = 9$), AES; aerobic-based exercise snacks ($n = 7$), RES; resistance-based exercise snacks ($n = 11$).

a: Significant difference compared to Baseline ($P < 0.05$). #: Significant difference compared between CON and AES ($P < 0.05$).

†: Significant difference between CON and RES ($P < 0.05$).

ロール、インスリン、HOMA-IR、TyG index において交互作用と時間、群の主効果は認められなかった ($P > 0.05$).

B. 有酸素運動またはレジスタンス運動を用いたエクササイズ・スナックが高齢者の健康状態に与える影響 (実験2)

Baselineにおいて、それぞれの値にCON、AES、RESの間で有意な差は認められなかった ($P > 0.05$)。すべての参加者が4週間の運動介入を完了し、途中でドロップアウトした者はいなかった。AESおよびRESの参加者は計24セッションをすべて完遂した。運動介入中、有害事象は報告されなかった。

1. 全身持久力

6分間歩行距離において、交互作用および時間、群の主効果は認められなかった ($P > 0.05$)。

2. 筋力

MVC force ($P < 0.001$, 図2 A) と MVC/BM ($P = 0.017$, 図2 B) に交互作用が認められた。AESでは、MVC forceはBaselineと比較して4-weekで有意に高値を示した ($P = 0.016$, $d = 0.32$)。RESでは、MVC forceはBaselineと比較して4-week (P

< 0.001 , $d = 0.97$) で有意に高値を示した。更に、4-weekのMVC forceは、CONと比較して、RES ($P < 0.001$, $d = 1.08$) で有意に高値を示した。MVC/BMは、RESでのみ、Baselineと比較して4-weekで有意に高値を示した ($P < 0.001$, $d = 1.53$)。更に、4-weekのMVC/BMは、CONと比較して、RESで有意に高値を示した ($P = 0.021$, $d = 1.18$)。

3. 移動能力

通常と最速の5 m 歩行時間に交互作用は認められなかった ($P > 0.05$)。しかし、通常 ($P = 0.016$, 図2 C) の5 m 歩行時間に時間の主効果が認められた。通常の5 m 歩行時間は、Baselineと比較して4-weekで有意に低値を示した ($P = 0.001$, $d = 0.57$)。最速の5 m 歩行時間について、時間の主効果は認められなかった ($P > 0.05$)。

TUGテスト時間 ($P < 0.001$, 図2 D) に交互作用が認められた。CONにおいて、TUGテスト時間はBaselineと比較して4-weekで有意に高値を示した ($P < 0.001$, $d = 0.63$)。AESでは、Baselineと比較して4-weekで有意に低値を示した ($P < 0.001$, $d = 0.76$)。4-weekのTUGテスト時間は、CONと比較してAES ($P < 0.001$, $d = 1.33$) と

RES ($P < 0.001$, $d = 1.29$) で有意に低値を示した。

4. 体組成と血圧・血中項目

体組成において、体重、筋肉量、体脂肪率、BMI、下肢筋肉量に交互作用および時間、群の主効果は認められなかった ($P > 0.05$)。

血圧・血中項目について、収縮期血圧、拡張期血圧、MAP、空腹時血糖、中性脂肪、総コレステロール、HDL-コレステロール、LDL-コレステロール、インスリン、HOMA-IR、TyG index において交互作用および時間、群の主効果は認められなかった ($P > 0.05$)。

考 察

本研究は、AES と RES が若年者および高齢者の健康指標に与える影響を検討した。AES が若年者の全身持久力に与える影響は最近の総説で報告されているものの⁹⁾、若年者に対する AES および RES が筋力に与える影響、高齢者を対象に AES および RES の健康効果を検討した研究はない。本研究の主な知見は、1) 身体不活動な若年者に対し 8 週間の AES および RES を実施することで筋力が向上し、その程度は AES よりも RES で大きかったこと、2) 高齢者に対し 4 週間の AES および RES を実施することで筋力および移動能力が向上したことである。

身体不活動の若年者に対する 8 週間の AES と RES は、先行研究⁹⁾と同様に、 $\dot{V}O_{2max}$ を有意に向上させた。若年成人において、高い全身持久力を維持することは、正常な安静時血圧やインスリン感受性を維持し、心血管疾患やメタボリックシンドロームのリスクを減少させる⁴⁾。また、AES と RES は MVC force、羽状角を向上させた。若年者において高い下肢筋力を維持することは、加齢に伴う筋力の減少を抑制し、サルコペニアや高齢者における転倒のリスクを減少させる⁷⁾。更に、MVC force と MVC/BM、筋厚、羽状角の改善程度は、AES と比較して、RES で大きかった。レジスタンス運動は、有酸素運動と比較して主に筋へ負荷を与え、神経筋系の適応を促す。筋厚や羽状角の改善は筋力の発揮に関する重要な要素であり、運動の特性が影響したと考えられる。

高齢者に対する 4 週間の AES および RES は、

MVC force を有意に向上させた。高齢者において、高い筋力を維持することは、転倒や突然死のリスクを減少させることが示唆されている⁶⁾。また、AES および RES は通常の 5 m 歩行時間を改善した。高齢期の移動能力維持は、身体的なフレイルを抑制する⁸⁾。更に、AES および RES は TUG テスト時間を有意に改善した。高齢者における TUG テスト時間は転倒および転倒に伴う骨折リスクに関連し、TUG テスト時間の長い人は 2.1 倍転倒するリスクが高いことが報告されている¹⁾。一方、若年者では認められた AES および RES による全身持久力の改善が、高齢者では認められなかった。HIIT に関するメタ分析では、10~20 分の運動プロトコルで若年者の $\dot{V}O_{2max}$ は向上するが²⁾、高齢者の場合、 $\dot{V}O_{2max}$ を向上させるためには 21~39 分の運動プロトコルが必要であることが報告されている⁵⁾。実際、1 日当たり 27 分のエクササイズ・スナックを用いた先行研究では、高齢者の $\dot{V}O_{2max}$ が向上したことが報告されている¹⁰⁾。したがって、本研究の運動プロトコル (1 日当たり 12 分) では、高齢者の全身持久力を改善するための運動負荷が不十分だった可能性がある。

本研究の限界は、健康な若年者および高齢者を対象としているため、糖尿病や高血圧などの臨床・前臨床的な集団に対しても同様にエクササイズ・スナックが筋力や運動機能に有効であるか不明である。したがって、今後の研究では、臨床・前臨床的な集団においてエクササイズ・スナックが心肺機能に加え、筋力や運動機能の改善に効果的であるか検討する必要がある。

総 括

AES および RES は、身体不活動な若年者の全身持久力と筋力、高齢者の筋力と移動能力を向上させた。これらは、AES および RES が生活習慣病や加齢に伴う筋力低下、転倒や要介護発生リスクの抑制に効果的であることを示唆している。更に身体不活動な若年者に対しては、AES と比較し、RES は同等の全身持久力向上効果を有し、かつ、筋力の増加の程度が大きいため、RES を用いることが好ましいと考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたり多大なる助成を賜りました公益財団法人明治安田事業財団に深く感謝申し上げます。また、参加者をはじめ、本研究にご協力いただきました皆様に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Beauchet O, et al. (2011): Timed up and Go test and risk of falls in older adults: a systematic review. *J Nutr Health Aging*, **15**(10), 933-938.
- 2) Buchheit M, et al. (2013): High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Paet I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med*, **43**(5), 313-338.
- 3) Caparrós-Manosalva C, et al. (2023): Effects of high-intensity interval training on lean mass, strength, and power of the lower limbs in healthy old and young people. *Front Physiol*, **14**, 1223069.
- 4) Carnethon MR, et al. (2003): Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factor. *JAMA*, **290**(23), 3092-3100.
- 5) Chu R, et al. (2026): The effect of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory function in healthy elderly individuals: systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, **105**(2), e47101.
- 6) Fragala MS, et al. (2019): Resistance training for older adults: position statement from the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res*, **33**(8), 2019-2052.
- 7) Jung HN, et al. (2023): Sarcopenia in youth. *Metabolism*, **144**, 155557.
- 8) Patrizio E, et al. (2021): Physical functional assessment in older adults. *J Frailty Aging*, **10**(2), 141-149.
- 9) Rodríguez MÁ, et al. (2026): Effects of exercise snacks on fitness and cardiometabolic health in physically inactive individuals: systematic review and meta-analysis. *Br J Sport Med*, **60**(2), 133-141.
- 10) Zhou P, et al. (2025): Effects of exercise snack program on quality of life, cardiorespiratory fitness, and metabolic flexibility in elderly cancer survivors: a preliminary study. *Life (Basel)*, **15**(9), 1401.