

# 大阪商業大学学術情報リポジトリ

## 高齢者の健康づくりにおける低強度運動の有効性について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 大阪商業大学商経学会 公開日: 2020-05-07 キーワード: 作成者: 久保山, 直己, KUBOYAMA, Naomi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://ouc.repo.nii.ac.jp/records/897">https://ouc.repo.nii.ac.jp/records/897</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



# 高齢者の健康づくりにおける 低強度運動の有効性について

久保山直己

1. はじめに
2. 高齢者の健康づくりに推奨されている運動強度と問題点
3. 高齢者の健康づくりにおける低強度運動の有効性
  - 3-1 脳機能向上における低強度運動の効果
    - 3-1-1 視床下部
    - 3-1-2 脳幹
    - 3-1-3 海馬
    - 3-1-4 前頭前野
  - 3-2 健康関連指標向上における低強度運動の効果
    - 3-2-1 サルコペニア
    - 3-2-2 高血圧
4. おわりに ―今後の展望―

## 1. はじめに

きつくない軽い運動は、その実施が容易で、運動の継続に有効である。一見すると、ごく当たり前のように受け止められるが、高齢者の健康づくりにおいては、このことが重要な意味を持つ。

年齢や性別を問わず、ウォーキングやヨガなど誰もが気軽に行える低い強度<sup>1)</sup>の運動<sup>2)</sup>(以下、低強度運動)を日常生活に取り入れ、楽しむ人たちが増えている。低強度運動を行った後は、疲労感も少なく、気分がすっきりしたり、爽快感を感じたりする。そのため、低強度

---

1) 有酸素運動での強度の目安は、その人の最大酸素摂取量あるいは最大心拍数を基準とする。最大酸素摂取量 (maximal oxygen uptake consumption:  $\dot{V}O_2\max$ ) は、体重1 kgあたり1分間に体内に取り込むことのできる最大の酸素摂取量である。有酸素的作業能力(持久力)の最も良い指標とされる。単位は ml/kg/min である。 $\dot{V}O_2\max$  で運動強度を示す場合、 $\dot{V}O_2\max$  は最大運動(運動強度は100%となる)時の酸素量となり、%  $\dot{V}O_2\max$  は最大運動の時に取り込める酸素量の何%の酸素量が必要となる運動であるかを示す。そのため、%  $\dot{V}O_2\max$  は最大運動に対する相対的な運動強度として表すことができる。%  $\dot{V}O_2\max$  を用いて運動強度を表すと、<40%  $\dot{V}O_2\max$  が低強度、40%~<60%  $\dot{V}O_2\max$  が中強度、60~<85%  $\dot{V}O_2\max$  が高強度、 $\geq 85\%$   $\dot{V}O_2\max$  が超高強度となる。

2) 「運動とは、体力の維持・向上を目的として計画的・継続的に実施されること」と厚生労働省は定義している。健康づくりのための身体活動基準2013 <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf> (2019年8月14日アクセス)

運動は、身体機能の向上という側面より、ストレスの緩和や心身のリフレッシュのために行うという傾向が強い。仮に、低強度運動を実施している人に「健康のために」という意識があるとしても、その意識は科学的根拠に基づく身体機能の向上効果の認識が根底にあるのではなく、体を動かさないよりは動かした方がいいだろう、という漠然とした運動不足に対する禁忌の健康観からでしかない。「低強度運動が健康づくりに有効である」と知って実践している人は少ないだろう。一方、健康づくり<sup>3)</sup>に必要な運動となると、息が上がるような、あるいは、「きつさ」を感じる強度での運動を思い浮かべる人は多いであろう。このように、高い強度の運動は健康づくりに役立つが、低強度運動は健康づくりに向かないという根強い先入観がある。これを解く知見として、Byun 等 [2014] は「最大酸素摂取量<sup>1)</sup> (maximal oxygen uptake consumption:  $\dot{V}O_2\max$ ) の30% (30% $\dot{V}O_2\max$ <sup>1)</sup>) に相当する低強度運動を10分行うだけで、脳の前頭前野の機能が強化され実行機能<sup>4)</sup>が高まる<sup>5)</sup>」ことを明らかにし注目されている。

アメリカスポーツ医学会 (America College of Sports Medicine: ACSM) が提唱する健康づくりのガイドラインでは、「中強度<sup>1)</sup>以上の運動を1日30分かそれ以上行うべき<sup>6)</sup>」と提示されている。世界的に、健康づくりに関するほとんどの学会や協会が示している運動処方<sup>7)</sup>の基準は、この ACSM のガイドラインを踏襲している。そのため、日本でも、健康づくりの現場で用いられる運動プログラムの多くは中強度以上の運動強度で構成される。これまで、健康づくりに低強度運動が取り入れられてこなかった背景に、低強度運動がもたらす身体機能の維持向上効果についての研究報告が、中および高強度運動に比べ、圧倒的に不足していたのが原因であろうと思われる。

ACSM は成人のあらゆる年齢層の健康づくりに中強度以上の運動を提唱しているが、この強度を高齢者に適応することができない可能性がある。高齢者の日常生活における身体活動<sup>8)</sup>の強度のほとんどが、 $<40\%\dot{V}O_2\max$ 、つまり、低強度である<sup>9)</sup>。そのため、健康づくりのためとは言え、日常生活の身体活動でかかる以上の負荷を急に身体にかけると事故につながる

3) 「体力づくり」とは、身体的な機能を意図的に高めていくことを指して多く用いられるのに対し、「健康づくり」は、人々が健康を管理し、より健康に過ごせる可能性を模索する方法であると世界保健機関 (WHO) は示している。「健康づくり」は、さまざまな概念から構成されているが、大きく分けて、健康の前提条件、3つの基本戦略、5つの活動領域から説明されている (健康づくりのためのオタワ憲章を参照されたい)。その「健康づくり」の説明は、保健政策、支援環境の整備、地域活動の強化、情報スキルと教育スキルを介した個人スキルの開発、疾病の予防と健康づくりのための医療の再設定など広範囲から構成されている。説明の中で、身体的な機能や体力の向上を図ることについても触れられているため、「健康づくり」と「体力づくり」を明確に区分することは困難である。現在でも、論文や書籍で両者の混在が見られるが、「体力づくり」も包括した概念として「健康づくり」で統一したり、あるいは、「健康・体力づくり」の言葉を使用していたりしているものも多い。そこで、本稿では、混乱を避けるため、前者のように、「健康づくり」は「体力づくり」も包括している概念と捉え、「健康づくり」で統一している。

4) 実行機能とは、知覚や注意、言語や記憶など基本的な認知機能がある目的を達成するために統合・制御する高次の認知機能と定義されている。

5) Byun, K., et al. [2014] p3316~3321を参照されたい。

6) ACSM [2017] p134~142を参照されたい。

7) 運動処方とは健康づくりのための運動実施について、頻度、強度、持続時間、運動の種類を規定することである。

8) 「身体活動とは、運動及び生活動作を含め、安静にしている状態より多くのエネルギーを消費する全ての動作のこと」と厚生労働省の「健康づくりのための身体活動基準2013」で定義されている。

9) Arnett et al. [2008] p384~389を参照されたい。

る恐れがある。高齢者の中には身体機能や体力が著しく低下している人、加えて、認知症などの精神疾患や予備軍もいて、中強度運動以上の運動プログラムを実施する際に安全が確保できない場合も多い。また、何より中強度以上での運動強度では身体へのストレスが大きくなり、感情的な「きつさ」を伴う。しかし、現在でも高齢者の健康づくりに高強度運動を推奨する研究者も多い。高石 [2019] は、高齢者に高強度でのサイクリングを推奨し、「(サイクリングは) こけない (転倒しない) 限りはけがをしない運動で、週に3回片道6~7kmの往復はしてほしい。サイクリング中のスピードはできる限り上げ、上り坂は強度が上がる(負荷がかかり身体機能が向上しやすい) ので積極的に取り入れたほうが良い」<sup>10)</sup>と述べている。高石 [2019] の提言はACSMのガイドラインに即してはいるものの、高齢者が自転車に乗り、街中の道路でスピードを上げ、積極的に坂道を漕ぎ上がっていくことが高齢者の健康づくりの方法として適切なのか、また実施可能かどうか疑問がある。言うまでもなく、この提言には高い交通事故のリスクが存在しており、最も優先されるべき安全面の確保が極めて困難である。このように、推奨されている健康づくりの方法が高齢者の実情と合っていないことがある。

これまでの健康づくりにおいて、低強度運動はそれほど重要視されてこなかった。しかし、現在では、低強度運動が身体機能の維持向上に効果があることを示すエビデンスが徐々に増えてきた<sup>9) 11) 12)</sup>。そこで、本稿は、低強度運動がもたらす身体機能の維持向上効果(脳機能や健康関連指標)に関する科学的知見に着目し、中および高強度運動と比較しながら、高齢者の健康づくりにおける低強度運動の有効性及び今後の展望について検討した。

## 2. 高齢者の健康づくりで推奨されている運動強度と問題点

1995年にACSMは、アメリカ疾病予防管理センター(Centers for Disease Control and prevention: CDC)と共同で、「あらゆる成人は、中強度の身体活動を1日合計30分かそれ以上、ほぼ毎日行うべきである」と勧告した<sup>13)</sup>。さらに、2007年には、ACSMはアメリカ心臓協会(American Heart Association: AHA)と共同で、1995年の勧告に「運動強度は中強度だけではなく、高強度<sup>1)</sup>もしくは中強度と高強度との組み合わせでも良い」などの文言を追加した<sup>14)</sup>。65歳以上の高齢者に対しては、「従来からの有酸素運動<sup>15)</sup>と筋力トレーニングに加え、転倒予防の目的として、柔軟性やバランスを養うための運動も取り入れること」が合わせて推奨されている<sup>6)</sup>。

ACSMは、1975年以来、4~5年毎に「運動処方指針」を改訂しており、最新版は2017

10) 朝日新聞 [2019] 8月24日付け「元気にキレイに」を参照されたい。

11) Soya [2001] p21~37を参照されたい。

12) Naomi Kuboyama, et al. [2018] p45~52を参照されたい。

13) Pate, R. R., et al. [1995] p402~407を参照されたい。

14) Haskell, W. L., et al. [2007] p1423~1434を参照されたい。

15) 有酸素運動とは、ウォーキングやジョギング、サイクリング、水泳など、長時間継続して行う運動を指す。これらの運動は、体内の糖や脂肪を使って、運動中に筋を収縮させるためのエネルギー「アデノシン三リン酸(ATP)」を産生する過程で酸素が利用されることから、有酸素運動と呼ばれている。

年2月に10版<sup>16)</sup>が出版された。高齢者に対する運動処方については、3版から記述が始まっている。10版では、高齢者に対する運動処方について、運動の頻度(1週間に行う運動の回数)、運動強度、1回の運動時間、運動様式を示している。頻度(Frequency)、運動強度(Intensity)、時間(Time)、運動様式(Type)を合わせてFITTと呼ばれている。表1に、ACSMが高齢者に対して推奨している運動処方を示した。表1中の運動強度(Intensity: I)に注目すると、有酸素運動での運動強度は、主観的運動強度<sup>17)</sup>(Rate of perceived exertion: RPE)で運動強度を示しているが、やはり成人と同様に、中強度が最も低い運動強度の設定となっている。RPEは運動に対する負担度を数値と言葉で示した表であり、運動実践者が運動中に表中の数値を指し示すか、表中の言葉を伝達することで測定が行われる(表2)。代表的なものとしてBorg Scale<sup>18)</sup>がある。Borg Scaleには、2種類あり、6~20の数値で示された表(Category scale)と0~10の数値で示された表(Category-ratio scale: CR-10)がある。Category scaleは実施している運動がどれほどきついのかという自分の感覚を表し、CR-10は自分が感じる運動の強さを最大10とし、どれほどの運動強度と感じるのかを示している。CR-10の表中には11~という表記があるが、これは疲労困憊で運動継続が不可能となる場合となる。一般的に、CR-10よりもCategory scaleが用いられている。Category scaleでは、実践者が指し示した表中の数値を10倍すれば、おおよそその時の心拍数となるように工夫されている。しかし、表中の数値を10倍して運動中の心拍数を推定する方法は成人に対応しているため、高齢者には適応できない。運動中の高齢者の心拍数は心拍計で直接測定するなど注意深く監視する必要がある。運動中の酸素摂取量と同様に、心拍数も運動強度に対して直線的に比例するため、酸素摂取量の代わりに心拍数を用いて運動強度を示すことができる。心拍数を用いて運動強度を表す場合は、最大心拍数<sup>19)</sup>(Heart Rate max: HRmax)、あるいは、予備心拍数<sup>20)</sup>(Heart Rate Reserved: HRR)を用いる。最大心拍数を用いた運動強度は、心拍数が最大心拍数の何%に相当するかで表現する。算出式は、運動強度(%HRmax) = 運動中の心拍数 ÷ 最大心拍数 × 100となる。予備心拍数を用いた運動強度は、安静時の心拍数を0%、最大心拍数を100%と設定して、運動の強度を示す。算出式は、運動強度(%HRR) = (運動中の心拍数 - 安静時心拍数) ÷ (最大心拍数 - 安静時心拍数) × 100となる。酸素摂取量(% $\dot{V}O_2$ max)、あるいは、最大心拍数(%HRmax)や予備心拍数(%HRR)で運動強度を示すことができるが、いずれの表示の仕方でも運動強度(%)はほぼ同じと考えてよい。

まず、ACSMが示す有酸素運動の方法を概観する。Category scaleに有酸素運動での運動強度を照らし合わせると、中強度運動は「ややきつい(somewhat hard)」と感ずる運動強度に相当する。中強度よりも強い運動強度となると、「きつい(hard)」、「かなりきつい(very hard)」あるいは「非常にきつい(very, very hard)」という感情が生じる運動強度となる。

16) ACSM [2017] ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 10th edition を参照されたい。

17) 主観的運動強度(RPE)は、自覚的運動強度とも呼ばれ、運動者がその運動に対して感じる主観的な負担度を数値と言葉で表した表である。

18) Gunnar Borg [1990] p56~58を参照されたい。RPEは実践者が行っている有酸素運動に対する負担度を数値と言葉で示した表である。

19) 最大心拍数とは、その人が1分間に拍動できる最大の心拍数である。成人の場合は「220 - 年齢」、高齢者や低体力者の場合は「215 - 年齢」の計算式を用いて推定する。

20) 予備心拍数とは、安静時心拍数と最大心拍数の差であり、運動中に変動可能な心拍数の範囲となる。

表1 アメリカスポーツ医学会 (ACSM) が高齢者に推奨している運動内容  
(ACSM, 2017<sup>16)</sup> より著者作表)

	有酸素運動	筋力トレーニング	柔軟性
運動頻度 (F)	中強度で行う場合は、週5日以上 高強度で行う場合は、週3日以上 中強度と高強度の組み合わせて行う 場合は、週3～5日	週2日以上	週2日以上
運動強度 (I)	0～10までの主観的運動強度 (category-ratio scale (CR-10)) で、 3～4の中強度から5～6の高強度	トレーニングの最初は1RMの40 ～50%程度の軽い負荷からはじ め、慣れてくれば徐々に60～ 80%程度の中強度から高強度で 行う	張りや不快感のある部分を伸ばす
運動時間 (T)	1回10分を最低とし、中強度で30～ 60分、高強度で20～30分、または、 中強度と高強度の組み合わせて30分 以上	トレーニングの最初は大筋群を 使った8～10種類の運動をそれぞ れ10～15回を1セット行い、慣れ てくれば徐々にそれぞれの運動 を8～12回を1～3セット行う	30～60秒間伸展を保持する
運動様式 (T)	ウォーキングのような過度に整形外 科的な負荷がかからないもの、体重 がかかる活動に制限がある人は水中 運動や自転車エルゴメーターが適し ている	大筋群を使った階段昇降や自重 を使った体操、その他の筋力増 強活動	反動をつける運動ではなく、静的で 各大筋群を伸展することにより柔軟 性を維持・改善するような運動

表2 Borg scale (Gunnar Borg, 1990<sup>18)</sup> より著者作表<sup>21)</sup>

Category scale	運動強度 (%)	心拍数 (拍/分)	Category-ratio scale: CR-10
6	0.0	60	0 nothing at all (全くない)
7 very,very light (非常に楽である)	7.1	67(70)	0.3
8	14.3	74(80)	0.5 extremely weak (極めて弱い)
9 very, light (かなり楽である)	21.4	80(90)	1 very weak (非常に弱い)
10	28.6	87(100)	1.5
11 fairly light (楽である)	35.7	94(110)	2 weak (弱い)
12	42.9	101(120)	2.5
13 somewhat hard (ややきつい)	50.0	108(130)	3 moderate (中程度)
14	57.2	114(140)	4 somewhat strong (やや強い)
15 hard (きつい)	64.3	121(150)	5 strong (強い)
16	71.5	128(160)	6
17 very hard (かなりきつい)	78.6	135(170)	7 very strong (非常に強い)
18	85.8	142(180)	8
19 very,very hard (非常にきつい)	92.9	148(190)	9
20	100.0	155(200)	10 extremely strong (極めて強い)
			11～ absolute maximum (疲労困憊)

21) 表中の運動強度 (%) 及び心拍数 (拍/分) はカルボーン法により算出している。表中の心拍数は65歳の人で安静時心拍数を60拍/分と仮定して算出した運動強度 (%) に対する心拍数である。また、( ) には表中の数値を10倍にした成人の目安としての心拍数を記載している。

つまり、ACSMは「きつさ」を伴う運動を推奨していることになる。しかも、表1中の運動頻度(F)を見ると、「ややきつい」と感じる中強度の有酸素運動をする場合には、運動を週5日以上とほぼ毎日、そして、1日に30～60分としている。「きつい」あるいは「かなりきつい」と感じる高強度での場合には、週3日以上、つまり、2日に1回の頻度で、20～30分行うべきとしている。1週間に行う運動は、有酸素運動だけではなく、さらに、筋力トレーニング(週2日以上)と柔軟性を高める運動(週2日以上)も加わる。ACSMが推奨しているガイドラインに沿って健康づくりを行うとなると、ほぼ毎日、「きつさ」を伴う何らかの運動を20～60分しなければならないということになる。果たして、高齢者が「きつい」と感じる強度、またそれ以上の運動強度で、自ら積極的に運動実施に取り組むだろうか、そして、運動中の「きつさ」に堪えながら毎日継続していけるのであろうか。現実的には、このような方法での健康づくりは難しいように思われる。

また、健康づくりには中強度以上の強度が推奨されているが、高齢者の場合、運動強度の設定が若年者よりもさらに難しく、十分な注意が必要となる。高齢者は最大心拍数が若年者よりも低く、予備心拍数の変動範囲が狭いため、運動の強度を中強度に設定しても、運動中に容易に高強度の域に達してしまう可能性が高い。20歳の人と65歳の人を例にとると、安静時心拍数が同じ(仮に2人とも60拍/分とする)でも、最大心拍数は、20歳の人では200拍/分(算出式:  $220 - \text{年齢}$ )<sup>16)</sup>であるが、65歳の人では160拍/分(算出式 高齢者は5低い:  $215 - \text{年齢}$ )<sup>16)</sup>と、計算上、40拍/分も低くなる。また、予備心拍数(最大心拍数-安静時心拍数)は、20歳の人では140(200-60)拍/分、65歳の人では100(160-60)拍/分となり、最大心拍数と同様に、20歳の人より変動可能な心拍数の範囲が40(140-100)拍/分狭い。つまり、若年者に比べ、高齢者は運動中に高めることができる心拍数の上限が低く、変動できる範囲が狭い。65歳の人では心拍数が変動できる範囲が狭い上に、さらに、低・中・高強度のうち中強度に運動強度を設定し維持しようとする、変動可能な心拍数の範囲は僅か10数拍/分(表2の運動強度42.9～64.3%より)と非常に狭くなる。10数拍/分しか変動可能範囲に余裕がないため、運動中に高強度の域に達する危険があり、運動中の事故の誘発を高めることになる。

次に、ACSMが示す筋力トレーニング(表1)の方法について検討する。表1中にある1RM(1 repetition maximum: 1RM)は、最大努力で1回だけ挙上できる最大の重量を示し、挙上できた重量を個人の最大筋力とすることが一般的である。筋力トレーニングにおいても、最初は低強度負荷から取り組むことが示されているものの、ターゲットとしている運動強度は中強度から高強度である。CR-10に照らし合わせると、「やや強い」、「強い」そして、「非常に強い」と感じる運動の強さに相当する。やはり、有酸素運動と同様に、高い負荷を身体にかけることが求められている。

高齢者は個人によって身体機能や体力の水準が大きく異なり、暦年齢が同じであっても、身体機能および体力を同水準と捉えることができない。また、高齢者の中には運動をすることに慣れていない人も多い。そのため、高齢者の健康づくりにおいては、ACSMが推奨している強度と方法で運動を確実にこなすだけでなく、個々の身体状況に応じた運動の強度、方法や運動の工夫の仕方など、日常生活において自らが安全に運動を実践し、健康度を高めていくことができるように支援することがより重要である。なぜなら、健

健康支援者が指導する健康づくりに参加している時間は日常生活のほんのごく短い時間に過ぎず、それ以外の時間で本人がどれだけ運動をするのかという要素が健康づくりには最も重要となるためである。そのため、健康づくりの現場では、無理に、ACSMが推奨する強度、時間、頻度などを反映させる必要はないのではないかと考える。健康支援者が個々の高齢者の状況に応じて柔軟に対応することこそが、参加者本人にとって日常生活において健康づくりを行う上での参考となり継続につながると考える。これまで健康づくりに参加していなかった層が、なぜ今まで参加しなかったのかを考えると、その原因の一つに、健康づくりは推奨されているある種正しいとされる方法で行わなければ効果は出ない、あるいは、身体的効果は「きつさ」との引き換えでしか獲得できないという思い込みがあったのではないか。健康づくりでは「きつさ」が伴う中強度以上の運動をするのが当然とするならば、健康づくりから高齢者を遠ざけてしまう。一方、低強度運動は、「きつくない」、「楽しみ」、あるいは、「身体のリフレッシュ」など、健康づくりのための運動というイメージが薄く、健康づくりの現場では身体機能の維持向上効果に対して期待されていない。しかし、高齢者の健康づくりにおいては低強度運動の方が中強度以上の運動よりも有効となる可能性が高い。

### 3. 高齢者の健康づくりにおける低強度運動の有効性

高齢者の健康づくりを促進させるためには、どのようにしてACSMが推奨している運動強度や方法で実践させるのかよりも、どのようにして高齢者を無理なく健康づくりに向かわせることができるのかの検討の方がより重要であると考えられる。

運動の効果を獲得する過程は、運動の良さを伝え、日常的な運動が促進され、継続されていくという単純なものではない。運動による身体機能の維持向上の効果を獲得するまでの過程には、外的動機付けの過程と内的動機付けの過程があり、両動機付けの過程にもいくつかの段階がある<sup>22)</sup>（図1）。まず、外的動機付けの過程から始まり、運動の必要性への気づき、運動に対する知識や興味関心、運動を実施する際の自分にとってのプラス・マイナス要因の思慮、そして、運動実施に向けた意志の確立の段階へと移行していく。その後、個人の内的動機付けの過程に進み、運動実施、長期間の運動継続と定着、そして運動効果の獲得の段階にたどり着く。運動効果を獲得するには、これらの2つの過程と各段階を順序良く進んでいくことが必要となる。しかし、一般的に、運動効果を獲得するまでのこの過程には、運動を断念する2つの場面がある<sup>20)</sup>。1つは外的動機付けの過程から内的動機付けの過程へ移行する際と、もう1つは運動定着の段階である<sup>20)</sup>。前者は周囲からの刺激を受け運動を始めようと意欲は高まってはいるものの運動実施に移行できない状況であり、後者は一旦は運動を始めたものの運動の実施頻度が徐々に減少し定着に至らない状況である。運動を断念する2つの場面に共通するのが、中強度以上の運動で生じる「きつさ」への堪えと運動継続で生じる「きつさの反復」からの敬遠であろうと推測される。

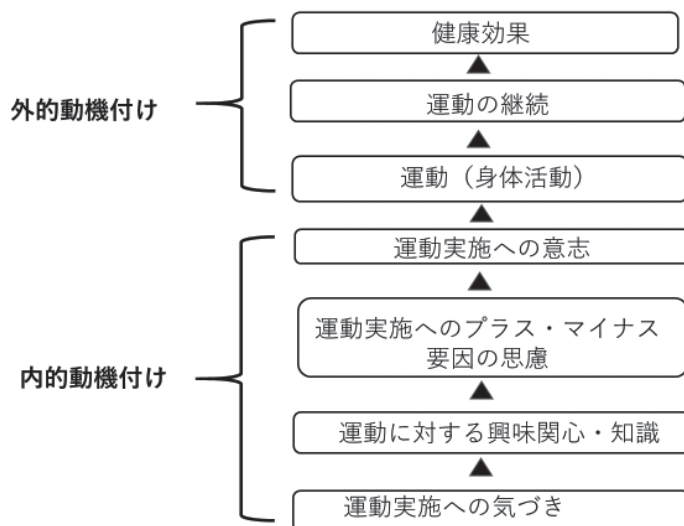
図2は成人の典型的な日常生活における身体活動のパターンを強度ごとに分類して示し

22) Farrance, et al. [2016] p155~166を参照されたい。

たものである<sup>23)</sup>。1日に占める中強度以上の身体活動の時間の割合は僅か3%程度に過ぎない。時間にして約45分である。起きている時間の大部分が座位での活動と低強度での活動で占められている。高齢者であればもっと中強度以上の身体活動の時間が少ないと推測される。1日の身体活動パターンから、中強度での身体活動の時間をもう少し増やすことはそれ程難しくないように思われるが、実際には簡単ではない。

中強度以上の有酸素運動や筋力トレーニングに対する高齢者の負担感に着目した Harada 等 [2014] の調査<sup>24)</sup> では、対象者1,152名中、日常生活での定期的な運動実践や運動継続の期間によっても若干異なるが、9割以上が「中強度以上の運動はきつい運動である」と感じており、特に、運動を始めたばかりの人ほど「きつい」という認識(94.3%)が強くなる傾向が確認されている。また、65歳以上の高齢者に ACSM が推奨している基準に従い、筋力トレーニング(週2日以上、中強度以上の運動強度)を日常的に実施しているかどうかについての Harada 等 [2015] の調査<sup>25)</sup> では、対象者1,349名中、週2日以上、中強度で実施している人は8.6%(116名)、週2日以上、高強度で実施している人は0.8%(11名)に過ぎない。残りの90.8%(1222名)は基準を満たしていない。このことから、特に高齢者においては、推奨されている健康づくりの強度とは言え、中強度以上の強度を用いて健康づくりを行うのが容易ではないことがわかる。そのため、中強度以上の運動よりも低強度運動の方が、健康づくりへと向かわせる余地が高いと考えられる。なぜなら、低強度運動は身体的負担度が少なく、運動中に生じる負の感情も軽減されるからである。このことは、高齢者が無理なく健康

図1 一般的な、運動効果までの過程 (Farrance 2016<sup>22)</sup> より著作作図)



23) Norton, K. et al. [2010] p496~502を参照されたい。

24) Harada. et al. [2014] p805~806を参照されたい。

25) Harada. et al. [2015] p3~5を参照されたい。

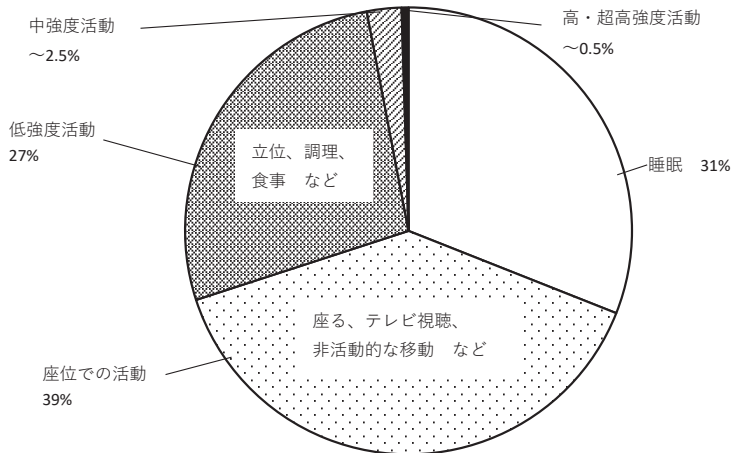
づくりに取り組める要因になると推測される。

これまで、健康づくりにおいて低強度運動はあまり着目されていなかった。この背景には、肥満など生活習慣病の予防と改善との関連から健康増進に向けて行われている大多数の運動、あるいは筋力トレーニングプログラムがどれだけ多くのカロリーを消費するのかというカロリー消費量の増大を念頭に置いて発展したことにある。しかし、高齢者においては、肥満改善よりも、加齢による身体機能低下の改善が主な目的となる。身体機能の低下改善には、運動の継続が必要となるため、どのようにして健康づくりに向かわせ、取り組みを継続させるのが課題となる。高齢者を健康づくりへと向かわせるためには、中強度以上の運動よりも、低強度運動の方が重要な役割を果たすと予想される。低強度運動が高齢者の健康づくりに活用されるためには、まず、科学的根拠に基づいた低強度運動の身体的効果を示すことが重要となる。そこで、以下に、これまでに明らかとなっている低強度運動の身体的効果、特に、脳および健康関連指標に及ぼす効果を示す。

### 3 - 1 脳機能向上における低強度運動の効果

有酸素運動において運動強度が中強度 ( $50\sim 60\% \dot{V}O_2\max$ ) に達すると、乳酸<sup>26)</sup>と副腎皮質

図2 典型的な成人の日常生活パターンにおける各強度の活動が占める割合  
(Norton et al. 2010<sup>23)</sup> より著作作図)



26) 乳酸は、中高強度運動を行うと筋肉の細胞内で糖が分解されピルビン酸を経て蓄積する。以前は、乳酸の蓄積によるアシドーシスにより筋収縮タンパクの機能が阻害されると理解されていた [Hill, 1929]。Nielsen 等 [2001] によって、細胞外に蓄積したカリウムイオン  $K^+$  が筋肉疲労の鍵物質であることが報告されて以降、直接的な疲労物質との認識はない。但し、乳酸が多くつくられることで乳酸の生成過程で発生する水素イオンの影響により身体が若干酸性に傾くことで恒常性に変化が生じるため、過剰な乳酸の蓄積は間接的に身体活動に制限を加えると考えられている。

刺激ホルモン<sup>27)</sup> (adrenocorticotrophic hormone: ATCH) の両方の血中濃度が急速に上昇し、グルココルチコイド<sup>28)</sup> (glucocorticoid: GC)が放出される<sup>29)</sup>。ATCH および GC は抗ストレス作用がある。この代謝応答は、身体にストレスがかかり、恒常性を安静時と同様の生理機能の水準では維持できなくなり、安静時以上に生命活動を活発にしなければ恒常性を維持できなくなった場合に生じる。高強度になると、乳酸、ATCH、GC など代謝応答はさらに高まる。このような運動がもたらす身体へのストレスに対する代謝反応の起点となるのが脳の視床下部である。まずは、運動強度の違いによる視床下部の活動についてまとめる。

### 3-1-1 視床下部

視床下部は脳より深部に位置しており、その機能は、体温やホルモンの調節など自律機能を制御するだけでなく、摂食行動や飲水行動、性行動、睡眠といった本能に加えて、怒り、不安や不快など情動行動の中枢としても機能している。視床下部は交感神経と副交感神経機能、および内分泌を統合的に調節することで、生命を維持するために恒常性 (ホメオスタシス)<sup>30)</sup> を常に一定する最も重要な役割を果たしている。

Soya 等 [2001] は、視床下部の活動と運動強度との関係について、低強度運動においては視床下部の活動の高まりは認められず、運動強度が中強度に達してからはじめて視床下部の活動が高まることを報告している<sup>27)</sup>。視床下部は恒常性の維持に最も重要な領域であることから考えると、中強度以上の運動は恒常性を維持することが難しくなり始め身体へのストレスが促進されるポイントとなる運動強度ともいえる。つまり、この強度以上での運動では、身体的ストレスの増加、疲労の蓄積、運動に対する負の感情が生じることとなる。その反面、低強度運動では視床下部の活動の高まりは認められないことからそれらが生じず、安静状態とほぼ同様である。上述した Harada 等 [2015] が行った中強度以上の運動に対する高齢者の負担度に着目したアンケート調査の結果 (「中強度以上の運動はきつい運動である」) と運動強度の違いによる視床下部の活動状況とが一致する結果となっている。このことは、図2を参考にすると、低強度運動では、身体的ストレスや負の感情が生じることがないため、中強度以上の時間を増加させる試みよりも低強度運動での身体活動を増加させる試みの方が容易であると推測される。1日の日常生活パターンの4割ほどを占める座位での行動の時間の一部でも低強度運動に充当すれば、結果として、日常生活の身体活動量が増加することになる。そして、身体活動時間の増加は身体機能の改善につながっていくことになる。

27) 副腎皮質刺激ホルモン (adrenocorticotrophic hormone: ATCH) は、生物学的ストレスに反応した典型的な全身マーカーであり、ストレスが高まるとホルモンの分泌を促進させることで生理機能を高め、身体を適応させる。

28) グルココルチコイドとは副腎皮質ホルモンの1つであり、糖質、タンパク質、脂質、電解質などの代謝や免疫反応、ストレス応答の制御に関わるなど生体のホメオスタシス維持に重要な役割を果たす。物理的、精神的などストレスの種類に関わらず、ストレスを感じるとコルチコトロピン放出ホルモン (corticotropin-releasing hormone (CRH)) の産生を高める。産生された CRH は、神経細胞の軸索を通じて下垂体茎周囲の毛細血管に放出され、下垂体前葉に運ばれ、ACTH の分泌を促進する。

29) Soya [2001] p21~37 を参照されたい。

30) 生体が様々な変化に対応して、生体の内部状態を一定に保って生存を維持する現象である。

### 3-1-2 脳幹

呼吸循環系は運動に対して敏感に応答する。呼吸循環の中樞は脳幹である。視床下部の活動とは異なり、呼吸数や心拍数などは低強度運動であっても高まり、運動強度に応じて呼吸循環系は促進される。脳幹は低強度運動から高強度運動まで一貫して活動するが、運動強度と脳幹の活動の度合いとの関係を調査した Ohiwa 等 [2007] の研究では、脳幹の活動は運動強度に依存的に高まることを明らかにしている<sup>31)</sup>。また、この研究では、プロラクチン放出ペプチド (prolactin-releasing peptide: PrRP) の分泌も運動強度に依存的に増加することを見出している<sup>28)</sup>。Saito 等 [2004] は、PrRP が運動による身体的ストレスを減弱させること、運動の継続により分泌量が増加しストレスの減弱効果が強化されること、および運動を繰り返し行うことによってストレス耐性を高めることを報告している<sup>32)</sup>。PrRP は、低強度運動でも容易に高まることから、低強度運動はストレスの減弱やストレス耐性能力の強化に役立つと推測される。高齢者においては、苦痛を伴うような高い強度の運動によりストレス軽減や耐性を強化するよりも、低強度運動で徐々に強化する方が現実的であると考える。

### 3-1-3 海馬

脳における神経新生の概念は長い間否定されてきた。しかし、1990年代になって、Eriksson 等 [1998] は成人の海馬で神経新生 (adult hippocampal neurogenesis: AHN) が起こることを確認した<sup>33)</sup>。Neeper 等 [1995] は、運動を実践すると脳由来神経栄養因子<sup>34)</sup> (brain-derived neurotrophic factor: BDNF) の生成が促進させることを報告した<sup>33)</sup>。脳由来神経栄養因子は、神経細胞の分裂、生存および機能の維持に寄与している。Neeper 等 [1995] の報告は、運動が脳の活性化と海馬の可塑性変化に重要な役割を果たす可能性を示している<sup>35)</sup>。さらに、Salk 研究所<sup>36)</sup> の Praag 等 [1999] は、ラットでの実験ではあるが、自発的な運動 (ホイールランニング) によって海馬の歯状回 (dentate gyrus: DG) において神経新生を確認している。また、この研究は、神経新生が起こると長期増強 (long-term potentiation: LTP)<sup>37)</sup> が誘導され、水迷路テストにおけるパフォーマンスを改善させることも報告している<sup>38)</sup>。この Praag 等 [1999] の研究結果は、運動によって脳が活性化され、空間記憶が改善されることを示している。現在、運動によって誘発された神経新生、および認知機能の改善に対する長期増強の寄与に関する報告が増えており、運動が脳を活性化して神経可塑性に影響を及ぼすという見

31) Ohiwa N et al. [2007] p497~504を参照されたい。

32) Saito et al. [2004] p484~490を参照されたい。

33) Eriksson et al. [1998] p1313~1317を参照されたい。

34) 脳由来神経栄養因子 (brain-derived neurotrophic factor: BDNF) は、神経細胞の生存・成長・シナプスの機能充進などの神経細胞の成長を調節する脳細胞の増加には不可欠な神経系の液性蛋白質である。BDNF は、成長因子の中の神経栄養因子の一つであり、標準的な神経成長因子と関連している。神経栄養因子は、脳だけではなく末梢でも確認されている。

35) Neeper SA et al. [1995] p109を参照されたい。

36) カリフォルニア州サンディエゴ郊外にある小規模の研究所以であるが、常に研究論文の引用度は世界でも有数の研究所である。海馬の神経新生を発見した研究所である。

37) 長期増強 (long-term potentiation: LTP) は、神経細胞間のシナプスにおいて伝達効率が長期的に上昇する現象である。神経細胞間の伝達を行うシナプスの構造や機能が変化することで、特定神経回路で長期増強が誘導され、長期記憶の回路ができると考えられている。

38) Praag H et al. [1999] p13427~13431を参照されたい。

解は支持されている。Soya 等 [2007] は、運動をすることで海馬の活動がより活発になり、神経新生が促進され、脳幹と同様に、低強度運動でも高まることを明らかにしている<sup>39)</sup>。これらの研究から、低強度運動でも十分に認知能力を維持し強化できると推測される。中強度以上の運動によって引き起こされる身体ストレス、疲労や運動への不快感の増大などを考えると、脳への運動効果をもたらすためには低強度運動の方がより容易であると考えられる。

### 3-1-4 前頭前野

前頭前野 (prefrontal cortex: PFC) もまた運動強度によってその活動が変化する脳領域である。前頭前野は実行機能を司る。前頭前野は動機付け、記憶、注意、学習、行動のモニタリングや運動野と協働して運動発現に関わる。前頭前野に障害のある患者では、実行機能評価検査<sup>40)</sup>の得点が著しく低い。これは、言語や記憶など基本的な認知機能が正常でも、それらを統合したり制御したりする実行機能が適切に稼働しないために生じる。そのため、日常生活の行動が他者と異質化し、社会適応が難しくなる。実行機能は、加齢による低下が起こりやすい<sup>41)</sup>。高齢者において実行機能の低下が顕著となることが多いため、実行機能は長年のライフスタイルや生活環境などの影響を強く受けていると考えられている<sup>39)</sup>。加齢による実行機能の低下の抑制と向上に有酸素運動が有効であるとの報告が増えている。

Smiley-Oyen 等 [2008] が65歳以上の高齢者に週3回10カ月間の中強度の有酸素運動を実施した実験では、実験参加以前より、運動中の前頭前野の活動がより高まり、実行機能評価検査の成績が向上する結果を得ている<sup>42)</sup>。また、運動習慣のない65歳以上の高齢者に6カ月間、週3回1時間の中強度の有酸素運動を行った Colcombe 等 [2004] の研究では、前頭前野の灰白質と白質の体積が増加し、フランカー課題<sup>43)</sup>の遂行時に前頭前野の活動が実験参加以前より高まること、さらに、1年間継続すると前頭前野と他の脳領域との機能的な結びつきが強化されたことを報告している<sup>44)</sup>。これら2つの研究は ASCM が推奨している中強度以上の運動強度で運動を行っている。しかし、中強度以上ではなくても、低強度運動でも前頭前野の活動が高まる知見を著者 (Kuboyama) は得ている。Kuboyama [2019] が右人差し指でのタッピング運動での前頭前野の活動を測定した研究では、指タッピング運動という極めて低強度で局所的な運動においても前頭前野の活動が高まることが確認されている<sup>43)</sup>。加えて、ゆっくりとした動き (1秒間に1回のタッピング) の運動でも十分に前頭前野の活

39) Soya H et al. [2007] p961~967を参照されたい。

40) 実行機能の測定には、認知心理学的な課題が用いられる。カラー・ワード・ストループテストはその代表例としてよく使われている。

41) Mungas, D. et al. [2005] p565~571参照されたい。

42) Smiley-Oyen, A. L. et al. [2008] p280~291を参照されたい。

43) フランカー課題とは、中央の標的刺激の両側にノイズ刺激を付加した刺激 (例えば、一致刺激: >>>>, 不一致刺激: >><>>) を用いて認知機能を測定する課題である。標的刺激に対する反応は中央の標的刺激が周囲のノイズ刺激と一致した刺激の時よりも周囲のノイズ刺激と異なる刺激の時に長くなる。この課題では、標的刺激の状態 (例えば<あるいは>) に対して求められた行動 (例えば、<であれば左のボタンを押す、>であれば右のボタンを押すなど) の反応時間によって認知機能を測定する。

Eriksen, C. W. et al. [1979] p249~263を参照されたい。

44) Colcombe, S. J. et al. [2004] p3316~3321を参照されたい。

動が高まることが明らかにされている<sup>45)</sup>。一方、Kuboyama 等 [2018] が超高強度運動（最大握力の反復運動）を実施した研究では、近赤外線分光法装置（Near Infrared Spectroscopy: NIRS）を用いた脳血液動態の測定から、前頭前野の活動が短時間に弱まり、急激な機能低下による中枢性疲労<sup>46)</sup>が確認されている<sup>47)</sup>。左右の脳神経は延髄で交差（錐体交叉）しているため、右前頭前野は左側の身体動作の制御に関与し、左前頭前野は右側の身体動作の制御に関与する。しかし、Kuboyama 等 [2018] は、中枢性疲労が進行するにつれ、低下した前頭前野（運動を制御している側）の実行機能を回復し強化させるように、もう一方側の前頭前野（本来であれば運動制御に関与しない側）の活動が顕著に高まることも明らかにしている<sup>45)</sup>。このような実行機能をできる限り維持させようとするような両側前頭前野の相補的活動は、超高強度運動（最大握力の反復運動）だけではなく、Kuboyama [2019] の低強度運動（指タッピング運動）でも稼働していることが確認されている<sup>43)</sup>。低強度運動であっても、前頭前野の活動の高まりがあり、また、両側の前頭前野は相補的に稼働することから、実行機能を向上させる効果は十分得られると考える。

### 3 - 2 健康関連指標向上における低強度運動の効果

人体のあらゆる生理機能は加齢によって低下する。その低下は、必然的に、身体機能や体力の低下をもたらし、個人の健康や体力の状況に直接的に影響する。加齢により身体に様々な変化が生じるが、中でも、骨格筋量（以下筋肉量とする）の進行的な低下と血圧の慢性的な高まりは高齢者に多くみられ、自立した生活を延伸させる上でこれらの改善は重要である。

加齢による筋肉量の低下は、「サルコペニア」と呼ばれる<sup>48)</sup>。サルコペニアという用語は、Rosenberg [1989] によって生み出された造語で、ギリシャ語で筋肉を表す「sarx (sarco : サルコ)」と喪失を表す「penia (ペニア)」を合わせた言葉である<sup>48)</sup>。筋肉量が低下すると、発揮できる筋力も低下し、日常での動作が困難になる。特に、下肢の筋肉量が低下すると、歩行速度が低下したり、杖や手すりなど歩行補助具が必要となったり、寝たきりになるなど、日常生活に支障をきたす要因となる。もう1つの高血圧症は、その有病率が加齢により増加し、70歳以上では7割とされており、高齢者人口の増加に伴い高血圧症患者の絶対数が増えている。慢性的な高血圧状態になると、心臓肥大（左室肥大）、たんぱく尿、脳卒中、心不全、冠動脈疾患（狭心症、心筋梗塞）、腎不全、大動脈瘤、動脈閉塞症などが起こり、サルコペニアと同様に、日常生活に支障をきたすことになる。

ここでは、サルコペニアおよび高血圧に対する低強度運動の効果に関する先行研究を集約する。

45) Naomi Kuboyama (in press 2019) を参照されたい。

46) 疲労は、末梢性疲労と中枢性疲労に区分される。中枢性疲労は、主として脳の活動に変化が生じ運動パフォーマンスが低下することである。一般に、中枢性疲労が生じると、脳の活動が低下する。末梢性疲労は、主として筋組織に何らかの支障が生じ運動パフォーマンスが低下することである。

47) Naomi Kuboyama, et al. [2018] p45~52を参照されたい。

48) Rosenberg I [1989] p1231~1233を参照されたい。

## 3-2-1 サルコペニア

当初、サルコペニアとは、筋肉量の低下を意味する概念であった<sup>46)</sup>。しかし、健康寿命<sup>49)</sup>の延伸のためには、筋肉量の低下自体よりも、筋肉量の低下に伴う筋力や身体機能の低下の方がより問題となる。Liu 等 [2017] のサルコペニアと死亡との関係に関するメタ分析<sup>50)</sup>の研究結果では、6編の前向き研究<sup>51)</sup>をメタ分析し、サルコペニアを有しない高齢者よりも、サルコペニアを有する高齢者の方が死亡リスクが高いことを報告している<sup>52)</sup>。また、Beudart 等 [2017] のサルコペニアと死亡や生活機能の低下との関係に関するメタ分析の研究結果でも、サルコペニアを有することがそのリスク因子であることを示している<sup>53)</sup>。

高齢者のサルコペニアの防止や改善には、日常生活の身体活動でかかる以上の負荷を筋肉に与えることが必要となる。つまり、筋力トレーニングの実施が必要である。高齢者における筋力トレーニングの効果を示す報告のほとんどが、筋肉量の増大<sup>54)</sup>、筋力の向上<sup>55)</sup>、身体機能の改善<sup>56)</sup>に望ましい効果をもたらすことを明らかにしている。報告された研究の中には、低強度の筋力トレーニングと高強度の筋力トレーニングとを比較し、高齢者の筋肉量および筋力の向上に対しての効果を検討したメタ分析の研究もある。Csapo 等 [2016]<sup>57)</sup>のメタ分析は、高強度 (1RM の  $80.8 \pm 2.0\%$ ) と低強度 (1RM の  $44.4 \pm 9.9\%$ ) の筋力トレーニングの効果を比較した研究論文を分析対象としている。この分析には、筋肉量の増加への効果の比較に7編の研究論文、筋力の増大への効果の比較に15編の研究論文を用いている。分析の結果、筋肉量の増加に対しては、高強度の筋力トレーニングの方が効果的であるが、筋力の増大に対しては高強度と低強度の筋力トレーニングとの間に有意な差は認められないとしている。また、Liu 等 [2009]<sup>54)</sup>のメタ分析では、筋力向上と身体機能向上における高強度と低強度の筋力トレーニングの効果を検討している。このメタ分析には、筋力向上に対する効果の比較に9編の研究論文、身体機能向上に対する効果の比較に2編の研究論文が用いられている。Csapo 等 [2016] は筋力の増大に対しては高強度と低強度に差は認められないと報告したが、この分析の結果では、高強度の筋力トレーニングの方が効果的であることを示した。しかし、身体機能に対しては、有意な差が示されないとしている。筋力の増大について両分析の結果が異なっている理由として、高齢者を対象としているため、個々人の身体機能や体力の水準のばらつきが多く、統計上の有意差検定に影響を及ぼしたのではないかと推測される。

高強度の筋力トレーニングの方が効果的であるとする分析結果はあるものの、その結果は

49) 健康寿命とは、人の寿命において「健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間」と定義されている。厚生労働省 平成26年版厚生労働白書 <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/14/backdata> (2019年8月2日アクセス)

50) メタ分析とは、統計的分析のなされた複数の研究を収集し、いろいろな角度からそれらを統合したり比較したりする分析研究法である。1960年代に社会学者のロバート・ローゼンタールが開発した。

51) 前向き研究とは、研究を立案、開始してから新たに生じる事象について調査する研究である。

52) Liu, P. et al. [2017] p16~22を参照されたい。

53) Beudart, C. et al. [2017] を参照されたい。

54) Peterson, M. D. et al. [2011] p249~258を参照されたい。

55) Borde, R., et al. [2015] p1693~1720を参照されたい。

56) Liu, C. J., and Latham, N. K. [2009] CD002759を参照されたい。

57) Csapo, R., et al. [2016] p995~1006を参照されたい。

一貫していない。このことから、低強度の筋力トレーニングは、高強度の筋力トレーニングよりも筋肉量や筋力の増大についてはやや効果が低い可能性があるが、筋肉量や筋力の維持あるいは低下の遅延には十分効果があると推測される。また、身体機能の向上については顕著な違いはないことからその効果を得られる可能性は高いと考える。

高齢者における筋力トレーニングの場面では、特に、安全面の確保を最優先にしなければならない。Liu 等 [2010] は、高齢者の筋力トレーニング介入の際に報告されている事後的な現象を調査している<sup>58)</sup>。調査した121編の研究論文中、68編が事後的な現象の発生の有無に言及し、そのうち43編で事後的な状況が実際に発生したとの報告があったことを明らかにした<sup>59)</sup>。高齢者は体力的に低いレベルにある者が多く、また、個人差も大きい。そのため、事故を防止する観点から、低強度の筋力トレーニングの方が望ましいと考えられる。現在のところ、高強度の筋力トレーニングとの身体的効果の獲得についての差が顕著ではないことから、低強度の筋力トレーニングを実施することが実際的である。

### 3-2-2 高血圧

平成29年国民健康・栄養調査報告<sup>59)</sup>での血圧状況を見ると、I～Ⅲ度の高血圧の割合（血圧を下げる薬の使用者を含む）は、60～69歳男女で44.6%、70歳以上になると、50.2%となる。この調査には、降圧薬の使用者が含まれているため、高齢者での高血圧症の割合は報告されている数値以上となるであろう。血圧が慢性的に高い状態になれば、血管や他の臓器にも負担がかかり合併症を引き起こすことがあるため、血圧の改善は健康を維持する上で重要である。

血圧の改善に対する運動やトレーニングの効果についてメタ分析したCornelissen 等 [2013] の研究では、静的筋力トレーニングが最も効果が高いことが示されている<sup>60)</sup>。この研究は、有酸素性トレーニング（105編の研究論文）、動的（アイソトニック）筋力トレーニング<sup>61)</sup>（29編の研究論文）、静的（アイソメトリック）筋力トレーニング<sup>62)</sup>（5編の研究論文）および複合的なトレーニング（14編の研究論文）を対象としている。その結果、他のトレーニングと比較して、静的筋力トレーニングでは、収縮期血圧が平均10.9mmHg、拡張期血圧が平均6.2mmHg減少と大幅な減少が報告されている<sup>58)</sup>（表3）。しかも、静的筋力トレーニングに採用した運動強度は最大筋力の10～40%の低強度であった。静的筋力トレーニングの効果については、他のトレーニングに比べ、分析された研究論文数が少ないことには注意を要するが、低強度の静的筋力トレーニングは高血圧の予防や改善に有効である可能性が考えられる。Cornelissen 等 [2013] のメタ分析の研究においては、動的筋力トレーニングでも降圧効果はあるものの、静的筋力トレーニングよりもその効果は低かった。しかし、動的筋力トレーニングと降圧効果との関連を検討したPickering 等 [2006] の研究では、61～86歳の男

58) Liu, C. J. [2010] p1471～1473を参照されたい。

59) <https://www.mhlw.go.jp/content/000451760.pdf> (2019年8月13日アクセス)

60) Cornelissen, V. A., et al. [2013] e004473を参照されたい。

61) 動的筋力トレーニングとは、筋長を変えて動きを伴いながら力を発揮する筋力トレーニングである。

62) 静的筋力トレーニングとは、筋長を変えないようにして、動きのない状態で力を発揮する筋力トレーニングである。

表3 各トレーニングによる降圧効果の比較 (Cornelissen, et al., 2013<sup>60</sup>) より作表)

	収縮期血圧平均減少 mmHg	拡張期血圧平均減少 mmHg
有酸素性トレーニング	3.5	2.2
複合的トレーニング	1.4	2.5
動的筋力トレーニング	1.8	3.2
静的筋力トレーニング	10.9	6.2

女に週3回、12週間の動的筋力トレーニングを行かせたところ、高強度で低反復回数(75~85%1RM、8~12回)の際の収縮期血圧が平均で6.1mmHg(平均低下率-5.5%)降圧したのに対し、中強度で高反復回数(55~65%1RM、12~16回)では収縮期血圧が平均13.4mmHg(平均低下率-10.8%)の降圧効果を確認している<sup>63)</sup>。このことから、動的筋力トレーニングを用いて降圧効果を獲得する場合は、強度を低くして反復回数を増加した方が降圧効果は高いと予想される。そのため、高強度や中強度よりも、低強度で高反復回数の筋力トレーニングを行った方がより高い効果が得られる可能性がある。低強度で高反復回数を実施する場合、<40%1RMの重量で15~20回が目安と考えられる。健康づくりの実際の現場では、有酸素運動および筋力トレーニングが同時に行われることが多い。高血圧の予防や改善の目的で有酸素性運動が実施されている傾向が強いが、低強度での静的および動的筋力トレーニングも、筋肉量や筋力の増加の目的だけではなく、降圧効果も期待できると考えられる。

#### 4. おわりに — 今後の展望 —

現在、健康づくりの現場では、アメリカスポーツ医学会(ACSM)が推奨する中強度以上の運動強度での運動プログラムが主流である。しかし、実際の日常生活において高齢者が行っている運動は低強度運動である。身体機能の維持向上を図るためには、推奨されている中強度以上の運動を実施するのが得策だと考えられる。しかし、実情は異なる。中強度以上の運動を行っていない背景に、高齢者の健康づくりに対する意識の低さがあるのかというところではない。厚生労働省の調査を見ると、65歳以上の男女の高齢者において、1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続して運動習慣がある人は46%に達し、年々増加している<sup>64)</sup>。このことから、健康への意識は年々高まっていることが伺える。しかし、この調査での運動の種類を見ると、推奨されている中強度以上の運動ではなく、ウォーキングやストレッチといった低強度の運動が中心である。つまり、多くの高齢者は健康への意識は高いが、推奨されている方法では運動を行っていないのが現状である。この隔たりの根底には、中強度以上の運動での健康づくりで生じる、運動強度の設定の難しさ、負の感情の発生、事故発生リスクの増大など実施上の問題があると考えられる。一方、低強度運動での健康づく

63) Pickering, T. G., et al. [2006] p2368~2374を参照されたい。

64) 厚生労働省 [www.mext.go.jp/prev\\_sports/comp/b\\_menu](http://www.mext.go.jp/prev_sports/comp/b_menu) (2019年8月15日アクセス) 運動習慣のある者とは、1回30分以上の運動を週2回以上実施し、1年以上継続している者としている。

りでは、中強度以上の運動での健康づくりで生じる問題も発生せず、その実践が容易であると共に、身体的効果の獲得も可能である。このように、低強度運動は、高齢者における運動の実施や継続に重要な意味を持ち、健康づくりやその促進を図るのに有効な手段となると考える。

中強度以上の運動強度では、身体的ストレスが高まり、「きつさ」を伴う。中強度以上の運動強度による身体的効果はこれまでに多数報告されており、運動負荷が高ければ高いほどその効果は得やすいのは事実である。その反面、低強度での運動は「きつさ」を伴わないこともあり、楽な運動、気分転換などのイメージが強く、実施している本人にも本格的に健康づくりに取り組んでいるという認識は薄い。このように、低強度運動に対する健康づくりの効果はあまり期待されていない。実際、低強度での筋力トレーニングの健康づくりを例に挙げると、アメリカ心臓協会 (American Heart Association: AHA) が2013年に発表した声明では、低強度での筋力トレーニングの効果にも触れられてはいるものの、中強度以上の運動強度での有酸素運動や筋力トレーニングの効果がクラスⅠ・エビデンスレベルAに位置付けられていることと比べると、低強度運動の効果はクラスⅡ・エビデンスレベルCに位置付けられており評価は低い<sup>65)</sup>。この原因として、これまで低強度の運動がもたらす有益な運動効果のエビデンスが圧倒的に少なかったことが考えられる。しかし、低強度運動は、サルコペニアの改善効果、高血圧に対する予防や改善効果が認められている。中強度以上での運動と比べると、効果を得るために必要となる期間は長くなるが、低強度の運動でも繰り返し実践していけば、何らかの生物学的適応が起こり、健康や体力の増進を後押しする可能性は十分にある。また、低強度運動は、誰でも簡単に行える上、過度な負荷が身体にかからず安全性も高いという利点がある。

低強度運動は、視床下部や脳幹でのストレス減弱効果、海馬での神経新生効果、前頭前野での実行機能の強化や認知機能の向上など脳機能の維持向上効果もある。高齢者の健康づくりにおいては、身体機能の低下による要介護や寝たきり状態の防止だけでなく、脳機能の低下防止も重要なポイントとなる。特に、実行機能の低下は高齢者に多く見られることから、その防止は高齢者の健康づくりにおいて最も優先されるべき課題である。なぜなら、実行機能が低下すると、身体機能を維持向上させるための運動プログラムの実行、つまり健康づくり自体に支障をきたすことになる。これまでは、中強度以上の全身的运动により実行機能が高まると報告されていたが、Kuboyama [2018, 2019] は、近赤外線分光法装置を用いた脳血液動態の測定から、指などの局所的な運動でゆっくりとしたペースの低強度運動でも十分に前頭前野 (実行機能を司る領域) の活動が高まることを明らかにしている。また、このような局所的でスローな運動様式での運動中にも、高強度運動と同様に、左右の前頭前野が実行機能を維持するために相補的に活動することも確認している。つまり、Kuboyama は、これまでの報告とは異なり、全身的な運動でなくても、局所的な運動で、しかも、スローペースでの低強度運動が実行機能の維持や低下防止に十分効果があることを明らかにしている。Kuboyama の研究は、何らかの事情で全身的な運動実践が困難な人、素早い動きができない人や運動をするための空間が確保できない場合などでも実行機能の維持や低下防止が可能

65) Brook, R. D., et al. [2013] p1360~1383を参照されたい。

であることを示唆している。高齢者は、個人の身体の状態やその機能、あるいは、体力の水準が大きく異なるため、中強度以上での全身的な運動を用いて実行機能の改善を図ろうとしてもその取り組みが制限されることも多かったように思われる。しかし、Kuboyama が示した知見は、現在の個人の身体状況に関わらず、誰でもどこでも実行機能の改善に取り組める可能性を示しただけではなく、これまでに報告されている中強度以上の全身運動でなく、低強度運動での実行機能の改善という新たな視点を提供している。

低強度運動での身体効果を十分に獲得するためには、実施方法だけではなく、実施する環境にも考慮する必要がある。身体的効果の獲得は、健康づくりを行う環境によっても差があることが指摘されている。興味深いことに、運動によって促進される海馬の神経新生は、精神的なストレスや孤立化などによる社会的状況から生じるストレスによって阻害されることが報告されている<sup>66)</sup>。Stranahan 等 [2006] の研究では、孤立条件下 (単独飼育) および社会的条件下 (複数飼育) でラットの神経新生を比較すると、神経新生は孤立化条件下のラットが運動しても生じず、社会的条件下のラットが運動を行うことでのみ神経新生が確認された。これは、社会的な孤立へのストレスが運動による神経新生を阻害することを意味する。また、社会的条件下のラットと比較して、孤立したラットの海馬の活動が、運動強度がそれほど高くなくてもかわらず、中強度以上の運動で生じるような高い活動レベルを示した。Stranahan 等 [2006] の研究では、適度な海馬の活動の高まりは神経新生を強化するが、過剰な海馬の活動は神経新生を妨げることも指摘している。ラットでの実験結果ではあるが、Stranahan 等 [2006] の研究に基づく、社会的に孤立した高齢者は、地域社会で多くの人と関わり合いながら生活している高齢者よりも、強いストレスを抱えて生活している可能性が高いと推測される。また、孤立条件下では運動を行っても神経新生が促進されにくいことも報告されているため<sup>64)</sup>、社会的に孤立した高齢者は認知機能の低下がより進行していく可能性が高いと考えられる。このような層を健康づくりの場に連れ出し、地域社会の人々と関わり合いながら健康増進を図っていく対策は急務であると考え。しかし、現在のように、「きつさ」を伴う中強度以上の運動強度での運動効果が強調されるばかりでは、折角、地域社会で行われている健康づくりに連れ出した孤立した高齢者を中強度以上の運動で生じる苦痛によって、再び地域社会から遠ざけてしまい、身体機能、体力や実行機能を改善する機会を奪いかねない。高齢者を地域と密接に関連付けるためにも、誰でも気軽に実施できる低強度運動を活用した地域の健康づくりというコンセプトは必要となるであろう。日本では、現在、「身体活動指針 (アクティブガイド)」に基づいて、個人や小集団を対象とした身体活動への介入だけではなく、地域全体への身体活動の普及を推進している。高齢者に限らず、成人の身体活動の普及推進にも低強度運動は役立つと考える。つまり、誰でも簡単にできること自体が価値となる。低強度運動は気軽な運動であるが故、「きつい」運動をしなければならないと気構えることがないため、これまで健康づくりに消極的であった層が健康づくりを始めるきっかけとなりやすい。健康づくりに取り組む人が増加すれば、地域全体での健康づくりがより促進される。このことは、低強度運動での健康づくりを通じた地域コミュニティの形成にもつながっていくと考える。今後、これまで以上に低強度の運動効果のエビデンス

66) Stranahan AM et al. [2006] p526~533を参照されたい。

が加われば、これまでの「気分転換のための低強度運動」という認識が変化し、「健康づくりのための低強度運動」として、個人や地域の健康づくりに大いに活用されるであろう。

現在のところ、低強度運動による身体的効果に関するエビデンスは、中強度以上の運動強度に比べ少ない。しかし、最近、Kuboyamaをはじめとし多くの研究者が、様々な生理学的指標の測定から低強度運動がもたらす身体的効果を明らかにし始めている。低強度運動の身体的効果についてのエビデンスは蓄積されつつあるが、一方で、これらのエビデンスをどのようにして実社会に橋渡しし、実際の健康づくりに活用していくのかという新たな課題も見えてきた。つまり、実験的に身体的効果を明らかにしていただくだけでは健康づくりを促すことはできない。上記したように、運動による身体的効果の獲得には健康づくりを行う環境が影響を及ぼすことも明らかになっている。加えて、「気分転換のための低強度運動」などこれまでの低強度運動に対する一般的な認識を「健康づくりのための低強度運動」に変化させていくことで地域の健康づくりが促進される可能性もある。このように、実際の健康づくりは、社会的影響も受ける。そのため、身体的効果について検討するだけではなく、人を中心に据えその周辺の状況や環境を的確に把握し、社会の中で実際に活用可能な健康づくりの仕組みの検討も同時に行う必要がある。健康づくりの最終的な目的である「個人が生きがいをもって生き生きと過ごすこと」の実現に向け、生理学的アプローチだけではなく、社会学的アプローチなど、複数の視点を融合させ一体化した持続可能な健康づくりの検討が重要となる。このことは、2010年、WHO 国際会議で、「あらゆる政策に健康を (Health in All Policies)」において、身体活動の実施には個人的要因に加え、地域や職場などの環境的要因も大きく影響を及ぼしていることが指摘されていることとも合致する。

今後、さらに低強度運動による身体的効果を明らかにしていくと同時に、低強度運動での健康づくりが実社会で活用される仕組みについても考察していく。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP 18K108750001 ((基盤研究) (C)「動的運動時の皮質制御と中枢疲労との関係の解明」研究代表者 久保山直己 平成30年度～平成34年度)の助成を受けたものです。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- ACSM, [2017] ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 10th edition.
- American College of Sports, Medicine., Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., and Skinner, J. S. (2009) American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41(7): 1510-1530.
- Arnett, S. W., Laity, J. H., Agrawal, S. K., and Cress, M. E. [2008]. Aerobic reserve and physical functional performance in older adults. *Age Ageing* 37(4): 384-389.
- Beudart, C., Zaaria, M., Pasleau, F., Reginster, J. Y., and Bruyere, O. (2017). Health Outcomes of

- Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis." *PLoS One* 12(1): e0169548.
- Borde, R., Hortobagyi, T., Granacher, U. [2015]. Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 45(12): 1693-1720.
- Brook, R. D., Appel, L. J., Rubenfire, M., Ogedegbe, G., Bisognano, J. D., Elliott, W. J., Fuchs, F. D., Hughes, J. W., Lackland, D. T., Staffileno, B. A., Townsend, R. R., and Rajagopalan, S. [2013] Beyond medications and diet: alternative approaches to lowering blood pressure: a scientific statement from the american heart association. *Hypertension* 61(6): 1360-1383.
- Byun, K., et al. [2014]. "Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study." *Neuroimage* 98: 336-345.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., Webb, A., Jerome, G. J., Marquez, D. X., and Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci U S A* 101(9): 3316-3321.
- Cornelissen, V. A., and Smart, N. A. [2013]. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc* 2(1): e004473.
- Csapo, R., and Alegre, L. M. [2016]. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis." *Scand J Med Sci Sports* 26(9): 995-1006.
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., and Diamond, A. [2006]. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia* 44(11): 2037-2078.
- Eriksen, C. W., and Schultz, D. W. [1979]. Information processing in visual search: a continuous flow conception and experimental results. *Perception and Psychophysics*, 25, 249-263.
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A. M., Nordborg, C., Peterson, D. A., and Gage, F. G. [1998] Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nat. Med.*: 4(11):1313-7
- Farrance, Clare., Tsofliou, Fotini., and Clark, Carol [2016] Adherence to community based group exercise interventions for older people: A mixed-methods systematic review. *Prev Med* 87: 155-166.
- Gunnar Borg [1990] Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 16 (suppl 1): 55-8.
- Harada, K., Shibata, A., Lee, E., Oka, K., and Nakamura, Y. [2014] Associations between perceived health benefits and barriers to strength training, and stages of change for strength-training behavior among older Japanese adults." *J Phys Act Health* 11(4): 801-809.
- Harada, K., Shibata, A., Oka, K., and Nakamura, Y. [2015] Association of muscle-strengthening activity with knee and low back pain, falls, and health-related quality of life among Japanese older adults: a cross-sectional survey." *J Aging Phys Act* 23(1): 1-8.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., and Bauman, A. [2007]. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American

- Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 39(8): 1423-1434.
- Hideaki Soya<sup>1</sup>, Masahiro Okamoto, Takashi Matsui<sup>1</sup>, Minchul Lee, Koshiro Inoue, Shimpei Nishikawa, Shingo Soya, Takahiko Fujikawa, Rakwal Randeep, Hyukki Chang and Takeshi Nishijima [2011] Brain Activation via Exercise: Exercise conditions leading to neuronal activation & hippocampal neurogenesis. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry* 15(1): 1-10.
- Liu, C. J., and Latham, N. [2010]. Adverse events reported in progressive resistance strength training trials in older adults: 2 sides of a coin. *Arch Phys Med Rehabil* 91(9): 1471-1473.
- Liu, C. J., and Latham, N. K. [2009] Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults." *Cochrane Database Syst Rev*(3): CD002759.
- Liu, P., Hao, Q., Hai, S., Wang, H., Cao, L., and Dong, B. [2017]. Sarcopenia as a predictor of all-cause mortality among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 103: 16-22.
- Mungas, D., Harvey, D., Reed, B. R., Jagust, W. J., DeCarli, C., Beckett, L., Mack, W. J., Kramer, J. H., Weiner, M. W., Schuff, N., and Chui, H. C. [2005]. Longitudinal volumetric MRI change and rate of cognitive decline. *Neurology* 65(4): 565-571.
- Naomi Kuboyama [2019]. Oxygenation of the left and the right prefrontal cortex in simple task of equal time interval. *Journal of Human Ergology* (in press)
- Naomi Kuboyama, Kenichi Shibuya and Souichiro Takamoto [2018]. The change in muscle function and central oxygenation during exhaustion task. *Journal of Human Ergology* Vol.47, No.2.
- Neeper SA, Gómez-Pinilla F, Choi J, Cotman C [1995] Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373: 109.
- Norton, K., Norton, L., and Sadgrove, D. [2010] Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *J Sci Med Sport* 13(5): 496-502.
- Ohiwa N, Chang HK, Saito T, Onaka T, Fujikawa T, Soya H [2007] Possible inhibitory role of prolactin-releasing peptide for ACTH release associated with running stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292: R497-R504.
- Pate, R R., Pratt, M., Blair, S N., Haskell, W L., Macera, C A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G W., and King, A C [1995] Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine." *JAMA* 273(5): 402-407.
- Peterson, M. D., Sen, A., and Gordon, P. M. [2011]. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 43(2): 249-258.
- Pickering, T. G., Shimbo, D., and Haas, D. [2006]. Ambulatory blood-pressure monitoring. *N Engl J Med* 354(22): 2368-2374.
- Rosenberg I [1989] Summary comments: epidemiological and methodological problems in determining nutritional status of older persons. *Am J Clin Nutr* 50: 1231-1233.
- Saito T and Soya H [2004] Delineation of responsive AVP containing neurons to running stress in the Hypothalamus. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 286: R484-R490.

- Smiley-Oyen, A. L., Lowry, K. A., Francois, S. J., Kohut, M. L., and Ekkekakis, P. [2008] Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the selective improvement and cardiovascular fitness hypotheses. *Ann Behav Med* 36(3): 280-291.
- Soya H, Nakamura T, Deocaris CC, Kimpara A, ImuraM, Fujikawa T, Chang HK, McEwen BS, Nishijima T [2007] BDNF induction with mild exercise in the rat hippocampus. *Biochem Biophys Res Commun*, 4: 961-967.
- Soya H [2001] Stress response to exercise and its hypothalamic regulation: role of arginine-vasopressin in exercise, nutrition and environmental stress, Cooper Publishing Group, Traverse, pp 21-37.
- Stranahan AM, Khalil D and Gould E [2006] Social isolation delays the positive effects of running on adult neurogenesis. *Nat Neurosci*, 9: 526-533.
- van Praag H, Christie BR, Sejnowski TJ and Gage FH [1999] Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96: 13427-13431.