

特集

feature

高齢者のADL向上のための パワートレーニング

竹島 伸生, Ph.D., 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科 教授, NSCAジャパン編集委員会委員

窪田 友樹, M.S., 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科 講師

藤田 英二, Ph.D., 鹿屋体育大学生命科学系 准教授

1. 緒言

Activities of Daily Living(ADL)とは、日常生活動作あるいは日常生活活動と呼ばれ、基本的ADLまたは手段的ADLに分けられている。基本的ADLとは、食事、更衣、整容、トイレの動作や入浴などの身辺動作、ベッドや車椅子の移乗動作、歩行(階段昇降も含む)、起居動作、排尿、排便時のコントロールが含まれ、最低限の日常生活動作のことである。一方、手段的ADLは、買い物、食事の支度、電話をかける、家計を管理することなど基本的ADLに対して応用的で、難易度の高い動作能力となっている。こうしたADLの維持はすべての人において人生の最後まで大きな課題であるが、加齢はADLと身体機能の低下に関連しており、身体障害、障害、および自立の喪失に繋がる可能性が高いとみられている。地域で自立して生活を営むにはこの手段的ADLの維持が重要である。

ADLの評価はバーセルインデックス(Barthel index)や機能的自立度評価法(Functional Independence Measure)、老研式活動能力指標など様々作られて

おり、加えてPhysical(daily)functionとして、例えば起居動作、歩行能力、階段昇降、床からの立ち上がり、浴槽から出るまでの時間、鞆の持ち上げなど、移動や動作能力も自立した生活を営む上で必要な高齢者の能力として捉えるなど、多くのテストが作成されている。

また、安全に自立した日常生活を営むことができる身体能力を評価する目的でシニア用のテストが作られているが、代表的なものはRikli&Jones(55)が発表した機能的体力(Functional fitness)テストがある。今回は高齢者が自立した生活を営むための機能維持のためのトレーニングを考えるとという視点で、これらの概念を含めた広義の解釈として「ADL」を使用する。

動かない生活の繰り返しは、人の生理的脆弱性をきたしやすいとみられ、介護老人福祉施設(ナーシングホーム)に住む高齢者は筋量の著しい進行性の喪失が示されたとする報告がある(65)。したがって、人はいくつになっても動く(Movement)ことが大切であり、動くことによってADLの維持が期待できる。

これまでに、虚弱者も含めて高齢者のレジスタンス運動(筋力トレーニング)は、加齢や不活発なライフスタイルに関連する筋量、筋力、筋パワーの低下を遅延または改善することが多くの研究で示されている(11,22,28,51)。全米ストレングス&コンディショニング協会(NSCA)では、過去の高齢者のトレーニング研究を総括し、虚弱高齢者を含めて高齢者におけるレジスタンス運動の有用性をガイドライン(Position Stand)として紹介している(25)。この中で、適切に作成されたレジスタンスプログラムは、筋力、筋量や生理機能の維持向上に貢献できることに加えて、ADLを改善し、高齢者の機能的(身体的)自立(Functional independence)が維持できるとしている。

本稿では、レジスタンス運動の中で従来からの伝統的な筋力トレーニングと区別して、筋パワートレーニング(以下パワートレーニング)を取り上げ、ADLへの改善効果に関する話題を提供し、最終的には多くの人が可能な具体的運動方法について議論したい。

2. レジスタンス運動と筋パワー

高齢者におけるレジスタンス運動の有用性が示されてすでに30年以上が経過しているが、高齢者のレジスタンス運動は、多くの場合には筋力、筋量の維持向上が主眼とされ、その運動方法では高速での実施が取り上げられることは少なく、一定の負荷量や頻度などが議論されることが多かった。一方、最近では筋パワー、すなわち速く動かすということが具体的な運動方法として注目されるようになってきた。

パワーは、力×速度の式で表される仕事率である。骨格筋のパワーは、主にアスリートの競技パフォーマンス向上のために短時間で爆発的な力を発揮する効果的な条件の模索がなされてきた。とりわけ、骨格筋が発揮する力と筋が収縮する速度とは負の相関関係が成立することが明らかであり、両者の関連から筋パワーを高めるための至適なトレーニング方法が検討されてきた。Hakkinen&Komi(30)によれば、70～120% 1RMの負荷で行なった24週間の高強度筋力トレーニングで垂直跳びのパワーが7%向上したという。金子(41)は、力・パワー関係で最大パワーに焦点を当てる場合、その向上には「等尺性筋力の発揮の1/3か2/3の負荷(強度)を用いた最大筋力のほうが効果的である」と紹介し、さらにその後若年者(18～22歳学生、非運動群、20人を5人ずつ4群に分類)を対象にトレーニング実験を行ない、無負荷(ゼロ)、30%、60%、100%(等尺性筋収縮)の異なる強度での検討から、30%強度が最大パワーの改善に最も効果的であると示している(42)。このようにパワーの改善においては、力-速度関係を考慮したトレーニングプログラムの作成が問われる。

健康と自立維持を目指す高齢者への運動処方において、本邦では、1997年に厚生労働省が「生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方-高齢

期の身体活動指針」の中で、主に後期高齢者の自立維持-筋力維持のためには、息を止めないで1つの動作が20回程度繰り返せる程度の強度が望ましい(<https://www.mhlw.go.jp/www1/houdou/0903/h0321-1.html>)という内容でレジスタンス運動の必要性を示唆している。2002年のアメリカスポーツ医学会(ACSM)のガイドライン(1)では、高齢者における筋パワー向上に対して、負荷にウェイトなどを利用したレジスタンスマシンを使用し、40～60% 1RMの中等度強度にて高速で6～10回程度の反復回数を1～3セット実施することが勧められることを紹介している。また、2009年ACSMは、高齢者への運動処方ガイドライン(2)として、有酸素性運動、レジスタンス運動、バランス運動、柔軟運動の4つの複合運動が勧められると示し、レジスタンス運動では主要な筋群を用いて少なくとも2日/週、中等度から高強度で重り(weight)を使った運動(または体操)という程度の勧告に留まっている。このように2000年台初期のガイドラインなどは、健康な高齢者に対するレジスタンストレーニング研究の初期(1980～90年)での総括とみられ、高齢者に対してレジスタンス運動の有効性は期待するが、今回のADLや筋パワーの向上を含めた運動方法までは取り上げていなかったものとみられる。

3. 高齢者における筋パワーの重要性

近年、高齢人口の増加に伴い、サルコペニア(加齢に伴う筋量低下症)がもたらす健康障害(自立維持、糖尿病、転倒)やフレイル(虚弱)による介護度の重症化などが取り上げられ、その予防または回復が重要な課題となっている。加齢に伴い筋量は、明らかに減少する(29)。とりわけ、下肢の筋量は1年当たりで1.0～1.4%程度減少し、この減少率は上肢よりも大きいとみられている(3,4,37)。この筋量の低下は、筋力の

低下を意味する。このために高齢者においては、サルコペニア予防、フレイル回避などが掲げられ、すなわち、筋力や筋量の維持向上を目標として、レジスタンス運動が取り上げられてきた。こうした背景から「筋トレ」という用語は、多くの人に理解されるようになった。しかし、運動プログラムの作成では、至適な運動強度や頻度などの設定に重点が置かれたものが多いものとみられる。

一方、加齢に伴う筋パワーの低下は筋力の低下よりさらに早期に始まるということが明らかになっている。多くの場合に30歳代または40歳代ごろから生じ、筋パワーの低下率は筋力のそれよりも大きいとみられている(46)。そして、筋パワーの低下は、高齢者のADLに対しても大きな影響をもたらすという指摘がある(8,36)。Foldvariら(24)によると、地域在住の高齢女性を対象に多くの生理学的変数を用いたステップワイズによる回帰式から機能的自立への要因を検討し、脚伸展パワーと習慣的な身体活動のレベルが独立し、両者の大きい影響を指摘し、脚伸展パワーの維持が高齢期における機能的(身体的)自立維持に最も大きいという結果を示している。

加えて、日常生活において移動や階段昇降などの動作を評価する際に、一般にはこれらパフォーマンス能力は素早く動くまたは時間内に実施できるかできないかで判断されることが多く、筋力よりも明らかに仕事率、すなわち筋パワーが高いことが望まれる。換言すれば、横断歩道などを渡る上でも時間の制約があり、信号待ちで一気に渡れるか渡れないかの評価は動作速度に依存することが明白である。Cuocoら(16)によると、高齢者の脚伸展パワーは最大筋力(1RM)より、階段昇降、起居動作、歩行に関して高い相関関係が認められたとしている。同様に、Cléménçonら(15)は、高齢者の起居動

作や6m歩行、階段昇降は筋パワーと最適速度(最適速度は最大パワーが示される速度)からその能力が予測できるとしている。

さらに筋パワーは、高齢者の機能的自立を維持し、転倒を防ぐ上で明らかに重要な要素とみられており(8,21,24)、高齢者において筋パワーの低下が転倒のリスクを高め、転倒の発生率を高めているという指摘も散見される(13,63,70)。その他椅子から立ち上がって歩く能力を制限するなどの筋パワーの低下が認められる場合に、高齢者の筋パワーは移動性(Mobility)とADL能力を予測することが可能であるといった報告もある(10,39)。

以上から、老化に伴い筋力・筋機能と筋量の減少が進み、生理学的脆弱性が起こりやすい高齢期において、長期にわたる機能的(身体的)自立維持、ADL維持のためのひとつに筋パワーの維持改善が期待されているものといえる。

4. 高齢者の筋パワートレーニング

高齢者と筋パワーという用語でPubMedにより論文を検索すると、2002年ごろから増加し、2010年ごろに300題を超え、2018年以降では800題以上の発表数となっており、近年高齢者のパワートレーニングが明らかに注目されてきている。その上で、従来の筋力トレーニングと比べてパワートレーニングを実施したほうが高齢者のADLや機能的パフォーマンスを改善する可能性が高いとする結果が示されている(38,52,56,57)。これまでの高齢者におけるトレーニング研究の一部の結果について表1に示した。これらの結果から運動によるADL関連の指標の改善効果を概括すると、伝統的なレジスタンス運動に比べてその改善率が高いものとみられる。

既述したが、NSCA(25)のレジスタンスガイドラインにおいても、速度を

上げたレジスタンス運動(ここでは短縮性局面において最大速度で行なうレジスタンス運動として紹介)が高齢者の機能的能力を高めることに貢献できるとし、その理由としてADLが素早く筋力を発揮する能力に依存していることを挙げている。表2はNSCAガイドラインの中の健康な高齢者へのレジスタンス運動の原則、表3はフレイルな高齢者へのレジスタンス運動の原則を示した。いずれも機能的(Functional)トレーニングの必要性を示している。パワートレーニングによってバランス能力の改善が得られたという報告(50)もあり、転倒を予防する上でもその重要な運動方法ということであろう。

このパワートレーニングの研究の多くは、重り(ウェイト)を負荷とした通常のフリーウェイトまたはプレートローディング式やウェイトスタック式などのマシンを使用した運動が取り入れられている(表1)。その他には、ウェイトベスト、空気圧式マシン、油圧マシン(写真1)、および弾性ゴムバンド(写真2)などが使用されている。またその他として、水の抵抗を利用した水中運動も取り入れられている(60,64)。一般的には運動強度や量的把握が容易であることもあり、重りを負荷とした手法が重視されがちであるが、高齢者に対して空気圧マシンとプレートローディング式マシンとの効果を比較したところ、そのトレーニング効果が等価であったという報告もある(6)。実際にトレーニングを処方する際には固定した考えに留まらず、クライアントの実施の容易さや安全性も重視した運動方法の模索が大切である。

筋力またはパワートレーニングによる生理学的適応としては、筋細胞の肥大、最大の運動単位の動員増加、最大の運動単位の発火頻度の促進、脊椎の運動性神経の興奮性の亢進、および求心性運動指令の増加などによるものとみ

られている。こうした神経・筋の適応が筋力と筋パワーの増大をもたらすとして、レジスタンストレーニングガイドライン等では40~60%1RMなどとの強度設定や至適な頻度が示されることが多い。しかし、整形外科領域の退行性疾患を含む骨、関節、靭帯などの運動器の状態、過剰な肥満、バランスの悪さ、または単純な加齢に伴うサルコペニアのために、積極的な運動、特に体重を支えながらの荷重運動を行なう能力が限られている高齢者が多く存在しており、アスリートや一般若年者などと同様に高頻度、一律の運動様式で決められるものでもなく、実践において工夫が求められよう。一般的なガイドラインに従ってただ何セットを行なうかなど固定された考えだけではなく、Radaelliら(53)によると、1セットと3セットのパワートレーニングを行なった際には両者のトレーニングによる効果の違いは明らかでなく、類似した結果が得られたという。

また、健常な高齢者では明らかに下肢のパワートレーニングを行なった結果として歩行時の歩幅が増加し、立脚期の股関節や膝関節の伸展などがみられ、足関節底屈筋力の変化が歩行速度を改善するなど、歩き方の変容が示されている(67)。このようにパワートレーニングのメリットが紹介されており、さらに多くの高齢者が利用可能であり、それぞれの目的に応じて具体的な運動方法が例示できることが求められているものといえよう。

表1 高齢者における筋力トレーニング(strength training)とパワートレーニング(power training)の運動効果(筋力、筋パワー、ADL関連指標)の相違について

研究者	種類	被験者数(性別)	年齢(年齢)	トレーニングの種類	期間	負荷	セット数, 反復回数	測定項目	結果(筋力)	結果(パワー)	結果(ADL関連指標)
Beanら(9)	power training	11名(女)	77±6	ウェイトベスト+マシンを使ったトレーニング	3日/週、12週間	>2% BW (体重)	3セット×10回	LEGP、脚筋力、SPPBT		12~36% (LEGP)	16% (歩行速度)、44% (5t-CS)
	strength training	10名(女)	79±8	椅子または椅座位での筋力トレーニング(コントロール)	3日/週、12週間	BW	3セット×10回		4~14% (LEGP)	9% (歩行速度)、29% (5t-CS)	
Bottaroら(12)	power training	11名(男)	67±6	マシンを使ったトレーニング	2日/週、12週間	60% 1RM (最大筋力)	3セット×8~10回	BPRとLEGPの筋力と最大パワー、FFT	27~28% (BPR、LEGP)	31~37% (BPR、LEGP)	43~50% (30s-CS)
	strength training	9名(男)	66±5	マシンを使ったトレーニング	2日/週、12週間	60% 1RM	3セット×8~10回		25~27% (BPR、LEGP)	8~13% (BPR、LEGP)	3~6% (30s-CS)
de Vosら(19)	power training	28名(男女)	71±13	空気圧マシンによるトレーニング	2日/週、8週間	80% 1RM	2セット×8回	筋力(LEGP、CP、KE、KF、SR)		16% (FPP)、1% (VPP)	
	power training	28名(男女)	72±13	空気圧マシンによるトレーニング	2日/週、8週間	50% 1RM	2セット×8回		13% (FPP)、5% (VPP)		
	power training	28名(男女)	72±14	空気圧マシンによるトレーニング	2日/週、8週間	20% 1RM	2セット×8回		12% (FPP)、5% (VPP)		
	control (非運動群)	28名(男女)	70±13						2% (FPP)、2% (VPP)		
Earlesら(20)	power training	18名(男女)	77±5	ウェイトベスト+マシンを使ったトレーニング	3日/週、12週間	4~12% BW>50% 1RM	3セット×10回	LEGPとBPRの最大パワーおよび筋力、FFT	22% (LEGST)	8~13% (LEGP、BPR)	7% (SPPBT)
	strength training	22名(男女)	78±5	ウォーキング	6日/週、12週間	BW	1セット×30分		12% (LEGST)	-9% (LEGP)	0.9% (SPPBT)
Fujitaら(28)	strength and power training	15名(男女)	79±7	自体重によるスクワット	2日/週、12週間	BW	1セット×48回	筋厚、筋力(KE)、バランス(静的・動的バランス)	10% (KE)		
Henwood & Taaffe(32)	power training	15名(男女)	70±7	マシンを使ったトレーニング	2日/週、8週間	35~75% 1RM	3セット×8回	筋力(BPR、SR、SP、LEGP、LEGE、LEGC、SCP、KE)、FFT(30s-CS)、6mW、FS、RF	21~82% (BPR、SR、SP、LEGP、LEGE、LEGC、SCP)	18~30% (KE)	7~26% (6mW、30s-CS、RF)
	control (非運動群)	10名(男女)	71±6						5~8% (BPR、SR、SP、LEGP、LEGE、LEGC、SCP)	2% (KE)	-9~-3% (6mW、30s-CS、RF)
Henwoodら(34)	power training	19名(男女)	71±1	マシンを使ったトレーニング	2日/週、24週間	45~75% 1RM	3セット×10回	動的および等尺性筋力、筋力、動作速度、筋持久力、およびFFT(FS、SC、NW、6mBackW、5t-CS、400mW、FR)	51% (LEGP、CP、BC、LEGEなど)	51% (CP、LEGP、BC、LEGEなど)	4~13% (FS、SC、NW、6mBackW、5t-CS、400mW、FR)
	strength training	19名(男女)	70±1	フリーウェイト	2日/週、24週間	75% 1RM	3セット×10回		48% (LEGP、CP、BC、LEGEなど)	34% (CP、LEGP、BC、LEGEなど)	4~11% (FS、SC、NW、6mBackW、5t-CS、400mW、FR)
	control (非運動群)	15名(男女)	69±1						1% (LEGP、CP、BC、LEGEなど)	-3% (CP、LEGP、BC、LEGEなど)	-6~11% (FS、SC、NW、6mBackW、5t-CS、400mW、FR)
Henwood & Taaffe(33)	power training	15名(男女)	72±2	マシンを使ったトレーニング	2日/週、24週間	45~75% 1RM	3セット×8回	筋力(LEGP、CP)、筋パワー(CP・BC、LEGP、LEGE、LEGC、FFT(30s-CS、FS、SC、NW、FW、6mBackW)、静的バランス)	21% (LEGP、CP)	26% (CP、BC、LEGP、LEGE、LEGC)	0% (6mW)~8% (FR)
	strength training	12名(男女)	69±1	マシンを使ったトレーニング	2日/週、24週間	75% 1RM	3セット×8回		21% (LEGP、CP)	25% (CP、BC、LEGP、LEGE、LEGC)	-9% (30s-CS)~10% (FR)
Hrudaら(35)	power training	18名(女)	85±5	フリーウェイトによるトレーニング	3日/週、10週間	BW	3セット×4~8回	筋力(KE)、FFT(6mW、30s-CS、8Up&go)	25% (KE)	60% (KE)	31~66% (FR、30s-CS、Up&go、10mW)
	strength training	7名(女)	81±5	フリーウェイトによるトレーニング					-18% (KE)	-4% (KE)	-3~21% (FR、30s-CS、Up&go、10mW)

表1 高齢者における筋力トレーニング(strength training)とパワートレーニング(power training)の運動効果(筋力、筋パワー、ADL関連指標)の相違について(つづき)

研究者	種類	被験者数 (性別)	年齢 (年齢)	トレーニングの種類	期間	負荷	セット数、反復回数	測定項目	結果 (筋力)	結果 (パワー)	結果 (ADL関連指標)
Leeら (38)	power training	25名 (男女)	79±8	油圧マシンによるトレーニング	2日/週、 12週間		1セット× 15回	筋力(KE&KF、 CP&CPU、SP &SPU、LBE& LBF)、筋パワー (KE&KF、CPU、 SP&SPU、LBE &LBF)、FFT (AC、30s-CS、 Up&go、FR、SR、 BS、12m-W)	17%(LBE) ~25%(CP)	22%(KE)~ 53%(LBE)	19%(BS、12m-W) ~42%(AC)
	control (非運動群)	20名 (男女)	76±8						-3%(KE) ~3%(CP)	-2%(CP)~ -1%(LBF)	-11%(12m-W)~ -2%(30s-CS)
Marshら (44)	power training	12名 (男女)	77±6	マシン+フリー ウェイトによるト レーニング	3日/週、 12週間	70% 1RM	3セット× 8~10回	筋力(KE、 LEGP)、筋パ ワー、SPPBT (CS、4m-W、バ ランステスト)	20%(KE)~ 22%(LEGP)	34%(KE)~ 41%(LEGP)	10% SPPBT (CS、4m-W、バラ ンステスト)
	strength training	11名 (男女)	75±5	マシン+フリー ウェイトによるト レーニング	3日/週、 12週間	70% 1RM	3セット× 8~10回		19%(KE)~ 25%(LEGP)	19%(KE)~ 22%(LEGP)	3% SPPBT (CS、4m-W、バラ ンステスト)
	control (非運動群)	13名 (男女)	74±5						2%(KE)~ 9%(LEGP)	-1%(KE)~ 14%(LEGP)	-3% SPPBT (CS、4m-W、バラ ンステスト)
Miszkoら (47)	power training	11名 (男女)	72±7	マシンを使った トレーニング	2日/週、 16週間	40% 1RM	3セット× 6~10回	身体機能(CS- PFP)、筋力(CP、 LEGP)、無酸素 パワー(自転車 駆動)	13~16% (CP、LEGP)	8%(無酸素パ ワー)	21%(CS-PFP)
	strength training	13名 (男女)	73±5	マシンを使った トレーニング		50~80% 1RM			14~23% (CP、LEGP)	12%(無酸素 パワー)	0%(CS-PFP)
	control (非運動群)	15名 (男女)	72±7						-1~5% (CP、LEGP)	-6%(無酸素 パワー)	0%(CS-PFP)
Monteiro ら (48)	well- rounded	20名 (女)	69±5	ウォーキング、ス トレッチング、ダ ンス、抵抗(弾性・ 重量)、バランス	8ヵ月	低強度	1~3セッ ト×8回	筋力(KE&KF)	4~14%(KE& KF、180°/s)、 5~18%(KE& KF、60°/s)		
	power training	20名 (女)	66±3	マシンを使った トレーニング	8ヵ月	40~60% 1RM	3~4セット ×3~6回		2~25%(KE& KF、180°/s)、 2~25%(KE& KF、60°/s)		
	strength training	20名 (女)	67±5	マシンを使った トレーニング	8ヵ月	40~80% 1RM	2セット× 8~12回		3~18%(KE& KF、180°/s)、 7~12%(KE& KF、60°/s)		
	control (非運動群)	20名 (男女)	69±5		8ヵ月				-14~12%(KE &KF、180°/s)、 -16~1%(KE& KF、60°/s)		
Sanders (59)	ADL power training	13名 (男女)	70±4	水中運動(水の抵 抗を利用)	3日/週、 12週間	水、BW、ア クア用手袋 (水中抵抗 を増やす)	1セット× 10回	FFT(BS、 SR、30s-CS、 8up&go、FR、 12m-W)、静的・ 動的バランス			15%(12m-W)~ 23%(AC)
	control (非運動群)	13名 (男女)	70±3								-0.1%(12m-W) ~7%(30s-CS)
Segal & Wallace (60)	power training	29名 (男女)	67±9	水中運動(水の抵 抗を利用)	2日/週、 6週間	水、BW	2~3セッ ト×10回	階段登行パ ワー、400m-W、 ADL、QOL、全身 の痛み		-6~28% (階段登行パ ワー)	-2%(400m-W)、 8%(SF36)

表1 高齢者における筋力トレーニング(strength training)とパワートレーニング(power training)の運動効果(筋力、筋パワー、ADL関連指標)の相違について(つづき)

研究者	種類	被験者数(性別)	年齢(年齢)	トレーニングの種類	期間	負荷	セット数, 反復回数	測定項目	結果(筋力)	結果(パワー)	結果(ADL関連指標)
Yoonら(68)	power training	14名(女)	75±1	ゴムバンドを使ったトレーニング	2日/週、12週間	ゴムバンド、低強度、RPE=12~13(ややきつい)	2セット×12~15回	筋力(KE&KF)、握力、SPPBT、Up&go	-8~39%(KE&KF, 180°/s)、-9~49%(KE&KF, 60°/s)、24%(握力)		33%(SPPBT)、-13%(Up&go)
	strength training	9名(女)	76±1	ゴムバンドを使ったトレーニング	2日/週、12週間	ゴムバンド、高強度、RPE=15~16(きつい)	2~3セット×8~10回		2~11%(KE&KF, 180°/s)、7~23%(KE&KF, 60°/s)、20%(握力)		20%(SPPBT)、-8%(Up&go)
	control(非運動群)	7名(女)	76±1						-37~18%(KE&KF, 180°/s)、-24~7%(KE&KF, 60°/s)、19%(握力)		6%(SPPBT)、-8%(Up&go)
Wallersteinら(69)	strength training	14名(男女)	64±4	マシンによるトレーニング	2日/週、16週間	70~90% 1RM	2セット、4~10回	筋力(LEGP、CP)	43%(LEGP)、31%(CP)、大腿四頭筋CSA(6.5%)		
	power training	16名(男女)	65±4	マシンによるトレーニング	2日/週、16週間	30~50% 1RM	2セット、4~7回		34%(LEGP)、25%(CP)、大腿四頭筋CSA(3.4%)		
	control(非運動群)	13名(男女)	63±4	非運動(コントロール)					7%(LEGP)		

AC=アームカール、BC=バイセップスカール、BPR=ベンチプレス、BS=バックスクラッチ、BW=体重、CP=チェストプレス、CPU=チェストプル、CS-PFP=コンティニューアススケールファンクショナルパフォーマンステスト、FFT=ファンクショナルフィットネス、FPP=ピークパワー時の力発揮、FR=ファンクショナルリーチ、FS=床からの起居、FW=速歩、KE=ニーエクステンション、KF=ニーフレクション、LBE=ローバックエクステンション、LBF=ローバックフレクション、LEGC=レッグカール、LEGE=レッグエクステンション、LEGP=レッグプレス、NW=通常歩行、RF=リフト&リーチ、RPE=主観的運動強度、SC=階段昇降、SCP=シーティッドカーフプレス、SP=ショルダープレス、SPPBT=ショートフィジカルパフォーマンスバッテリーテスト、SPU=ショルダープル、SR=シーティッドロウ、SR=シット&リーチ、VPP=ピークパワー時の速度、1RM=1回最大挙上重量、12m-W=12m歩行、30s-CS=30秒間チェアスタンド、4m-W=4m歩行、400mW=400m歩行、5t-CS=5回椅子からの起居時間、6mBackW=後ろ向き6m歩行、6mW=6m歩行、8Up&go=8フィートアップアンドゴー

5. ADL改善のためのトレーニング

先に示したが、Rice&Keogh(56)から“Power training: can it improve functional performance in older adults? A systematic review”と題する論文が発表され、高齢者の筋パワートレーニングがADLを高める上で有効な手段となることが示された。同様にHazellら(31)もパワートレーニングがADLへの改善に繋がるものという指摘をし、先行研究(8週間から16週間での期間での介入研究)の分析から、伝統的な筋力トレーニングに比べてパワートレーニングのほうが明らかにADLの改善に効果が大きいとの結果を総括している。最近の研究からは、下肢伸展の平均速度が0.88m/秒程度の高速筋パワートレーニングが可能であった高齢者において、身体機能やADLの改善が認められたという(58)。

以前の研究では、片足立ち、スクワット、マーチング、ヒールタッチを含むダンスベースの有酸素運動プログラムが、セッション当たり60分、週3日の頻度で高齢女性を対象に12週間の期間で行なわれている(61)。こうした運動プログラムの多くは、参加者に対して1日につき60分間程度の実施が必要とされ、通常は1週間に3日の頻度が推奨されて合計で1週間に180分の運動となり、このプログラム実施者は比較的元気な高齢者を対象とする場合が多い。高齢者における高速でのレジスタンストレーニングによる動作速度や筋パワーを高める運動の試みは、ブラジルでも試みられ、その効果が示されている(7)。

在宅ケアとコミュニティ環境の両方で移動が制限されている高齢者に対しては、椅子を用いた運動(椅座位)プロ

グラムが多くの場合に提供されている(5)。急性期疾患で入院中の高齢者(平均年齢87歳、運動群185名、対照群[非運動群]185名)を対象にしたスペインの病院で行なわれた研究でも、座位を中心に筋パワートレーニングと通常のケアとの対比から、運動群は退院時に脚伸展力に19.6kg、チェストプレスには9.4kgの大きな最大挙上重量の改善が認められたとし、筋パワートレーニングの意義を改めて観察している(18)。我々は、老人保健施設に入所している虚弱高齢者(平均年齢78歳、18名)に対して椅座位とその場足踏み(マーチ)を取り上げ、特に椅子からの起居や足踏みの際の動作速度を速める(4週間ごとに音楽のリズムテンポを3段階で速めた)ことを課題として、20分間の総運動時間、7日/週の頻度で行なう運動を12週間にわたっ

表2 健康な高齢者に推奨される一般的レジスタンストレーニング[†]
(NSCAポジションステイメント『高齢者のためのレジスタンストレーニング』より引用、改変)

プログラム変数	推奨	詳細
セット数	各筋群、各エクササイズを1～3セット	初心者とフレイルの高齢者は各エクササイズを1セットから開始し、複数セット(2～3)へ漸進。
レップ数	8～12または10～15	健康な高齢者の筋力向上のために、変化をつけて6～12レップ。初心者は相対的低強度で10～15レップ行なう。
強度	70～85% 1RM	耐えうる負荷から開始し、ピリオダイゼーションを用いて70～85% 1RMまで漸進。初心者、フレイルの高齢者、または心血管系疾患や骨粗鬆症など特別な配慮が必要な高齢者は軽めの負荷を推奨。エクササイズはレップ範囲の強度を守り、関節へのストレスを減らすため、失敗するまで行なうことは避ける。
エクササイズの選択	8～10種目	多関節運動により、目的の大筋群のエクササイズを取り入れる(チェストプレス、ショルダープレス、トライセップスエクステンション、バイセップスカール、ブルダウン、ロウイング、ローバックエクステンション、アブドミナルクランチ/カールアップ、レッグエクステンションまたはレッグカール、カーフレイズなど)
様式	フリーウェイトまたはマシン	初心者、フレイルの高齢者、機能的制限のある高齢者は、マシンによるレジスタンストレーニング(重量設定可能なマシンまたは空圧式マシン)やレジスタンスバンドを用いたトレーニングおよびアイソメトリックトレーニングなどから利益を得られる。機能的能力の高い高齢者はフリーウェイト(バーベル、ダンベル、ケトルベル、メディシンボールなど)のレジスタンストレーニングからさらに有益な効果を得られる。
頻度	各筋群、週2～3回	各筋群に対し、休息日を挟んで週2～3回行なえば、好ましい適応、向上、維持が可能。
パワー/爆発的トレーニング	40～60% 1RM	短縮性局面で高速運動を行なう、パワー/爆発的エクササイズを取り入れる。中強度(40～60%1RM)で行ない、筋パワー、筋力、筋サイズ、機能的な課題を促進する。
機能的動作	日常生活動作を模倣	健康で機能的能力の高い高齢者は、多関節の複雑で動的な動作を含めることから利益を得る。基底面と姿勢に変化をつける。

RM=最大挙上重量

[†]: 一般的なガイドライン。レジスタンストレーニングプログラムは、強度とプログラム変数のバリエーションを取り入れる。筋力の増大を最適化するために、同時トレーニングセッション中は、ストレングストレーニングを持続系トレーニングの前に行なう。

表3 フレイルの高齢者のためのレジスタンストレーニングのガイドライン[†]
(NSCAポジションステイメント『高齢者のためのレジスタンストレーニング』より引用、改変)

変数	推奨
レジスタンストレーニング	週2～3回、8～12レップを3セット行なう。強度は20～30% 1RMから始め、80%1RMまで漸進させる。
パワー	高速で行なう低～中強度(30～60%1RM)のパワーエクササイズを取り入れることにより、機能的課題のパフォーマンスを顕著に改善する。
機能的トレーニング	日常生活を模倣するエクササイズ(シットツースタンドなど)を取り入れて、機能的能力を最適化する。
持続系トレーニング	レジスタンストレーニングの適応を補完する。筋力とバランスの改善後に開始する。ペース・傾斜・方向を変えたウォーキング、トレッドミル、ステップアップ、ステアクライマー、ステーションナリーバイクなどを取り入れるとよい。5～10分から始め、15～30分まで漸進する。強度の処方にも主観的運動強度を用いることも選択肢である。Borgスケールの12～14は十分に耐えうるレベルである。
バランストレーニング	複数のエクササイズ刺激を取り入れる。例えば、ラインウォーキング、タンDEM支持での立位、片脚立ち、かかと-足先歩行、ステップ練習、両脚間の重心移動など。
漸進	エクササイズの量、強度、複雑さを徐々に上げる。

RM=最大挙上重量

[†]: エクササイズは適切なフォームとテクニックで行なう。エクササイズの漸進前にフォームとテクニックを確実に習得し、漸進中も維持する。

て指導した。その結果から、椅子からの立ち上がり平均パワー、歩行速度(10m歩行)とADLの改善が認められ、筋パワートレーニングの有用性を示した(40)。

Fujitaら(27)は、虚弱高齢男女(81±5歳、14名)が3日/週、12週間にわたる椅座位からの起居動作(スクワット

運動)の実践による対象者の筋力の改善に伴い、大腿四頭筋の筋活動水準(正規化した相対値、% EMGmax)が67%から49%へと生理学的負担度が軽減することを示し、起居動作が楽になるという結果を示した。これは、虚弱者へのトレーニングの実施によって、ADLに加えて対象者の主観的運動強度

にも軽減がもたらされるという点で、積極的な活動への動機付けに繋がるものとみられる。

一方、Earlesら(20)によれば、健康な高齢者(77±5歳、18名)に対してパワートレーニングを行なった際に、最大筋パワーや最大筋力は増加したが、ADLへの改善は認められなかったと



写真1 油圧マシン



写真2 バンド運動

している。このADLの評価は、椅子からの起居動作時間、片足立ち時間などThe Short Physical Performance Battery (SPPBT)と呼ばれるパフォーマンステストであるが、健康な人を対象とした場合にその時間や回数で評価する場合にpre test(介入前)の時点で高い能力を有している場合が少なくないことから、採用するテスト自体の、いわゆる運動効果が頭打ちとなっているケースが生ずることも要因と考えられる。

他方、Reidら(54)によれば、3日/週、12週間の運動(ダブルレッグプレスと膝伸展運動)による高速パワーレーニング(72±6歳、23名)と従来の低速プログレッシブレジスタンストレーニング(73±6歳、13名)の短期介入により、運動障害のある高齢者の下肢パワーが同様に増加したという結果もあり、神経-筋の適応の可能性が示唆されるという興味ある結果も示されている。

また、高齢者の転倒予防を目指す運動の様式として、Dual-task functional power trainingといったものもある(17)。我々がデジタルゲームの一種であるモトタイルを利用して行なった短時間でのステップエクササイズによる二重課題運動では、虚弱者(75±7歳、36名)においてはADLと認知機能の

一部に改善傾向が示され(49)、健常者ではバランスなどの改善が示された(43)。こうした俊敏な動きを取り入れた運動もパワーレーニングの様式として許容できるものとみられる。しかし、こうした取り組みはまだまだエビデンスが少なく、さらなる取り組みが期待される。

6. 高齢者のために勧められるパワーレーニングの実際と安全性への配慮

ADLまたは日常の機能を維持向上するために期待されているパワーレーニングであるが、最も重要なことは安全にかつげがを生じないように行なうことである。NSCAのガイドライン(第4部)(25)に示されるように、高齢者の中には、フレイル、サルコペニア、その他の慢性疾患を有している人も少なくない。したがって、対象者(クライアント)の状況に応じたプログラムの調整や工夫が必要である。運動経験が少ない一般高齢者や虚弱な高齢者を支援する運動方法、とりわけADLを高めることを狙いとする場合には、日常の運動の生活化を視野に入れることが重要とみられ、大掛かりな機器や道具を用いるより、体重(自重)を負荷として行なう方法がよい。

自体重で行なう代表的な運動であるスクワットは、軽から中程度の相対強度レベルに相当するとみられてい

る(56)。一方、Fujitaら(26)は、虚弱な高齢者(78±6歳、18名)における自体重でのスクワット中の筋活動水準が約75%であったとしている。福永哲夫氏(NSCAジャパン編集委員会委員長)が提唱している貯筋運動(<http://www.health-net.or.jp/tyousa/tyokin/>)は国内外で普及しているが、基本は音楽に合わせて歌も口ずさみながら決められた回数、スクワット運動を行なうものである。この運動は、運動速度を変化させることによってパワーレーニングへと広がり、その応用は幅広いとみられる。つまり、高齢者へのパワーレーニングは、スクワット様式を用いることで導入できる。椅子からの立ち上がり(起居動作)や立位からのスクワット運動などは転倒の危険性が低く、同時に求められる運動強度などの調整も容易にできるものとみられ、至適な高齢者向けのパワーレーニングになりうる。また、高齢者(67±4歳、11名)が荷重をつけたベストを使用して6週間の家庭型ステップエクササイズによって、下肢の筋パワーの改善(10%↑)や階段登り時間の短縮と筋パワーの改善に有効であったとの報告をしており(45)、個人差を考慮しながら、負荷の方法を工夫することで運動の質や運動への動機付けがさらに高まるものとみられる。加えて、Filhoら(23)は、高齢高血圧者(64±4歳、13名)に対して50% 1RMの強度で3セット8回の反復によるパワーレーニングを行なったところ、運動後の血圧は収縮期および拡張期ともに低下しており、初期の高血圧高齢者に対して運動が安全であることも報じている。

一方、Chuiら(14)の高齢者の股関節変形症および人工股関節全置換手術を終えた人を対象に行なったパワーレーニングの効果をレビューしたところ、こうした対象者への運動効果についての知見はまだ不明な点が多く、追加の研究の必要性を示唆してい

る。加えて、パワートレーニングの効果は見出せるが、安全性についての根拠がまだ乏しいという指摘(66)もあり、その指摘から10年を経過しているものの、現時点でパワートレーニングへの否定的な見解は見当たらない。しかしながら、安全への最大限の配慮を一層行なう努力が必要である。

高齢者におけるADLの維持改善を目指すために、忘れてはならないことがある。日常生活の動作には、買い物かごを押す、ドアを開ける、頭上の棚を開ける、椅子から立ち上がる、ベッドの下ものを取る、階段の昇降を行なう、荷物を移動させる、後ろを見る、重いものを移動するなどがあり、これらは単に脚の筋パワーが高いというだけでは実現できない。水道の蛇口や缶詰などを開けるなどの手指機能の維持も大切である。したがって、日常生活の動作において必要な運動の実践が求められる。ADLの向上に着目し、水の抵抗等を利用したSandersら(59)のshallow-water exerciseも高齢者の至適な運動方法のひとつとみられる。最終的にはADLの維持改善を考えると、パワーに加えて柔軟性、バランス、筋力などの総合運動(well-rounded exercise)の実践を忘れてはならない。

7. おわりに

おわりに高齢者のパワーを評価する簡単なパフォーマンステストを紹介する。これは、Signorile(62)が“Power training and aging: a practical approach”と題して紹介したものであるが、5回椅子立ち上がりを行なってもらい、 $\text{Power(W)} = (\text{体重[kg]} \cdot 0.0981\text{W/kg-cm} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{距離[cm]}) / \text{時間(秒)}$ の式を用いて立ち上がりパワーを計算する。また、1ガロン(約3.8ℓ)のタンク5本を本箱に並べておき、一方の手のみで膝の高さから肩の高さまで、上方または下方へと5回ずつ移動させ、完了までの時間を計測し、その際

の腕のパワーを求め、年代別に5段階評価で相対的なパワーの評価ができるように運動実践の中で利用しているという。こうした簡単な指標を基に高齢者に運動効果や変化を確認しながら指導を行なうと、さらに動機付けが高まるものとみられる。何事も指導者とクライアントの相互による創意工夫が運動実践において肝要であろう。◆

参考文献

1. American College of Sports Medicine (ACSM). Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 34(2): 364-380, 2002.
2. American College of Sports Medicine (ACSM). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 41(7): 1510-1530, 2009.
3. 安部孝, 福永哲夫. 日本人の体脂肪と筋肉分布 東京, 杏林書院, 1995.
4. Abe T, Kawakami Y, Bembem, and Fukunaga T. Comparison of age-related, site-specific muscle loss between young and old active and inactive Japanese women. *J Geriatr Phys Ther.* 34(4): 168-173, 2011.
5. Anthony K, Robinson K, Logan P, Gordon AL, Harwood RH, and Masud T. Chair-based exercises for frail older people: a systematic review. *Biomed Res Int.* 2013; doi: 10.1155/2013/309506. Epub 2013 Sep 9, 2013.
6. Balachandran AT, Gandia K, Jacobs KA, Streiner DL, Eltoukhy M, and Signorile JF. Power training using pneumatic machines vs. plate-loaded machines to improve muscle power in older adults. *Exp Gerontol.* 98:134-142, 2017.
7. Barros CC, Caldas CP, and Batista LA. The effect of high-speed resistance training on movement speed and power of older women. *Int J Sports Exerc Med.* 3(1):050 DOI: 10.23937/2469-5718/1510050, 2017.
8. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neil, EF, Kelly M, Evans WJ, and Lipsitz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci.* 82(3):321-327, 1992.
9. Bean JF, Herman S, Kiely DK, Frey IC, Leveille SG, Fielding RA, Frontera WR. Increased velocity exercise specific to task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc.* 52:799-804, 2004.

10. Bean JF, Leveille SG, Kiely DK, Bandinelli S, Guralnik JM, and Ferrucci L. A comparison of leg power and leg strength within the InCHIANTI study: Which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 58:728-733, 2003.
11. Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, Schechtman KB, and Holloszy JO. Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized controlled trial. *J Gerontol Med Sci.* 60A(11):1425-1431, 2005.
12. Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, and Veloso J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol.* 99:257-64, 2007.
13. Cho B-I, Scarpace D, and Alexander NB. Tests of stepping as indicators of mobility, balance, and fall risk in balance-impaired older adults. *J Am Geriatr Soc.* 52: 1168-1173, 2004.
14. Chui KK, Tudini F, Corkery MB, and Yen SC. Power training in older adults with hip osteoarthritis and total hip arthroplasty. *Topics Geriatr Rehabil.* 37(1):28-37, doi: 10.1097/TGR.0000000000000300, 2021.
15. Cléménçon M, Hautier CA, Rahmani A, Cornu C, and Bonnefoy M. Potential role of optimal velocity as a qualitative factor of physical functional performance in women aged 72 to 96 years. *Arch Phys Med Rehabil.* 89:1594-1599, 2008.
16. Cuoco A, Callahan D, Sayers S, Frontera W, Bean J, and Fielding R. Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 59:1200-1206, 2004.
17. Daly RM, Duckham RL, Tait JL, Rantalainen T, Nowson AC, Taaffe DR, Sanders K, Hill KD, Kidgell DJ, and Busija L. Effectiveness of dull-task functional power training for preventing falls in older people: study protocol for a cluster randomized controlled trial. *Trials* 16:120 DOI 10.1186/s13063-015-0652-y, 2015.
18. de Asteasu MLS, Martínez-Velilla N, Zambom-Ferraresi F, Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, Cadore EL, Casas-Herrero Á, Galbete A, and Izquierdo M. Changes in muscle power after usual care or early structured exercise intervention in acutely hospitalized older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 11:997-1006, 2020.
19. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, and Fiatarone Singh MA. Effect of Power-Training Intensity on the Contribution of Force and Velocity to Peak

- Power in Older Adults. *J Aging Phys Act*, 16:393-407, 2008.
20. Earles DR, Judge JO, and Gunnarsson OT. Velocity training induced power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 82:872-878, 2000.
 21. Evans WJ. Exercise strategies should be designed to increase muscle power. *J Gerontol Med Sci*, 55A:M309-M310, 2000.
 22. Fiatarone MA., O'Neil EF., Doyle NR., Clement SK, Solares GR., Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, and Evans WJ. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Eng J Med*, 330(25):1769-1775, 1994.
 23. Filho JM, Machado CL, Tanaka H, and Ferrari R. Postexercise hypotension after muscle power training session in older adults with hypertension. *J Aging Phys Act*, 28(4):652-657, 2020.
 24. Foldvari M, Clark M, Laviolette LC, Bernstein MA, Kaliton D, Castaneda C, Pu CT, Hausdorff JM, Fielding RA, and Singh MA. Association of muscle power with functional status in community-dwelling elderly women. *J Gerontol A Biol Med Sci*, 55(4):M192-199, 2000.
 25. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, and Ryan ED. Resistance training for older adults: Position statement from the National strength and conditioning association. *J Strength Cond Res*, 33(8):2019-2052, 2019. (このガイドラインは、NSCAジャパンによる翻訳が発行されている https://www.nsc-japan.or.jp/12_database/ps_olderadults.pdf)
 26. Fujita E, Kanehisa H, Yoshitake Y, Fukunaga T, and Nishizono H. Association between knee extensor strength and EMG activities during squat movement. *Med Sci Sports Exerc*, 43:2328-2334, 2011.
 27. Fujita E, Taaffe DR, Yoshitake Y, and Kanehisa H. Repetitive sit-to-stand exercise enhances muscle strength and reduces lower muscular demands in physically frail elders. *Exp Gerontol*, 116:86-92, 2019.
 28. Fujita E, Takeshima N, Kato Y, Koizumi D, Narita M, Nakamoto H, and Rogers ME. Effects of body-weight squat training on muscular size, strength and balance ability in physically older frail. *Int J Sport Health Sci*, 14:21-30, 2016.
 29. Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, Sepulveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, and Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: Effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol*, 83:229-239, 1997.
 30. Häkkinen K, and Komi PV. Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scand J Sports Sci*, 7: 55-64, 1985.
 31. Hazell T, Kenno K, and Jakobi J. Functional benefit of power training for older adults. *J Aging Phys Act*, 15:349-359, 2007.
 32. Henwood TR, and Taaffe DR. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high velocity resistance training. *Gerontology*, 51:108-115, 2005
 33. Henwood TR, Reik S, and Taaffe DR. Strength versus muscle power- specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63:83-91, 2008.
 34. Henwood TR, and Taaffe. Detraining and retraining in older adults following long-term muscle power or muscle strength specific training. *J Gerontol Med Sci*, 63A(7):751-758, 2008.
 35. Hruda KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol*, 28, 178-89, 2003.
 36. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, Lopez JL, Hakkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol*, 79:260-267, 1999.
 37. Janssen I, Heymsfield SB, Wang A, and Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol*, 89:81-88, 2000.
 38. Lee SC, Islam MM, Rogers ME, Kusunoki M, Okada A, and Takeshima N. Effect of hydraulic-resistance exercise on strength and power in untrained healthy older adults. *J Strength Cond Res*, 25(4):1089-1097, 2011.
 39. Kato Y, Islam MM, Young KC, Rogers ME, and Takeshima N. Threshold of chair stand power necessary to perform activities of daily living independently in community-dwelling older women. *J Geriatr Phys Ther*, 38:122-126, 2015.
 40. Kato Y, Islam MM, Koizumi D, Rogers ME, and Takeshima N. Effects of a 12-week marching in place and chair rise daily exercise intervention on ADL and functional mobility in frail older adults. *J Phys Ther Sci*, 30:549-554, 2018.
 41. 金子公有. 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス, 杏林書院, 東京, pp124-146, 1978.
 42. 金子公有, 淵本隆文, 田路秀樹, 末井健作. 人体筋の力・速度・パワー関係に及ぼすトレーニング効果. *体力科学*, 30:86-93, 1981.
 43. 幸福恵吾, 藤田英二, 中本浩揮, 竹島伸生, 中垣内真樹. 地域在住高齢者を対象とした集団型二重課題運動による身体機能と認知機能への効果. *スポーツパフォーマンス研究*, 13:195-208, 2021.
 44. Marsh AP, Miller ME, Rejeski WJ, Hutton SL, and Kritchevsky S. Lower extremity muscle function following strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act* 17(4):416-443, 2009.
 45. Mair JL, De Vito G, and Boreham CA. Low volume, home-based weight step exercise training can improve lower limb muscle power and functional ability in community-dwelling older women. *J Clin Med*, 8(41): doi:10.3390/jcm8010041, 2019.
 46. Metter EJ, Conwit R, Tobin J, and Fozard JL. Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52:B267-B276, 1997.
 47. Miszko T, Cress M, Slade J, Covey C, Agrawal S, and Doerr C. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58A:171-175, 2003.
 48. Monteiro A, Forte PM, and Carvalh J. The effect of three different training programs in elderly women's isokinetic strength. *Motricidade*, 16(1):84-93, 2020.
 49. 岡田壮市, 小粥崇司, 中本浩揮, 幾留沙智, 竹島伸生. 高齢者におけるモトタイルを使用した二重課題運動による身体機能と認知能力への運動効果. *理学療法科学*, 35(3):1-9, 2020.
 50. Orr R, de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, and Fiatarone-Singh MA. Power training improves balance in healthy older adults. *J Gerontol Med Sci*, 61(1):78-85, 2006.
 51. Peterson MD, Rhea M, Sen A, and Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Res Review*, 9(3):226-237, <https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.03.004>, 2010.
 52. Porter MM. Power training for older adults. *Appt Physiol Nutr Metab*, 31:87-94, 2006.
 53. Radaelli R, Brusco CM, Lopez P, Rech A, Machado CLF, Grazioli R, Muller DC, Tufano JJ, Cadore EL, and Pinto RS. Muscle quality and functionality in older women improves similarly with muscle power training using one or three sets. *Exp Gerontol*, 128, <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110745>, 2019.

54. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, and Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res*, 20(4): 337-343, 2008.

55. Rikli RE, and Jones CJ. Development and validation of functional fitness test for community-resident older adults. *J Aging Phys Act*, 1999, 7: 127-159.

56. Rice J, and Keogh JW. Power training: Can it improve functional performance in older adults? A systematic review. *Int J Exerc Sci*, 2:131-151, 2009.

57. Sayers SP, and Gibson K (2014) High-speed power training in older adults: A shift of the external resistance at which peak power is produced. *J Strength Cond Res*, 28(3):616-621, 2014.

58. Sayers SP, Gibson K, and Mann JB. Improvement in functional performance with high-speed power training in older adults is optimized in those with the highest training velocity. *Eur J Appl Physiol*, 116 (11-12): 2327-2336, doi:10.1007/s00421-016-3484-x, 2016.

59. Sanders ME, Islam MM, Naruse A, Takeshima N, and Rogers ME. Aquatic exercise for better living on land: Impact of shallow-water exercise on older Japanese women for performance of activities of daily living (ADL). *Int J Aquatic Res Edu*, 1(1): <http://scholarworks.bgsu.edu/ijare/vol10/iss1/1>, 2016.

60. Segal NA, and Wallace R. Tolerance of an Aquatic Power Training Program by Older Adults with Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Arthritis*, Article ID 895495, 9 pages doi:10.1155/2012/895495, 2012.

61. Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, Sakai T, Nakagaichi M, Nho H, and Tanaka K. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Ageing*, 31: 261-266, 2002.

62. Signorile JF. Power training and aging: a practical approach. *J Act Aging*, 35-46, 2005.

63. Skelton DA, Kennedy J, and Rutherford OM. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing* 31:119-125, 2002.

64. Takeshima N, Rogers ME, Watanabe E, Brechue WF, Okada A, Yamada T, Islam MM, and Hayano H. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3):544-551, 2002.

65. Takeshima N, Shimada K, Islam MM,

Kanehisa H, Ishida Y, and Brechue WF. Progressive, site-specific loss of muscle mass in older frail nursing home residents. *J Aging Phys Act*, 23:452-459, 2015.

66. Tschopp M, Sattelmayer MK, and Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Aging*, 40:549-556, 2011.

67. Uematsu A, Hortobágyi T, Tsuchiya K, Kadono N, Kobayashi H, Ogawa T, and Suzuki S. Lower extremity power training improves healthy old adult's gait biomechanics. *Gait Posture* 62:303-310, 2018.

68. Yoon DH, Kang D, Kim HJ, Kim JS, Son H, and Song W. Effect of elastic band-based high speed power training on cognitive function, physical performance and muscle strength in older women with mild cognitive impairment. *Geriatr Gerontol Int*, 17(5):765-772, 2017.

69. Wallerstein LF, Tricoli V, Barroso A, Rodacki ALF, Russo L, Aihara AY, Fernandes ARC, de Mello MT, and Ugrinowitsch C. Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *J Aging Phys Act*, 20:171-185, 2012.

70. Whipple R, Wolfston L, Amerman P. The relationship of ankle and knee weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. *J Am Geriatr Soc* 35:13-20, 1987.



藤田 英二：
鹿屋体育大学 スポーツ生命科学系 准教授、博士(体育学)、(公財)日本スポーツ協会公認アスレティックトレーナー、柔道整復師。障害予防のためのアスレティックトレーニング、身体的に虚弱な高齢者(主に介護保険利用者など)を対象とした運動処方について研究を進めている。

著者紹介



竹島 伸生：
朝日大学 保健医療学部健康スポーツ科学科 学科長 & 教授、医学博士、NSCAジャパン編集委員会委員。長期にわたって高齢者の健康づくりと自立維持を目指すウエルビクス運動についての研究を進めている。



窪田 友樹：
朝日大学 保健医療学部健康スポーツ科学科 講師、修士(体育学)。高齢者から幼児までを対象とした、足指力や浮足指の発生状況についての研究・調査を進めている。