

高齢者のレジスタンストレーニングにおける 動作速度が筋肥大および筋機能に与える影響

光 川 眞 壽

要 旨

本研究は、高齢者のレジスタンストレーニングにおける短縮性収縮 (CON) 局面および伸張性収縮 (ECC) 局面の動作速度が筋肥大および筋機能に与える影響を明らかにすることを目的として文献レビューを行った。その結果、筋肥大を目的とした際には、CON局面において出来るだけ速く動かすトレーニング、あるいはCONおよびECC局面を低速度にて行うトレーニングが有効であることが示された。一方、最大挙上重量の向上を目的とした場合、CON局面を高速度で行うトレーニング、CONおよびECC局面を低速度にて行うトレーニング、あるいはECC局面のみを低速度にて行うトレーニング、いずれのトレーニング動作速度においても最大挙上重量の増加に有意な差はみられなかったことから、高齢者のトレーニング経験等に応じて動作速度を選択することが適切であることが示唆された。また、最大パワーおよび日常生活動作遂行能力を向上させるためには、CON局面においてできるだけ高速度で実施するトレーニングが有効であることが示された。

I. 緒 言

レジスタンストレーニングによって筋は肥大し、最大筋力が向上する (Kraemer ら, 1988; ACSM, 2009)。このような筋の適応は若齢者に限らず高齢者にも生じる (Hunter ら, 2004)。高齢者は加齢に伴い、筋量、筋力および日常生活動作遂行能力が低下するため (Frontera ら, 1991; Larsson ら, 1979)、定期的な運動やレジスタンストレーニングを実施することが推奨されている (ACSM, 2009; 厚生労働省, 2013)。

レジスタンストレーニングのプログラムを作成する際に、重要な変数としてエクササイズ種目の選択、頻度、順序、負荷と反復回数、量、休息时间、動作速度などがある (ACSM, 2009; Haff と Triplett, 2018)。アメリカスポーツ医科学会 (ACSM) (2009) では、若齢者だけでなく高齢者に対する筋肥大および最大筋力向上を目的としたプログラムに関する指針について提示している。例えば、筋肥大や最大筋力向上を目的とした場合、トレーニングの負荷は最大挙上重量 (One repetition maximum: 1RM) の 60-80% とし、8-12 回を 1-3 分の休息を挟みながら 1-3 セットのトレーニングを週 2-3 回実施することが推奨されている (ACSM, 2009)。動作速度については、Slow (低速度: CON 局面 2-3 秒; ECC 局面 2-3 秒) から Moderate (中速度: CON 局面 1-2 秒; ECC 局面 1-2 秒) にて実施することが推奨されている (ACSM, 2009)。一方、パワー向上を目的とした際には、30-60% 1RM を高速度にて 6-10 回実施し、1-3 セットを行うことが推奨されている。しかし、これら高齢者の動作速度は、

若齢者の研究成果から得られた結果をあてはめたものであり、高齢者を対象とした研究結果に基づいたものではない。

近年、トレーニングの動作速度の違いが筋肥大に与える影響について、Schoenfeldら(2015)が系統的(システマティック)レビューを発表している。彼らは0.5秒から8秒の動作時間の範囲であれば筋肥大に大きな差はないとしている。しかし、このレビューで使用された論文8本のうち、高齢者が被験者として含まれている論文は1つであり、高齢者にも同様な結論が導けるかについては検討の余地が残されていると考えられる。

トレーニング時の動作速度が最大筋力へ与える影響については、これまでにいくつかのレビューにおいてまとめられている(Daviesら, 2017; PereiraとGomes, 2003)。PereiraとGomes(2003)は、Isokinetic(アイソキネティック)トレーニングとIsotonic(アイソトニック)トレーニングの結果を分けて検討している。このレビューでは、アイソキネティックトレーニングは、トレーニング速度に特異的に最大筋力が向上することが示されているが、アイソトニックトレーニングに関してはエビデンスが少なく、一致した見解が得られていないことを指摘している。これを受けて、近年、アイソトニックトレーニングの研究のみを抽出し、システマティックレビューをしたDaviesら(2017)によると、動的な最大筋力を高めるためには、低速度から中速度が最適であると報告しており、若齢者と高齢者で差がないとしている。しかし、これまでのレビューでは、トレーニング動作全体の速度によって低速度群と高速度群に分けて検討している研究(PereiraとGomes, 2003)、短縮性収縮(Concentric contraction: CON)局面および伸張性収縮(Eccentric contraction: ECC)局面の動作速度は記述されているものの、各局面の動作速度の違いについては詳細に検討されていない(Daviesら, 2017)。動作速度に関する論文では、CON局面とECC局面とで異なる動作速度を設定している論文もあることから、各動作局面の動作速度の違いが筋肥大や筋機能へ及ぼす影響についても検討する必要がある。

高齢者にとって最も大切なことは、日常生活動作を支障なく遂行できる能力を維持することにある。日常生活動作遂行能力を高めるために、レジスタンストレーニングが効果的であることはすでに示されているが(ACSM, 2009)、トレーニング時の動作速度の違いが日常生活動作遂行能力の向上にどのような影響を及ぼすかについての研究成果についてはいまだ整理されていない。2003年の時点ではトレーニング動作速度の違いが日常生活動作遂行能力に及ぼす影響についての研究成果は皆無であったが(PereiraとGomes, 2003)、その後数本の研究成果が発表されつつある(Battaroら, 2007; Diasら, 2009; Watanabeら, 2005)。そこで本研究は、高齢者のレジスタンストレーニングにおけるCON局面およびECC局面の動作速度の違いが筋肥大および最大筋力、最大パワー、日常生活動作遂行能力といった筋機能の向上に与える影響について明らかにすることを目的として文献レビューを行った。本研究で得られる知見は、高齢者のレジスタンストレーニングにおける動作速度のガイドラインを作成する上で、有益な情報となると考えられる。

II. 方 法

本研究では、ウエイトマシン、フリーウエイトや自体重を用いた動的なレジスタンストレーニング、

つまりアイソトニックトレーニングを用いた研究のみを調査対象論文とした。これまでの動作速度に関するレビュー (Davies ら, 2017; Pereira と Gomes, 2003; Schoenfeld ら, 2015) にて使用されている論文, および関連論文を Pubmed にて検索し論文を収集した (2018年10月1日時点)。なお, 以下の条件に当てはまる研究論文は除外した。1) 介入群と比較対照群のトレーニング負荷が異なる研究, 2) CON局面あるいはECC局面のみ筋が活動するトレーニング, 3) アイソトニック以外のトレーニングを用いた研究, 4) 筋肥大効果を検証する項目として周径囲のみを使用した研究, 5) 比較対照群のない研究, 6) 50歳未満の被験者が含まれている研究, 7) 査読付きの英語論文ではない研究である。

本研究では, 動作速度を短縮性収縮局面 (CON局面), 保持局面 (Pause局面) および伸張性収縮局面 (ECC局面) に分けて整理し, 各局面における動作速度の違いによって以下のように3つに分類した (1: CONとECC局面の低速度トレーニング, 2: ECC局面の低速度トレーニング, 3: CON局面の高速度トレーニング)。その際, 同一論文内において, 異なるトレーニング部位の結果が示されている場合は, それぞれの結果を1つの結果として扱った。なお, 本研究における動作速度には, 各論文で示されているCONおよびECC局面における動作時間も速度として示しており, 単位は秒として扱った。動作時間が短い場合を動作速度が速いとし, 動作時間が長い場合を動作速度が遅いとした。

1. CONとECC局面の低速度トレーニング

CON局面とECC局面の動作速度が一定の割合で遅くなる研究。例えば, 低速度群においてCON局面3秒ECC局面3秒, 高速度群ではCON局面1秒ECC局面1秒という場合である。本研究においては3本の論文が抽出された (Watanabe ら, 2013, 2014, 2015)。

2. ECC局面の低速度トレーニング

CON局面は両群ともに同一であるが, 低速度群のECC局面の動作速度が高速度群と比較して遅くなる研究。例えば, 低速度群においてCON局面1秒ECC局面3秒, 高速度群ではCON局面1秒ECC局面1秒という場合。本研究においては1本の論文が抽出された (Dias ら, 2015)。

3. CON局面の高速度トレーニング

ECC局面は両群ともに同一であるが, 高速度群のCON局面の動作速度が低速度群と比較して速くなる研究。例えば, 高速度群においてCON局面を出来る限り素早い動作で行いECC局面を3秒, 低速度群ではCON局面3秒ECC局面3秒という場合。本研究においては3本の論文が抽出された (Battaro ら, 2007; Feilding ら, 2002; Nogueira ら, 2009)。

Ⅲ. 動作速度が筋肥大に与える影響

表 1 動作速度が筋肥大に与える影響

著者 (発年)	群分け (被験者数)	性別	年齢	トレーニング 習慣	トレーニング種目	期間 週	頻度 /週	強度 %1RM	セット数	回数	ECC	Pause	CON	測定項目 (測定機器)	対象筋	結果	群間差
Nogueira et al. (2009)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	レッグプレス ニーエクステンション ニーフレクション チエフトプレス シューツドロフ	10	2	1週目 40% 2週目 50% 3-10週目 60%	3	8-10	2-3	0	Max	筋厚 超音波法)	大腿前面	11.3% ↑ 5.5% NS	NS
Nogueira et al. (2009)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	ニーエクステンション エルボーフレクション	10	2		3	8-10	2-3	0	Max	筋厚 超音波法)	上腕前面	14.3% ↑ 6.7% ↑	高速 > 低速
Watanabe et al. (2013)	高速(17) 低速(18)	男17 女18	66.8 66.8	非鍛練者	ニーエクステンション	12	2	50%	3	8	1	0	1	筋厚 超音波法)	大腿前面	0.7% NS 6.1% ↑	高速 < 低速
Watanabe et al. (2013)	高速(17) 低速(18)	男17 女18	66.8 66.8	非鍛練者	ニーフレクション	12	2	50%	3	8	1	0	1	筋厚 超音波法)	大腿後面	3.5% ↑ 5.8% ↑	NS
Watanabe et al. (2014)	高速(9) 低速(9)	男7 女2	69.9 69	非鍛練者	ニーエクステンション	12	2	30%	3	13	1	0	1	横断面積 MRI法)	大腿四頭筋	1.1% NS 5.0% ↑	高速 < 低速
Watanabe et al. (2015)	高速(19) 低速(20)	男 女	60-77	非鍛練者	5種目自重 4種目の軽度の プライオメトリクス運動	16	3	自重	1	5-15	1	0	1	筋厚 超音波法)	大腿前面	-0.3% NS -0.1% NS	NS

CON: 短縮性収縮局面, ECC: 伸展性収縮局面, EF: エルボーフレクション, KF: ニーエクステンション, KE: ニーエクステンション, NF: ニーフレクション, Max: 最大努力での高速度, NS: 有意差なし, Pause: 保持局面, ↑: 有意に増加

本研究の結果、動作速度が筋肥大へ与える影響を検討した論文は4本あり、異なる部位の結果を1つの結果とすると、6つの結果が得られた(表1)。筋サイズの分析方法については、Bモード超音波法を用いて筋の厚さを測定した結果が5つ、磁気共鳴画像装置(MRI)を用いて筋の横断面積を計測した結果が1つであった(表1)。

6つの結果のうち2つの結果において(WatanabeらKE, 2013; Watanabeら, 2014), 低速度群(3-1-3秒, CON-保持-ECC局面)が高速度群(1-0-1秒, CON-保持-ECC局面)よりも筋肥大することが示されている(表1)。これらの結果は、CONおよびECC局面の低速度トレーニングの有効性を示すものである。一方、NogueiraらEF(2009)は、高速度群(Max-0秒-2-3秒, CON-保持-ECC局面)が低速度群(2-3秒-0秒-2-3秒, CON-保持-ECC局面)よりも筋肥大したと報告している。また、NogueiraらKE(2009)では高速度群のみ有意に筋が肥大し、低速度群は有意な変化はみられていない(NogueiraらKE, 2009)。これらの結果は、CON局面の高速度トレーニングの有効性を示すものである。

Watanabeら(2013, 2014)の一連の研究は、動作速度を遅くすることによって、通常速度よりも筋肥大効果が高まることを示した。ただし、自体重を負荷としたトレーニング実験(Watanabeら, 2015)では、低速度群においても有意な筋肥大はみられていない。このことは、CONおよびECC局面の低速度トレーニングにおいては、ある一定以上の負荷が必要であることを示している。したがって、筋肥大を目的とした場合には、30% 1RM以上の負荷を用いてCONおよびECC局面を低速度にてトレーニングすることが有効であると考えられる。

Nogueiraら(2009)のトレーニング種目はマシン機器を使用したレッグプレス、ニー・エクステンション、ニー・フレクション、チェストプレス、シーテッドロウ、エルボー・エクステンション、エルボー・フレクション運動の計7種目であった。一方、低速度群はCONおよびECC局面ともに2-3秒かけて実施した。その結果、高速度群は大腿前面の筋厚が11.3%有意に増加し、低速度群は5.5%増加したが有意な変化ではなく、両群間には有意な差はみられなかった。高速度群の大腿前面の肥大率は、Watanabeら(2013)の低速度群の肥大率(6.1%)と比べて大きな値であった。また、上腕前部の筋厚については、高速度群が14.3%であり、こちらの肥大率も10%を超える値であった。Nogueiraら(2009)とWatanabeら(2013)の研究では、被験者、トレーニング種目、トレーニング期間等が異なるため、筋肥大率の要因について詳細な議論をすることはできないが、CON局面の高速度トレーニングとCONおよびECC局面の低速度トレーニングのどちらが筋を肥大させる効果が高いかについては、高齢者の筋を肥大させるための最も適切な動作速度を明らかにするために、今後検討する必要があると考えられる。

Schoenfeldら(2015)は、系統的レビューのメタ分析の結果から、トレーニング動作全体の動作速度が0.5秒から8秒までは同程度の筋肥大効果が得られると結論づけている。本研究において、CON局面とECC局面に分けて動作速度を検討した結果、CON局面の高速度トレーニング(Nogueiraら, 2009), CONおよびECC局面の低速度トレーニング(Watanabeら, 2013, 2014)において高い筋肥大効果が観察されている。Nogueiraら(2009)とWatanabeら(2013, 2014)の動作速度の共通点は、

ECC局面の動作時間が2-3秒確保されていることである。一方、CONおよびECC局面が各1秒のトレーニングでは有意な筋肥大効果は3つの結果うち1つしかみられていない（Watanabeら, 2013）。これらの知見を合わせて考えると、ECC局面の動作時間が短いトレーニングは筋肥大効果が小さい可能性が考えられる。

以上のことから、高齢者が筋肥大を目的としてレジスタンストレーニングを実施する場合には、30%から60% 1RMの強度にて、ECC局面は2-3秒、CON局面においてはできるだけ素早く行うトレーニング、あるいは保持局面1秒を挟んでCONおよびECC局面をそれぞれ3秒かけて実施する低速度トレーニングが望ましいと考えられる。

IV. 動作速度が最大筋力へ与える影響

表2 動作速度が最大拳上重量に与える影響

著者 (発行年)	群分け (被験者数)	性別	年齢	トレーニング 習慣	トレーニング種目	期間 週	頻度 /週	負荷 %1RM	セット数	回数	動作速度(秒) ECC Pause CON	筋力測定	測定種目	結果	群間差
Dias et al. (2015)	高速(10) 低速(9)	女	67	非鍛練者	レッグプレス	12	2	1-2週: 45% 3-4週: 50% 5-6週: 55%	2	12	1.5	IRM@con	LP	12% ↑	NS
Dias et al. (2015)	高速(10) 低速(9)	女	67	非鍛練者	ニーエクステンション	12	2	7-8週: 60% 9-10週: 65% 11-12週: 70%	2	10	4.5	IRM@con	KE	26% ↑	NS
Fielding et al. (2002)	高速(15) 低速(15)	女	73.2 72.1	非鍛練者	レッグプレス	16	3	70%	3	8	2	IRM@con	LP	35% ↑	NS
Fielding et al. (2002)	高速(15) 低速(15)	女	73.2 72.1	非鍛練者	ニーエクステンション	16	3	70%	3	8	2	IRM@con	KE	45% ↑	NS
Battaro et al. (2007)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	レッグプレス ニーエクステンション ニープレクショ チェストプレス シマウツドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクショ	10	2	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	IRM@con	LP	27% ↑	NS
Battaro et al. (2007)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	レッグプレス ニーエクステンション ニープレクショ チェストプレス シマウツドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクショ	10	2	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	IRM@con	CP	28% ↑	NS
Nogueira et al. (2009)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	レッグプレス ニーエクステンション ニープレクショ チェストプレス シマウツドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクショ	10	2	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	IRM@con	LP	27% ↑	NS
Nogueira et al. (2009)	高速(11) 低速(9)	男	66.6 66.3	非鍛練者	レッグプレス ニーエクステンション ニープレクショ チェストプレス シマウツドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクショ	10	2	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	IRM@con	CP	28% ↑	NS
Watanabe et al. (2013)	高速(17) 低速(18)	男17 女18	66.8 66.8	非鍛練者	ニーエクステンション	12	2	50%	3	8	1	IRM@con	KE	8% ↑	NS
Watanabe et al. (2013)	高速(17) 低速(18)	男17 女18	66.8 66.8	非鍛練者	ニープレクショ	12	2	50%	3	8	1	IRM@con	KF	17% ↑	NS
Watanabe et al. (2014)	高速(9) 低速(9)	男7 女2	69.9 69	非鍛練者	ニーエクステンション	12	2	30%	3	13	1	IRM@con	KE	19% ↑	NS
Watanabe et al. (2014)	高速(9) 低速(9)	男7 女2	69.9 69	非鍛練者	ニープレクショ	12	2	30%	3	13	1	IRM@con	KE	19% ↑	NS

CON: 短縮性収縮局面, CP: チェストプレス, ECC: 伸張性収縮局面, EF: エルボーフレクショ, KE: ニーエクステンション, KF: ニープレクショ, LP: レッグプレス, Max: 最大努力での高速度, NS: 有意差なし, Pause: 保持局面, ↑: 有意に増加, 1RM@con: 短縮性収縮による最大拳上重量

アメリカスポーツ医科学会 (2009) では、高齢者において最大筋力を高めるための動作速度は、低速度から中速度を推奨している (ACSM, 2009)。一方、Davies ら (2017) は、動的な最大筋力に対するトレーニング動作速度の影響についてシステマティック・レビューのメタ分析にて検討した結果、動的な最大筋力への効果は低速度、中速度および高速度いずれにおいても同程度の効果が得られると結論づけている。また、これらの結果は年齢による違いもないとしている。本研究の結果、最大筋力について検討している論文は計 7 本あり、部位別の結果を 1 つの結果として数えると、計 12 個の結果があった (表 2)。そのうち、2 つの論文 (Battaro ら, 2007; Nogueira ら, 2009) は同じ研究グループから発表されたものであり、同じ結果が掲載されていた。そのため、これらの結果は同一の結果として扱い、計 10 個の結果として扱った。表 2 に示したとおり、すべての結果において最大筋力の増加に高速度と低速度群との間に有意な差が見られていない。これらの結果は、Davies ら (2017) の知見を支持する結果であると言える。Davies ら (2017) と本研究の結果を合わせて考えると、高齢者において最大筋力の向上のみを目的とした場合、CON 局面の高速度トレーニング、CON および ECC 局面の低速度トレーニング、ECC 局面の低速度トレーニングにおいては、最大筋力を高める効果に大きな違いはないことが示された。ただし、次項で考察するが、最大パワーや日常生活動作遂行能力の向上に対しては、CON 局面において出来る限り素早い動作速度で実施した方が高い効果が得られていることから、パワー発揮能力や日常生活動作遂行能力も合わせて機能を向上させることを考えると、CON 局面のみの高速度トレーニングを選択することが望ましいと考えられる。

V. 動作速度が最大パワーへ与える影響

表3 動作速度が最大パワーに与える影響

著者 (発行年)	群分け (被験者数)	性別	年齢	トレーニング 習慣	トレーニング種目	期間 週 / 週	負荷 %1RM	セット数	回数	ECC	Pause	CON	パワー測定	結果	群間差
Fielding et al. LP (2002)	高速 (15) 低速 (15)	女	73.2 72.1	非鍛錬者	レッグプレス	16	70%	3	8	2	1	Max	LP	97% ↑ 45% ↑	高速 > 低速
Fielding et al. KE (2002)	高速 (15) 低速 (15)	女	73.2 72.1	非鍛錬者	ニーエクステンション	16	70%	3	8	2	1	Max	KE	33% ↑ 25% ↑	NS
Battaro et al. LP (2007)	高速 (11) 低速 (9)	男	66.6 66.3	非鍛錬者	レッグプレス ニーエクステンション ニーフレグション	10	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	0	Max	LP	31% ↑ 8% ↑	高速 > 低速
Battaro et al. CP (2007)	高速 (11) 低速 (9)	男	66.6 66.3	非鍛錬者	シーテッドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクション	10		3	8-10	2-3	0	Max	CP	37% ↑ 13% ↑	高速 > 低速
Nogueira et al. LP (2009)	高速 (11) 低速 (9)	男	66.6 66.3	非鍛錬者	レッグプレス ニーエクステンション ニーフレグション	10	1週: 40% 2週: 50% 3-10週: 60%	3	8-10	2-3	0	Max	LP	31% ↑ 8% ↑	高速 > 低速
Nogueira et al. CP (2009)	高速 (11) 低速 (9)	男	66.6 66.3	非鍛錬者	シーテッドロウ エルボーエクステンション エルボーフレクション	10		3	8-10	2-3	0	Max	CP	37% ↑ 13% ↑	高速 > 低速
Watanabe et al. (2015)	高速 (19) 低速 (20)	男	60-77	非鍛錬者	5種目自重 4種目の軽度の プライオメリクス運動	16	自重	1	5-15	1	0	1	LP	1% NS 6% NS	NS

CON: 短縮性収縮局面, CP: チェストプレス, ECC: 伸張性収縮局面, KE: ニーエクステンション, LP: レッグプレス, Max: 最大努力での高速度, NS: 有意差なし, ↑: 有意に増加

動作速度が最大パワーへ与える影響について検討した論文は計4本あったが、2本の論文は同じ研究グループから発表されたものであり(Battaroら, 2007とNogueiraら, 2009)、同じ結果が掲載されていた。そのため、これらの結果は同一の結果として扱い、計5つの結果が得られた。5つのうち3つの結果において、CON局面を最大速度で実施するトレーニングする方法が低速度群よりも最大パワーを高めるために有効であることが示されている(FieldingらLP, 2002; Battaroら, 2007; Nogueiraら, 2009)。例えば、Fieldingら(2002)の研究では、30名の高齢女性が異なる動作速度群(高速度群: CON局面最大速度, 保持局面1秒, ECC局面2秒, 低速度群: CON局面2秒, 保持局面1秒, ECC局面2秒)に分かれて、16週間のトレーニング実施した。トレーニング種目はマシンを使用した両足でのレッグプレスと片足ずつのニー・エクステンションであり、週3回、70% 1RMの強度で8回を3セット実施した。その結果、レッグプレスの最大パワーは高速度群で97%、低速度群で45%有意に向上し、両群間を比較すると高速度群の方が有意に向上した。ニーエクステンションについては、高速度群で33%、低速度群で25%向上し、両群間に有意な差はみられなかった。また、彼らは4週間おきに1RMと最大パワーを計測しており、最大パワーは4週間までに急激にパワーが向上していることを報告している。つまり、最大パワーの向上はトレーニング開始1ヶ月程度で劇的に改善すると考えられる。

一方、自体重を用いて週3回のレジスタンストレーニングと軽度のプライオメトリクス運動を実施した研究によると、最大パワーの向上は見られていない(Watanabeら, 2015)。この結果は、自体重のレジスタンストレーニングと軽度のプライオメトリクス運動を用いた場合、負荷の大きさが最大パワーを向上させるほどの負荷にならない可能性を示唆している。Battaroら(2007)やNogueiraら(2009)の研究では、負荷は40% 1RM以上を用いて、CON局面を最大速度で実施することにより、低速度群と比べて最大パワーが有意に向上している。したがって、自体重ではなく40% 1RM以上の負荷を用いて、CON局面を最大速度にてトレーニングすることによって、最大パワーの向上が高まることが明らかとなった。

ただし、ECC局面のみを低速度で行うトレーニング、ウエイトマシンやフリーウエイトを用いたCONおよびECC局面を低速度で行うトレーニングが最大パワーに与える影響については検討した研究は1つもなく、これらのトレーニング効果については不明である。したがって、これらの動作速度条件について、今後は検討する必要があるだろう。

Ⅵ. 動作速度が日常生活動作遂行能力に与える影響

表 4 動作速度が日常生活動作遂行能力に与える影響

著者 (発行年)	群分け (被験者数)	性別	年齢	トレーニング 習慣	トレーニング種目	期間 週	頻度 /週	負荷 %1RM	セット数	回数	ECC	動作速度(秒)		測定項目	結果	群間差
												Pause	CON			
Dias et al. (2009)	高速 (10)	女	67	非鍛錬者	レッグプレス ニーエクステンション	12	2	1-2週: 45%	2	12	1.5	0	1.5	タイムアップゴー(秒)	高速: 11% ↓, 低速: 16% ↓	NS
	3-4週: 50%							6m歩行(秒)						高速: 9% ↓, 低速: 12% ↓		
Battaro et al. (2007)	低速 (9)	男	66.6	非鍛錬者	レッグプレス ニーエクステンション ニープレクシオン チェアスクワット シーテッドロウ エルボーエクステンション エルボープレクシオン	10	2	1週: 40%	3	8-10	2-3	0	Max	87フィートアップゴー(秒)	高速: 15% ↓, 低速: 1% NS	高速 > 低速
	2週: 50%							30秒イス座り立ち(回)						高速: 43% ↑, 低速: 6% NS		
	3-10週: 60%															
Watanabe et al. (2015)	高速 (19)	男	60-77	非鍛錬者	5種目自体重 4種目の強度の プライオメトリクス運動	16	3	自体重	1	5-15	1	0	1	通常歩行(秒)	高速: 0% NS, 低速: 4% NS	NS
								3					1	3	最大歩行(秒)	
	低速 (20)												5回イス座り立ち(秒)	高速: -4% NS, 低速: -5% NS	NS	
													開眼片足立ち(秒)	高速: -15% NS, 低速: -6% NS		
														2ステップ歩幅(m)	高速: 5% ↑, 低速: 5% ↑	NS

CON: 短縮性収縮局面, ECC: 伸展性収縮局面, Max: 最大努力での高速度, NS: 有意差なし, Pause: 保持局面, ↑: 有意に増加, ↓: 有意に減少

動作速度が日常生活動作遂行能力へ与える影響を検討した研究は3本であった(表4)。いずれの報告もCON局面およびECC局面の動作速度パターンが研究間で異なっていた。CON局面の高速度トレーニングであるBattaroら(2007)は、8フィートアップゴーテスト、30秒イスの座り立ちテストの両テストともに高速度群において低速度群よりも有意に向上した。8フィートアップゴーテストでは高速度群が15.3%、低速度群が0.8%短くなり、30秒イスの座り立ちテストでは、高速度群で42.8%、低速度群で6.1%の回数の向上が見られた。

一方、Diasら(2015)はECC局面のみを低速度で行うトレーニングが日常生活動作遂行能力に与える影響を検討した。Diasら(2015)は、タイムアップゴーテスト、イスの座り立ちテスト、歩行速度、階段上りタイムを計測し、いずれのテストも両群で有意に改善したが、群間差は見られていないことを報告した。また、Watanabeら(2015)は、CON局面およびECC局面を3秒間、保持時間を1秒間の自体重を用いたトレーニングと軽度のプライオメトリクス運動を組み合わせたトレーニングの効果について検討している。日常生活動作遂行能力のテストは、通常歩行、最大歩行、5秒のイスの座り立ち、開眼片足立ちテスト、2ステップ歩幅であった。これらのテストのうち、2ステップ歩幅以外の項目において両群ともに有意な変化はみられなかった。2ステップ歩幅のみ両群において有意に増加したが、群間差は見られていない。そのため、自体重を用いた負荷では、動作速度を低速度にした場合は、日常生活動作遂行能力を高めるトレーニングの効果は低いと考えられる。

以上のことから、日常生活動作遂行能力を効果的に向上させるためには、CON局面の動作速度を最大速度にて実施することが最も有効であることが示された。ただし、動作速度が日常生活動作遂行能力に与える影響について検討した研究は上記の3つに限られているため、今後、更にデータを蓄積し検証する必要があるだろう。

Ⅶ. 結 論

高齢者のレジスタンストレーニングにおいて、筋肥大を目的としたプログラムデザインをする際には、CON局面を高速度で行うトレーニング、CONおよびECC局面の動作速度を低速度で行うトレーニングがより筋を肥大させるというエビデンスが確認された。一方、最大挙上重量の向上を目的とした場合、CON局面を高速度で行うトレーニング、あるいはCONおよびECC局面の低速度トレーニング、あるいはECC局面の低速度トレーニング、いずれのパターンにおいても最大挙上重量の増加に有意な差はみられなかったが、最大パワーおよび日常生活動作能力については、CON局面の高速度トレーニングが効果的であることが示された。したがって、高齢者の日常生活に必要な筋機能を高めるためには、CON局面を高速度で行うレジスタンストレーニングが有効であることが示された。

謝辞

本研究は、JSPS科研費JP17K01681の助成を受けたものである。

文献

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.
- Bottaro M, Machado SN, Nogueira W, Scales R, Veloso J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *Eur J Appl Physiol*, 99(3), 257-64.
- Davies TB, Kuang K, Orr R, Halaki M, Hackett D. (2017). Effect of Movement Velocity During Resistance Training on Dynamic Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(8), 1603-1617.
- Dias CP, Toscan R, de Camargo M, Pereira EP, Griebler N, Baroni BM, Tiggemann CL. (2015). Effects of eccentric-focused and conventional resistance training on strength and functional capacity of older adults. *Age (Dordr)*, 37(5), 99.
- Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc*, 50(4), 655-62.
- Haff G, Triplett NT. (2018). 「ストレングストレーニング&コンディショニング (第4版)」篠田邦彦・岡田純一監修, ブックハウスHD (原著2017)
- Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*, 34(5), 329-48.
- Kraemer WJ, Deschenes MR, Fleck SJ. (1988). Physiological adaptations to resistance exercise. Implications for athletic conditioning. *Sports Med*, 6(4), 246-56.
- Nogueira W, Gentil P, Mello SN, Oliveira RJ, Bezerra AJ, Bottaro M. (2009). Effects of power training on muscle thickness of older men. *Int J Sports Med*, 30(3), 200-4.
- Pereira MI, Gomes PS. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Med*, 33(6), 427-38.
- Schoenfeld BJ, Ogborn DI, Krieger JW. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(4), 577-85.
- Watanabe Y, Tanimoto M, Ohgane A, Sanada K, Miyachi M, Ishii N. (2013). Increased muscle size and strength from slow-movement, low-intensity resistance exercise and tonic force generation. *J Aging Phys Act*, 21(1), 71-84.
- Watanabe Y, Madarame H, Ogasawara R, Nakazato K, Ishii N. (2014). Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clin Physiol Funct Imaging*, 34(6), 463-70.
- Watanabe Y, Tanimoto M, Oba N, Sanada K, Miyachi M, Ishii N. (2015). Effect of resistance training using bodyweight in the elderly: Comparison of resistance exercise movement between slow and normal speed movement. *Geriatr Gerontol Int*, 15(12):1270-7.

