

歩行機能向上のための新たなリハビリテーション戦略

金山篤樹

リハビリテーション学研究科 理学療法学専攻

【はじめに】

急速な高齢化が進む本邦において、健康寿命をいかに延伸するかは喫緊の課題である。高齢者が健康的な生活を送る上で移動能力の自立が不可欠であり、その代表的指標である歩行速度の維持・向上が求められる。歩行速度の主要な決定要因として下肢筋力の重要性が古くから報告されており、筋力トレーニングが歩行速度の改善に有効であることが数多くの研究で示されてきた。一方で近年では、下肢筋力だけではなく、「無負荷あるいは低負荷の条件でどれだけ素早く四肢を動かすことができるか」を示す下肢運動速度が、筋力と同等もしくはそれ以上に歩行速度に強く関与する可能性が報告されている。これにより、歩行機能の維持・向上を目指すうえで、筋力の測定および向上に加えて、運動速度を適切に評価し、介入ターゲットとする視点が重要になりつつある。

従来、下肢運動速度の指標としては膝関節伸展運動速度が用いられることが多かった。しかし、歩行中の力学的役割を踏まえると、膝関節に限らず、他の下肢関節の運動速度も歩行速度に寄与していると考えられる。なかでも、足関節底屈は歩行動作における前方推進に大きく寄与し、歩行中に下肢全体が生成する推進力のうち約 67% という非常に大きな割合を担っている。そのため、足関節底屈運動速度の低下は歩行速度の低下に直結する可能性が高い。

以上を踏まえ、私はこれまで、高齢者の歩行速度に対して足関節底屈運動速度がどの程度重要な役割を果たすのか、その基本的特性や加齢変化はどうか、さらにこの機能に焦点を当てた介入によって歩行機能を高められるのか、といった一連の研究に取り組んできた。本講演では、これらの成果を通して、「足関節底屈運動速度に着目した新たなリハビリテーション戦略」の有用性について概説する。

【研究 1：高齢者の歩行速度に対する足関節底屈運動速度の重要性】

高齢者の歩行速度に関与する下肢機能としては、膝関節伸展および足関節底屈の「筋力」と「運動速度」が主要な要因として挙げられる。本研究では、これら 4 つの指標が歩行速度の規定にどの程度寄与するかを比較し、高齢者の歩行能力にとって特に重要な下肢機能を明らかにすることを目的とした。地域在住高齢者 157 名を対象に、歩行速度、膝関節伸展筋力、膝関節伸展運動速度、足関節底屈筋力、足関節底屈運動速度を測定し、歩行速度を目的変数、下肢機能 4 項目を説明変数とした重回帰分析を行った。

その結果、歩行速度の有意な規定因子として抽出されたのは足関節底屈筋力と足関節底屈運動

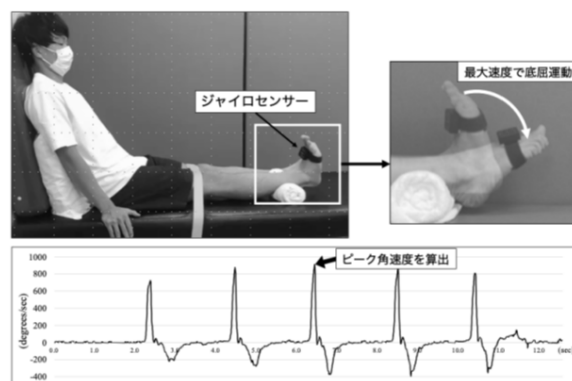


図 1：底屈運動速度の計測方法

速度であり、とくに底屈運動速度の寄与が大きかった。この結果から、足関節底屈機能、特に底屈運動速度の向上を図ることで、高齢者の歩行速度を効果的に改善できる可能性が示唆された。

【研究 2：足関節底屈運動速度の加齢変化および性差の検討】

足関節底屈運動速度に対して有効な介入戦略を構築するためには、その基本的特性を明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、18～91 歳の健常成人 550 名を対象に足関節底屈運動速度および底屈筋力を測定し、加齢変化と性差を分析した。さらに、底屈運動速度と底屈筋力の関係について検討した。分析の結果、底屈運動速度は底屈筋力と同様に加齢に伴う変化を示し、高齢期では若年期と比べて約 26% の機能低下がみられた。性差については、底屈筋力では男性が女性よりも大きな値を示し明瞭な差が認められたのに対し、底屈運動速度では男女間に有意な差はみられなかった。さらに単回帰分析の結果、底屈筋力が底屈運動速度を説明する割合は 16% にとどまり、運動速度は筋力に依存しない独立した機能であることが示唆された。これらの結果から、高齢者の歩行機能を改善する際には、筋力とは異なる特性を持つ「運動速度」に焦点を当てた介入戦略を検討する必要があると考えられた。

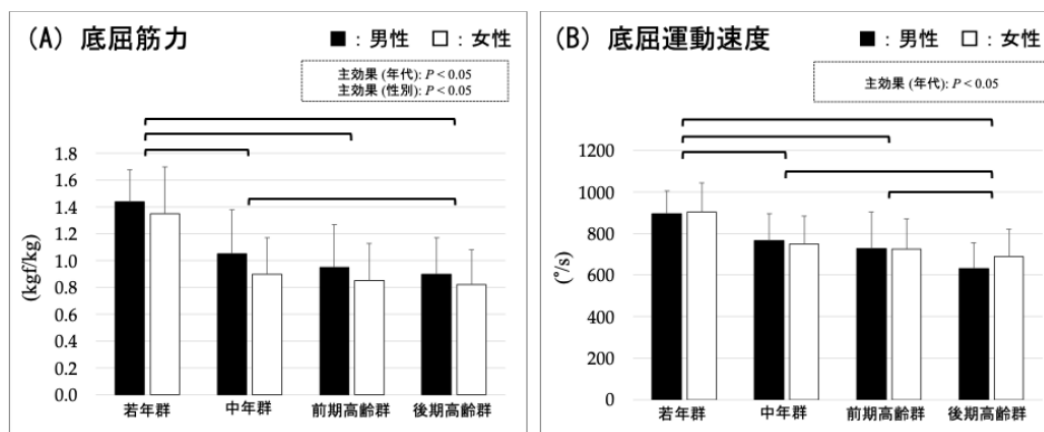


図 2：足関節底屈機能の加齢変化と性差
(A) 底屈筋力, (B) 底屈運動速度

【研究 3：介入研究① 立位踵上げ運動装置を用いた運動が高齢者の歩行機能に与える効果】

足関節底屈機能を高める代表的な運動としてカーフレイズが広く用いられているが、通常の方法では主として底屈筋力の向上に焦点が当てられている。そこで本研究では、底屈筋力とともに底屈運動速度の向上も得ることを目的として、最大速度で行う「高速カーフレイズ」と遠心性収縮を伴う「反復カーフレイズ」の 2 種類のカーフレイズを併用した介入が有効であると考えた。しかし、これらの運動は高齢者にとって負荷が大きく実施が難しい。そこで、高齢者でも安全に繰り返し実施できるようにカーフレイズをアシストする運動機器を開発し、地域在住高齢者 40 名を対象に 10 週間の介入を実施した。

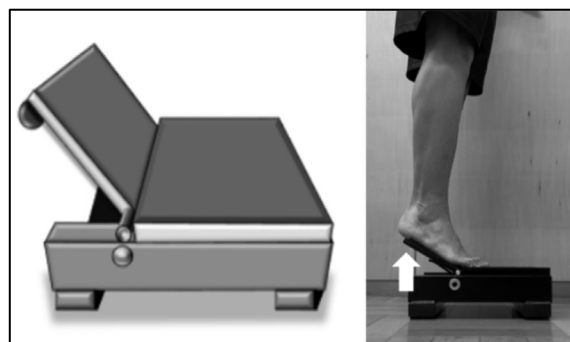


図 3：立位踵上げ運動装置

その結果、介入群では底屈運動速度と底屈筋力のいずれも有意に向上し、それに伴い歩行速度の改善が得られた。また、運動介入の継続率・遵守率はいずれも高く、本プログラムの実行可能性が確認された。以上より、機器を用いた高速・遠心性カーブレイズは、高齢者の足関節底屈機能および歩行速度を改善する効果的かつ実用的な介入方法であることが明らかとなった。

【研究 4：介入研究② 足関節他動運動装置を用いた介入が高齢者の歩行に与える即時効果】

身体機能や運動意欲の低下した高齢者の中には、運動を自発的に実施、継続することが難しい者も少なくない。そこで、随意運動を必要としない「他動運動」によって底屈運動速度の向上が得られれば、より多くの高齢者に適用可能な介入方法となると考えられる。そこで本研究では、他動運動装置を用いた高速度かつ反復的な足関節底背屈運動を行うことで、底屈運動速度および歩行機能に即時的な改善が得られるかを検証した。介護施設入所中の高齢者 10 名を対象として、高速度他動反復運動装置を用いた 100 回/分の足関節他動運動条件（5 分間）と、安静座位条件（5 分間）をそれぞれ実施し、各条件の介入前後で歩行速度および足関節底屈機能を測定した。その結果、他動運動条件において足関節底屈運動速度は介入前後で有意に向上した。歩行速度については有意差には至らなかったものの、有意傾向（ $p=0.07$ ）がみられ、他動的な高速度刺激であっても歩行機能の改善につながる可能性が示された。

追加実験として、介護施設通所中の高齢者 10 名を対象に、他動運動介入に同期して腓腹筋への低周波刺激を与えたところ、介入前後で底屈運動速度と歩行速度のいずれも有意に改善し、大きな効果量が得られた。このことから、自動運動が難しい対象においても、足関節に対する高速度かつ反復的な他動運動を行うことで、短時間で歩行機能の向上が得られる可能性が示唆された。

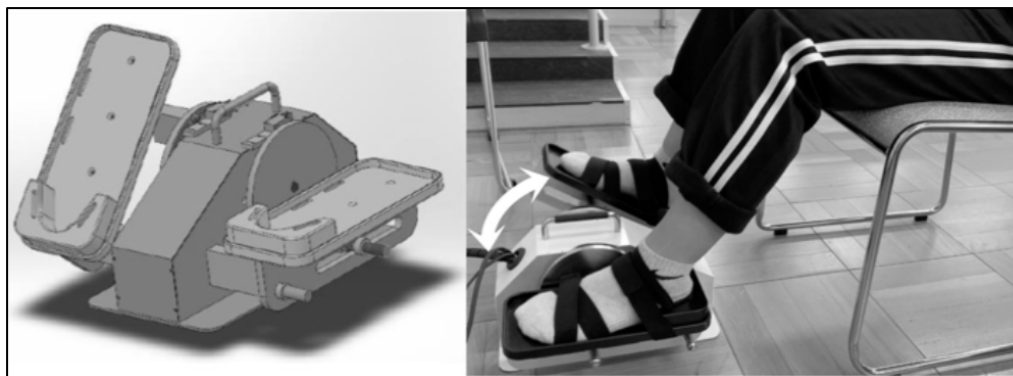


図 4：足関節他動運動装置

【さいごに】

これら一連の結果から、高齢者の歩行機能には足関節底屈運動速度が強く関与しており、歩行機能の改善を目指すうえで底屈運動速度に焦点を当てた介入が有効であることが示された。すなわち、今後の歩行リハビリテーションでは、従来の筋力増強に加えて、運動速度向上を目標の一つとして位置づけることが、高齢者の歩行機能をより効率的に向上させる鍵になると考える。今後は、これらの介入戦略を基盤として、より実行可能性の高いプログラムへと発展させ、幅広い高齢者に提供できる形で社会実装していきたい。