

研究報告



高齢者の膝伸展グレーディング能力*

平井達也¹⁾・渡邊紀子¹⁾・星野雅代¹⁾・河合裕美¹⁾・上野愛彦¹⁾
井上大輔¹⁾・牧 公子¹⁾・原田隆之¹⁾・千鳥司浩²⁾・下野俊哉³⁾

【要 旨】

日常生活活動では、複雑で合目的な運動調節が求められる。加齢に伴い、その調節機能は低下すると考えられる。今回、我々は高齢者における等尺性膝伸展運動の調整能力―グレーディング能力―を若年者と比較・検討した。健康な若年者15名、高齢者15名に対し、坐位にて膝伸展最大筋出力の20%、40%、60%、80%の各目標値に対する主観的出力を測定した。各主観的出力の最大筋出力に対する割合をグレーディング値とし、ICC、95%CIにて測定値の信頼性を確認した後、1) グレーディング値、2) 各目標値に対する絶対誤差、3) 各目標値間のグレーディング値の差、4) 変動係数(CV)について検討した。グレーディング値、絶対誤差ともに全ての段階で高齢群と若年群に有意差を認めなかった。各目標値間のグレーディング値の差は、60%と80%の間において高齢群の方が少ない傾向にあり、若年群の方が理想値である20%により近い値であった。CVは、80%において高齢群の方が有意に高い値であった。以上のことから、若年者に比べ高齢者ではグレーディング能力が低下する傾向にあることが示唆された。

キーワード：高齢者・膝伸展運動・グレーディング能力

はじめに

日常生活活動は非常に複雑な運動であり、合目的な制御が要求される。制御が適切に行えなかった場合、転倒などにつながる可能性がある。特に高齢者では転倒が増加し、さまざまな身体機能、運動機能との関連性¹⁻³⁾について検討されているが、高齢者の運動調節機能についての報告は少ない。

身体運動が合理的に調整されるためには、「適切な骨格筋」に、「適切な量」のインパルスが、「適切な時刻」に、神経系によって供給されなければならない⁴⁾。

「適切な量」を調整する能力はグレーディング能力と呼ばれ、「つもりと実際の対応関係」、つまり、自分が主観的に出力した量を客観的な量と一致させることができる能力と定義されている⁵⁾。グレーディング能力に関する先行研究⁶⁻⁸⁾においては若年成人およびアスリートに対し、走る、跳ぶ、投げるなどダイナミックな運動を用いたグレーディング能力を検討しているが、理学療法分野における主な対象者である高齢者や、より低いレベルでの運動についての検討は見られない。

本研究の目的は、高齢者の膝伸展運動におけるグレーディング能力について健康若年者と比較・検討することである。

* Grading Ability of Force in Isometric Knee Extension on the Elderly

- 1) 医療法人田中会西尾病院リハビリテーション科
Department of Rehabilitation, Nishio Hospital
Tatsuya HIRAI, RPT, Noriko WATANABE, RPT
Masayo HOSHINO, RPT, Hiromi KAWAI, RPT
Naruhiko UENO, RPT, Daisuke INOUE, RPT
Kimiko MAKI, RPT, Takayuki HARADA, RPT
- 2) 中部学院大学リハビリテーション学部
Chubu Gakuin University
Kazuhiro CHIDORI, RPT
- 3) 星城大学リハビリテーション学部
Seijoh University
Toshiya SHIMONO, RPT

対象と方法

対象は、全て健康女性で若年群15名(平均年齢 24.7 ± 4.4 歳)、高齢群15名(平均年齢 71.0 ± 5.1 歳)とし、神経学的疾患、運動器の著明な変形・疼痛および心疾患を有さず、また、それらの既往が無い者とした。高齢者に関しては、HDS-Rが25点以上で、日常生活が自立している者とした。尚、対象者には、本研究の概要を説明し、同意を得た。

実験手続きとして、プレテスト1, 2を行った後、本実験を行った。

プレテスト1：グレーディングの概念の確認

グレーディングとは段階付けであり、この概念に問題がないことを確認するため、目盛の付いていない20cmの線分を用い、左端を0%、右端を100%として、20%、40%、60%、80%と思う位置にペンにて目盛付けを行った。目盛付けの順番は、検者の指示によりランダムに行った。t検定の結果、絶対誤差において群間に有意差は認められなかった。また、順序の誤りはみられなかった(表1)。

表1 線分グレーディングの絶対誤差

	20%	40%	60%	80%
若年群	3.9 ± 3.5	5.8 ± 4.1	4.9 ± 2.2	4.3 ± 4.3
高齢群	8.3 ± 5.0	5.8 ± 5.6	5.4 ± 4.4	6.9 ± 6.3

単位：mm

プレテスト2：最大筋出力の安定性の確認

日常では行わない運動である等尺性膝伸展運動への慣れとパフォーマンスの安定性を確認するため1日3回、3日間、最大筋出力を測定した。測定下肢は被験者毎にランダムに決定した。1日目～3日目までの変動係数(CV)の平均±SDは、若年群10.3±5.8、高齢群7.8±4.6であり、t検定による群間比較において有意差は認められなかった。

以上のプレテストの結果、参加者全員においてグレーディングの概念に問題は無く、安定したパフォーマンスが可能であることが確認され、本実験を行った。

本実験：筋力グレーディング

<測定条件>

背もたれなし、足底非接地の端座位膝90°屈曲位でハンドヘルドダイナモメーター(OG技研社製アイソフォースGT-300)を下腿遠位部にあて、ベルトにてベッド脚に固定し、等尺性膝伸展筋力を測定した(図1)。測定下肢はプレテスト2で出力を行った下肢とし、最大筋出力を3回測定した。最大筋出力を100%と規定し、目標値のスケールを視覚提示しながら、隣り合う目標値が連続しないよう考慮したA(40%→80%→20%→60%)もしくはB(60%→20%→80%→40%)の2パターンを被験者毎にランダムに適応し、各目標値に対する主観的出力を測定した。検者の合図により出力を開始し、指示された目標値になったと思うところで被

視覚提示

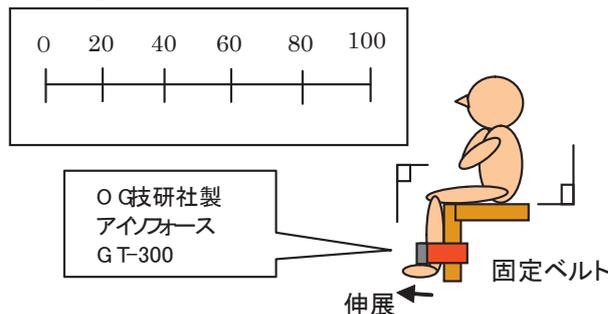


図1 測定条件

験者に合図するよう求め、約5秒間保持するよう指示した。被験者が失敗したことを申告した場合、もしくは明らかに5秒間保持できなかった場合は再度測定し、3回の測定値が得られた時点で終了とした。データはPCに取り込み、5秒間安定しているのを確認した後、合図した時点のデータを用いて最大筋出力に対する割合を算出し、グレーディング値(%)とした。

<信頼性の確認>

データの解析を行う前に、グレーディング値を用いて、級内相関係数ICC(1, 1)と95%信頼区間にて信頼性を確認した。結果、若年群は0.85～0.92、高齢群は0.91～0.94であり、高い信頼性が得られた。また、グレーディング値の平均値は全ての目標値で95%信頼区間内であった(表2)。

表2 測定データと信頼性

信頼性	目標値	平均値	標準偏差	ICC(1, 1)	95%CI
若年群	20%	23.1	12.5	0.89	16.2-30.1
	40%	33.2	13.4	0.85	25.8-40.6
	60%	39.7	14.9	0.92	31.1-47.6
	80%	53.4	16.2	0.90	44.4-62.3
	*100%	44.9	11.0	0.90	38.9-51.0
高齢群	20%	28.5	15.4	0.91	19.3-37.8
	40%	34.9	14.5	0.94	24.0-45.7
	60%	47.8	18.5	0.92	34.9-58.0
	80%	49.5	20.2	0.91	37.8-61.3
	*100%	33.8	9.4	0.94	29.1-39.5

平均値：% 95% CI：95%信頼区間 * 100%のみ kgf

<データ分析>

得られたデータから、1) グレーディング値、2) 目標値とグレーディング値の絶対誤差(以下、絶対誤差)、3) 各目標値間のグレーディング値の差(例、

40%のグレーディング値から20%のグレーディング値を引いた値), 4) 個人内における変動係数(以下, CV)を算出し, Mann-Whitney U testにて群間比較を行った. いずれも, 有意水準を5%未満とした.

結果

1) グレーディング値(%)

若年群/高齢群の順に, 20%は $23.1 \pm 12.5/28.5 \pm 15.4$ ($P=0.35$), 40%は $33.2 \pm 13.4/34.9 \pm 14.5$ ($P=0.76$), 60%は $39.3 \pm 14.9/44.2 \pm 18.5$ ($P=0.72$), 80%は $53.4 \pm 16.2/49.5 \pm 20.2$ ($P=0.66$)であり, 全ての目標において群間における有意差はみられなかった(図2).

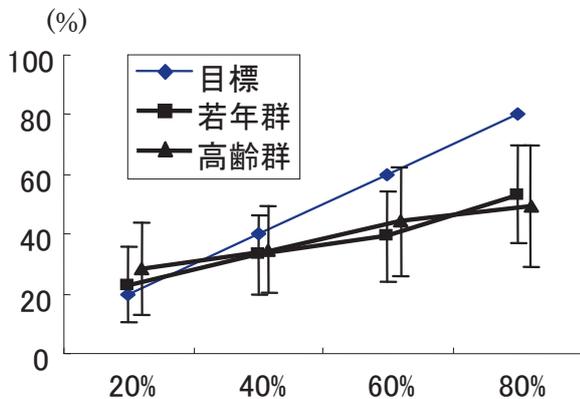


図2 グレーディング値

2) 絶対誤差(%)

若年群/高齢群の順に, 20%は $10.6 \pm 7.0/13.5 \pm 12.6$ ($P=0.85$), 40%は $12.9 \pm 7.1/15.4 \pm 12.7$ ($P=0.95$), 60%は $21.9 \pm 12.9/20.1 \pm 15.4$ ($P=0.72$), 80%は $27.6 \pm 14.4/31.4 \pm 19.7$ ($P=0.72$)であり, 全ての段階において群間による有意差はみられなかった(図3).

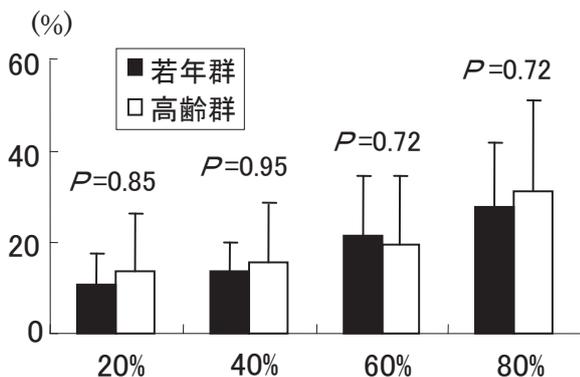


図3 グレーディング値の絶対誤差

3) 各目標値間のグレーディング値の差

若年群/高齢群の順に, 20%と40%の差(単位は%)は $10.1/6.3$ ($P=0.27$), 40%と60%の差は $6.1/11.6$ ($P=0.30$), 60%と80%の差は $14.0/4.4$ ($P=0.05$)であった. 60%と80%の差においてのみ高齢群の方が少ない傾向にあった(図4).

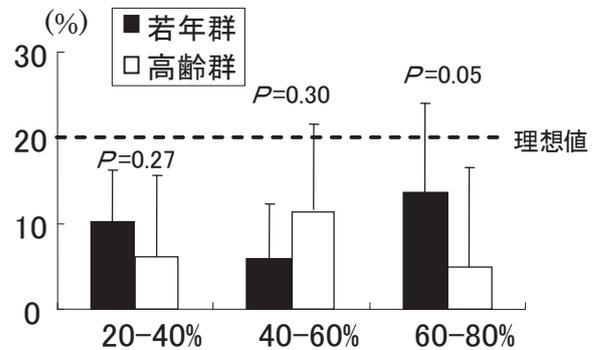


図4 各目標値間のグレーディング値の差

4) 変動係数(CV)

若年群/高齢群の順に, 20%は $15.2/13.3$ ($P=0.47$), 40%は $15.2/11.9$ ($P=0.10$), 60%は $9.5/13.1$ ($P=0.19$), 80%は $9.3/12.4$ ($P=0.03$)であり, 80%で高齢群の方が有意に高い値を示した(図5).

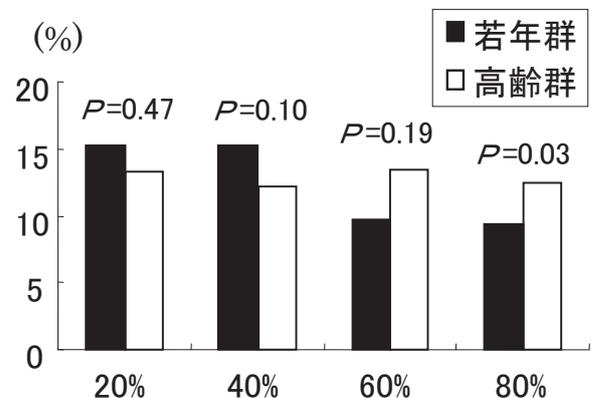


図5 各目標値における変動係数(CV)

考察

グレーディング測定の信頼性について

グレーディング測定の信頼性については, 先行研究で詳細に述べられているものはない. また, 今回行った膝伸展運動のグレーディング測定は独自で考案したため, 信頼性の確認が必要であった. ハンドヘルドダイナモメーターを使用した等尺性膝伸展筋力測定の信頼性については, 諸家の報告^{9, 10}がみられ, 固定ベルトを使用し, 2回の測定で高い信頼性が得られるとされている. これらは, 最大筋

出力の測定について考慮した方法ではあるが、本研究では、これらの方法に準じ、固定ベルトを用い、3回測定した。結果、高い級内相関係数を示し、また、平均値は95%信頼区間内にあり、個人の平均値、および、群間比較の際に平均値を用いるのは妥当性があると考えられた。

高齢者のグレーディング能力について

本研究の結果、グレーディング値は、両群とも目標値が高くなる、つまり要求される出力が高くなるに依り、実際の出力は目標値より大きく下回る傾向にあった(図2)。若年成人やアスリートについて調査した先行研究の結果⁶⁻⁸⁾は、低い目標値では誤差が大きく、目標値が高くなるに依り、誤差が少なくなっており、我々の結果と対照的であった。この理由についての詳細は不明であるが、先行研究のダイナミックで速い運動形態では、運動中に生じた感覚情報に基づいて運動調節が出来ず、フィードフォワード制御が主に使われる。一方、今回用いた等尺性膝伸展運動は、運動中に感覚情報を受け取り調節するフィードバック制御が可能であり、この違いが対照的な結果を生み出したと考えられる。また、グレーディング値及び絶対誤差の若年群と高齢群の比較においては、両群ともに有意差はみられなかった。これは高齢群において個人間のバラつきが大きいためであると考えられた。高齢者においては、身体機能の個人差が大きくなるとの指摘¹¹⁾は以前からされており、高齢者のグレーディング能力について評価する際、高齢者を一集団として扱うことは、個体差を相殺することになり、問題があると考えられた。そこで、視点を変えた見方が必要であると考え、各目標値間のグレーディング値の差およびCVについて検討した。各目標値間のグレーディング値の差について、例えば20%と40%のグレーディング値の差は20%であることが理想的であるが、両群とも全てのグレーディング値間で理想値(20%)を下回っていた。群間の比較では、60%と80%の差において、高齢群の方が少ない傾向にあり、若年群の方が理想値である20%に近い傾向であった。高齢群は60%の値が80%を上回る者が多くみられた。このことから、高齢者では、少なくとも出力の大小を段階付ける能力に問題を呈している者が多くなることが示唆された。また、個人内の測定値のバラつきを示すCVにおいて、若年群では主観的努力度が上がると低下し、高齢群ではほぼ一定の値を示し、結果として80%で有意差を認めた。80%のみにおいて、若年群の方が一貫性が高いパフォーマンス

を示したものと考えられた。

以上のことから、高齢者の膝伸展運動におけるグレーディング能力は若年者に比べ若干低下していることが示唆された。

グレーディングに必要な身体機能について

グレーディング能力とは、最大出力に対する割合を段階付けて出力する能力である。一般に運動制御とは、脳内の多数の部位が有機的に連絡しつつ、運動の企画から構成、組み立て、その遂行のための出力段階へと進行する過程であるとされている¹²⁾。この実際の運動出力の前段階で行われる運動の構成や組み立て(運動プログラム、運動イメージ)には個人差があり、その個人差が生じる原因、つまり随意運動の出力過程に含まれる一つ一つのシステムが、グレーディング能力に影響を与えると考えられる。これらのことから、グレーディング能力の問題に対して、1) 出力予測である運動イメージ、2) 身体に向ける注意、3) 感覚運動記憶、4) 運動制御などの作業仮説が立てられる。これらの仮説に対しては、今後さらに検証していく必要がある。

運動機能の加齢変化とその評価について

運動機能の加齢変化については、一般的に最大歩行速度、最大下肢筋力ともに低下すること¹³⁾が知られており、臨床や介護予防におけるアウトカムの重要なパラメータとして挙げられる。日常生活活動における筋活動について、伊東ら¹⁴⁾は、高齢者において歩行に必要な筋出力は最大筋出力の10~20%、立ち上がりでも30%程度であるとしており、歩行をはじめ日常生活動作における複雑な運動を考慮すると、調整能力の評価も重要であると考えられる。渡邊ら¹⁵⁾は、健常若年群と高齢群における膝伸展運動の最大筋出力とグレーディング能力の相関について調査し、若年群は中等度の相関が得られたのに対し、高齢群では相関は低かったとしている。これらのことから、高齢者では、膝伸展運動において調整能力は独立した因子である可能性があり、最大筋出力とは別に評価されるべき項目であると考えられる。現在、臨床現場で実施可能な調整能力の評価のバリエーションは非常に少ないことから、調整能力に焦点を当て、様々な運動課題について検討していく必要があると考えられる。

まとめ

健常高齢者の膝伸展筋力のグレーディング能力について健常若年成人と比較・検討した。結果、

グレーディング値および絶対誤差に統計学的な有意差は見られなかったが、高齢群では、個人内でのバラつきが大きくなり、段階間の差が低下する傾向にあった。このことから、高齢者ではグレーディング能力が若干低下することが示唆された。今後、様々な運動形態におけるグレーディング能力を調査し、高齢者の運動調節機能の特性を明らかにしていく必要があると考えられた。

【参考文献】

- 1) 鈴木隆雄, 杉浦美穂・他：地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究－5年間の追跡研究から－. 日老医誌36(7)：472-478, 1999.
- 2) 島田裕之, 大淵修一・他：施設利用高齢者のバランス機能と転倒との関係. 総合リハ28(10)：961-966, 2000.
- 3) 田井中幸司, 青木純一郎：在宅高齢女性の転倒経験と体力. 体力科学56：279-286, 2007.
- 4) 猪飼道夫：日本人の体力. 第5版, 日本経済新聞社, 1968.
- 5) 大築立志：主観による物理的出力の制御特性一つもりと実際の対応関係－. バイオメカニズム研究9(3)：149-160, 2005.
- 6) 村木征人, 稲岡純史：跳躍運動における主観的強度(努力度合)と客観的出力との関係. スポーツ方法学研究9(1)：73-79, 1996.
- 7) 伊藤浩志, 村木征人：走, 跳, 投動作のグレーディング能力に関する研究. スポーツ方法学研究10(1)：17-24, 1997.
- 8) 金子元彦, 村木征人・他：打動作における主観的努力度と客観的達成度の対応関係. スポーツ方法学研究12(1)：25-32, 1999.
- 9) 山崎裕司, 長谷川輝美・他：固定用ベルトを装着したダイナモメーターによる等尺性膝伸展筋力の測定－検者内再現性の検討－. 高知リハビリテーション学院紀要3：7-11, 2001.
- 10) 杉原敏道, 田中基隆・他：ハンドヘルドダイナモメーターを用いた筋力測定の信頼性に関する検討. Rehabilitation Research 3：1-4, 2007.
- 11) 丸山仁司：虚弱高齢者の体力. 理学療法19(9)：984-989, 2002.
- 12) 丹治順：運動意志の発現. In：認識し行動する脳, 伊藤正男・佐伯胖編. 東京大学出版会, 東京：pp91-92, 1997.
- 13) 木村みさか：高齢者への運動負荷と体力の加齢変化および運動習慣. JJ Sport Sci, 10：722-728, 1991.
- 14) 伊東元, 田中繁・他：筋活動からみた膝関節機能評価. リハ医学19：159-164, 1982.
- 15) 渡邊紀子, 平井達也・他：膝伸展運動におけるグレーディング能力と最大筋出力との比較. 第22回東海北陸理学療法学会大会誌：135, 2006.