始めに保持する力の有無が出力のグレーディング特性に及ぼす影響

○大高 千明（奈良女子大学）

藤原 素子（奈良女子大学）

The effect of force level condition before controlling on the characteristics of grading

Chiaki OHTAKA (Nara Women’s University),

Motoko FUJIWARA (Nara Women’s University)

1. はじめに

目的にかなった動作を巧みに遂行するためには、状況に応じて自らの出力を正確にグレーディングする能力が非常に重要なスキルとなる（大築, 1988）。グレーディング能力に関する基礎的な研究では、完全に脱力した状態からの出力調節課題を用いて、筋活動様式やパフォーマンス特性（正確性、素早さ）について示されているものが多い（Ohtaka et al., 2018; Park et al., 2016）。

一方、最大努力での力発揮における研究では、反応前に保持する力の有無による特性の違いについて検討されており、予備的な持続的筋収縮（予備収縮）を伴う方が、完全に脱力した状態よりも素早い反応が可能になることが報告されている（木村他, 2001）。このことから、グレーディング時に関しても調節前に保持する力の有無によって異なる特性を示すことが考えられる。

そこで本研究は、始めに保持する力の有無が随意的な力発揮におけるグレーディング特性（正確性、素早さ）に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

被験者は下肢に傷害歴のない成人女性10名（21.7±1.3歳）を被験者とした。実験にあたって奈良女子大学研究倫理審査委員会の承認を得た。被験者は事前に実験についての説明を受け、参加を承諾した。

課題は、右脚による等尺性脚伸展動作を用いた素早い出力調節とした。各被験者の最大随意収縮力（MVC）を基準に、調節前は力を保持せず完全に脱力した状態（スタートレベル0%MVC）から、3段階のターゲットレベル（20%、40%、60%MVC）へ調節する条件と、調節前に力を保持した状態（スタートレベル10%MVC）から、3段階のターゲットレベル（30%、50%、70%MVC）へ調節する条件を設定した。2種類のスタートレベルから、それぞれ3

段階へのグレーディングを課題とし、スタートレベルからターゲットレベルまでの出力変化量（20%、40%、60%MVC）を統一し、比較を行った（表1）。

表1 出力変化量と各レベルの関係

変化量 Magnitude	Force level (%MVC)	
	スタートレベル	ターゲットレベル
	Start level	Target level
20%	0	20
	10	30
40%	0	40
	10	50
60%	0	60
	10	70

ひずみ計により測定した発揮張力を1000Hzで記録し、以下の項目について分析を行った。正確性については、目標となる各出力変化量（20%、40%、60%MVC）と各被験者のMVCで相対値化した張力平均値（%MVC）との恒常誤差（CE）、絶対誤差（AE）、変動誤差（VE）をもって評価した。素早さについては、反応時間（RT）、調節時間（AT）、張力調節速度（RFD）およびその到達時間（time to RFD）を算出した。

統計処理は、各変数でスタートレベル（0%、10%MVC）と出力変化量（20%、40%、60%MVC）を要因とした二元配置分散分析を用いて検討し、Bonferroniの多重比較を行った。分散分析に先立ちKolmogorov-Smirnovの正規性の検定を行い、ノンパラメトリックなデータが含まれている場合は、Mann-WhitneyのU検定もしくはKolmogorov-SmirnovのZ検定、Friedman検定を用いた。なお、全ての検定における有意水準は5%未満とした。

3. 結果

各変数について、二元配置分散分析を行った結果について表2に示した。恒常誤差では、出力変

化量に有意な主効果が認められ (F (2, 32) = 11.415, $p < 0.001$)、出力変化量20%が40%、60%よりもプラス方向に有意に大きかった (いずれも $p < 0.01$)。絶対誤差については、交互作用および有意な主効果は認められなかった。変動誤差については、出力変化量に有意な主効果が認められ (F (2, 32) = 4.374, $p < 0.05$)、変化量60%が20%よりも有意に大きな傾向がみられた ($p < 0.1$)。

反応時間に関して、スタートレベル間の差を検討したところ、出力変化量20%、40%においては、スタートレベル0%が10%よりも有意に長かった (Kolmogorov-Smirnov: $p < 0.1$, Mann-Whitney: $p < 0.1$)。出力変化量間の差を検討したところ、スタートレベル0%において、出力変化量20%、40%が60%よりも有意に長かった (Friedman: $p < 0.01$)。調節時間については、交互作用 (F (2, 32) = 7.216, $p < 0.01$) および出力変化量の主効果 (F (2, 32) = 106.417, $p < 0.001$) が有意であり、出力変化量 20% < 40% < 60% となった (スタートレベル10%の出力変化量40%: $p < 0.01$, その他: $p < 0.001$)。

RFDについては、交互作用 (F (2, 32) = 12.445, $p < 0.01$) および出力変化量の有意な主効果 (F (2, 32) = 95.493, $p < 0.001$) が認められ、スタートレベル10%が0%よりも有意に大きく (出力変化量20%: $p < 0.05$, 40%, 60%: $p < 0.01$)、出力変化量20% < 40% < 60% となった (スタートレベル0%での出力変化量40%と60%: $p < 0.01$, その他: $p < 0.001$)。Time to RFDについては出力変化量に有意な主効果が認められ (F (2, 32) = 33.991, $p < 0.001$)、出力変化量20% < 40% < 60% となった (出力変化量40%と60%: $p < 0.05$, その他: $p < 0.001$)。

表2 分散分析の結果 (ns: no significant)

	Magnitude	Start level
CE	20% > 40%, 60%	ns
AE	ns	ns
VE	20% < 60%	ns
RT	20%, 40% > 60% (start level 0%)	0% > 10% (magnitude 20%, 40%)
AT	20% < 40% < 60%	ns
RFD	20% < 40% < 60%	0% < 10%
Time to RFD	20% < 40% < 60%	ns

4. 考察

正確性に関しては、恒常誤差、変動誤差において、出力変化量間では差がみられたが、全ての誤差において、スタートレベル間での有意差はみられなかった。このことから、始めに保持する力の有無によって、グレーディングの正確性は変わらないことが明らかとなった。

素早さに関して、スタートレベル0%の場合は、グレーディングの先行研究を支持し (Haagh et al., 1987; Ohtaka et al., 2018)、出力変化量に依存して反応時間は短縮し、調節時間が延長することが確認された。スタートレベル10%では、調節時間は出力変化量に依存して長くなったが、反応時間では、出力変化量20%、40%において、スタートレベル10%が0%よりも短かったことから、比較的小さい力を調節する場合に、始めに力を保持した状態から調節するほうが素早く調節を開始させることが可能であることが明らかとなった。

これらのことから、本研究では、始めに保持する力の有無がグレーディング特性に及ぼす影響について検討したところ、グレーディングの正確性は変わらなかったが、調節開始の素早さに影響を及ぼし、始めに力を保持した状態から調節するほうが素早い反応が可能であることが示された。

参考文献

1) Haagh et al. : “Fractioned reaction time as a function of response force”, Acta Psychologica, Vol.66, pp.21-35, 1987.

2) 木村 憲他 : “自由に決定された力発揮レベルの予備的筋収縮が反応時間に及ぼす影響”, 日本生理学雑誌, Vol. 8, pp.93-98, 2001.

3) Ohtaka et al. : “ Force control characteristics for generation and relaxation in the lower limb”, Journal of Motor Behavior, Vol.51, pp.331-341, 2018.

4) 大築 立志 : “「たくみ」の科学”, 東京, 朝倉書店, 1988.

5) Park et al. : “Motor control differs for increasing and releasing force”, Journal of Neurophysiology, Vol.115, pp.2924-2930, 2016.