

Nara Women's University

随意的な出力増加および減少時の張力制御特性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-06-09 キーワード (Ja): 身体活動, 等尺性力発揮動作によるグレーディング課題, 膝関節伸展動作, 肘関節屈曲動作 キーワード (En): 作成者: 大高, 千明 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10935/4552

(別紙1)

論文の内容の要旨

氏名	大高千明		
論文題目	随意的な出力増加および減少時の張力制御特性		
審査委員	区分	職名	氏名
	委員長		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
内容の要旨			
<p>本論文は、等尺性力発揮動作によるグレーディング課題を用い、ヒトの身体運動における随意的な出力調節について、正確性や素早さのパフォーマンス特性および調節方略を導き出し、体系的に示すことを目的としている。具体的には、肘関節屈曲動作と膝関節伸展動作による段階的な出力調節課題を用い、パフォーマンスとしての出力の正確さ、素早さ、および発揮張力波形から調節方略について検討した。そして、1) 随意的な出力増加および減少時におけるパフォーマンス特性および調節方略についての比較、2) 出力調節における主観と客観の関係、3) 出力調節の様式がパフォーマンスに及ぼす影響、の3点について検討を行った。</p> <p>第1章では、随意的な力発揮に関する先行研究の着眼点について整理し、正確で素早い出力調節の重要性、出力制御のフィールド研究および基礎研究から検討すべき課題を挙げた。また、本論文で用いた運動課題について設定した根拠を示したうえで、キーワードとなる「出力方向」「出力変化量」「出力様式」について定義し、本研究の目的と仮説を示した。</p> <p>第2章から第4章では、出力の増加課題として最大随意収縮力の0%から20%、40%、60%への調節を、出力の減少課題として最大随意収縮力の60%から40%、20%、0%への調節を用いて実験を行った。これらの異なる変化量へのグレーディング課題における随意的出力増加時および減少時の発揮張力の正確性、素早さ、および調節方略について検討した。第2章では、上肢の等尺性肘関節屈曲力発揮動作による随意的な出力増加および減少時の張力制御特性について調べた。その結果、ターゲットレベルに対する正確性については、特に僅かな変化量の調節において、減少時は増加時よりも正確性が低下すること、素早さについては、調節時間は増減時ともに変化量に依存して延長し、反応時間は増加時が減少時よりも長くなることが示された。調節方略については、増減時ともに、速度・時間調節方略および時間調節方略の2つの調節方略が示され、増加時と減少時で主に用いる方略が異なることが明らかとなった。さらに、張力調節最高速度の大きさおよびその出現タイミングが、素早く正確に力</p>			

を減少することの困難さに影響している可能性が示唆された。また、主観と客観の対応関係については、出力の増減時ともにベキ関数関係が成り立ち、減少時が増加時よりも主観と客観のズレが大きいことが示された。

第3章では、下肢の等尺性膝関節伸展力発揮動作による随意的な出力増加および減少時の張力制御特性について調べた。その結果、ターゲットレベルに対する正確性については、僅かな変化量の調節時に出力の増加時および減少時ともに正確性が低下し、かつ出力の減少時は増加時と比較して誤差が大きいこと、素早さについては、出力の増減時ともに反応時間は変化量に依存して短縮し、調節時間は延長することが示された。調節方略については、出力の増減時ともに、速度・時間調節方略および時間調節方略の2つの調節方略が示され、増加時と減少時で主に用いる方略が異なっており、上肢よりも顕著な違いがみられることが明らかとなった。また、主観と客観の対応関係については、上肢と同様、出力の増減時ともにベキ関数関係が成り立ち、減少時が増加時よりも主観と客観のズレが大きいことが示された。

第2章および第3章では、出力方向（増加、減少）および出力変化量（20%、40%、60%）を要因として、上肢と下肢それぞれの特性について知見を示したが、上肢と下肢それぞれの機能特性や絶対的な力レベルの大きさを踏まえると、出力調節の再現性、素早さ、を含め張力調節過程は異なることが考えられる。

そこで第4章では、第2章および第3章の結果を踏まえ、上肢と下肢の比較から、出力調節の正確性および素早さ、調節方略について検討することを目的とした。出力の増加時および減少時それぞれにおいて、体肢（上肢、下肢）および出力変化量（20%、40%、60%）について比較し、また、上肢と下肢における同じ変化量において、出力方向（増加、減少）による比較を行い、体系的に検証した。その結果、ターゲットレベルに対する正確性については、増加時には絶対誤差および変動誤差について全ての変化量で上肢が下肢よりも大きく、減少時には、全ての変化量で恒常誤差が上肢は下肢よりもマイナス方向に大きく、変動誤差は上肢が下肢よりも大きかった。つまり、上肢は下肢よりも、出力の増加時と減少時ともに正確性および再現性は低下することが明らかとなった。素早さについては、反応時間は上肢および下肢ともに出力の増減時には変化量が多い場合に短縮し、またいずれの変化量においても、出力の減少時が増加時よりも短縮することが示された。また、調節時間については、上肢および下肢を総じて調節時間は変化量に比例して延長することが示された。調節方略については、増加時および減少時ともに、全ての変化量において下肢の張力調節最高速度が上肢よりも大きく、張力調節最高速度到達時間については、差異はみられなかった。さらに、主観と客観の対応関係については、上肢と下肢総じて、出力の増加時はベキ指数がほぼ1であったのに対して、出力の減少時にはベキ指数が1を超えた。すなわち、変化量（主観的強度）の一定量の増加を引き起こす出力増加量は、力レベル（客観的強度）が大きいほど小さくなることが示された。

第5章では、減少から増加への出力方向の切り換えを含む出力調節を課題とし、動作開始時の力レベルと目標とする力レベルの大きさが出力調節に及ぼす影響について検討した。ここでは動作開始時と目標とする力レベルを複数設定し、目標とする力レベルが小さい場合に正確性は低下すること、また動作開始時の力レベルが大きい場合に正確性が低下することを示した。また、切り換え時に特有にみられる張力調節の休止期が、動作開始時の力レベルが大きい場合、すなわち脱力量が大きい場合に長くなることについても明らかにした。

第6章では、本研究で得られた知見に基づき、随意的な出力増加および減少時の張力制御特性について総合的な考察と仮説の検証を行った。出力増加および減少時のパフォーマンス結果を比較したことにより、出力を正確に減少させることが出力を増加させることよりも難しい要因については、ベキ指数で評価した主観と客観のズレが増加時よりも減少時に大きくなること、また力の調節量にかかわらず減少時は増加時よりも張力調節最高速度が大きいことに加えて、その到達時間が短くなることから明らかにした。さらに、随意的な出力増加および減少時の出力調節におけるモデルを示し、素早く正確な出力制御のための方略を提言して結語とした。

(別紙2)

論文審査の結果の要旨

氏名	大高千明		
論文題目	随意的な出力増加および減少時の張力制御特性		
審査委員	区分	職名	氏名
	委員長		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
	委員		印
要旨			
<p>ヒトが巧みに動作を遂行するためには、身体が目的にかなった動きをするように筋収縮を調節する随意的能力であるスキルが重要となる。スキルの要素としては、正確さと素早さの2つが評価しうる指標として挙げられるが、目的とする動作を正確に遂行するためには、正確さの中でも場面に応じた適切な力を発揮するグレーディング能力が重要である。運動出力をグレーディングするときの出力方向は増加と減少の2方向であるが、日常動作、特にスポーツ動作においては、出力を増やすことのみならず減らすことにおいても正確に調節することが求められる。しかしながら、筋出力制御に関するこれまでの研究では、力を増加する課題を用いたものが多く、力を抜くことに関する研究は少ないのが現状である。力の増加と減少時のパフォーマンスに関しては、いくつかのレビューで力制御およびタイミング制御ともに目標水準との誤差は力の減少時が増加時よりも大きくなることが示されているが、同じ被験者を用いて段階的な出力調節を課題とし、出力の増加と減少を体系的に比較検討した研究はない。そして、これらの研究においては、出力の減少時は出力の増加時とは異なるプロセスで調節されていることが</p> <p>推察されているものの、出力減少時の調節方略や出力の増減時におけるパフォーマンスの違いについての明白な根拠については未だ不明瞭な点が多い。</p> <p>本論文は、等尺性力発揮動作によるグレーディング課題を用い、ヒトの身体運動における随意的な出力調節について、正確さや素早さのパフォーマンス特性および調節方略を導き出し、体系的に示したものである。具体には、肘関節屈曲動作と膝関節伸展動作による段階的な出力調節課題を用い、パフォーマンスとしての出力の正確さ、素早さ、および発揮張力波形から調節方略について検討している。論文は、序章である第1章と出力増加および減少時におけるパフォーマンス特性および方略特性についての体系的な比較および出力調節にお</p>			

る主観と客観の関係について検討した第2章から第4章、出力調節の様式がパフォーマンスに及ぼす影響について検討した第5章、そして総括論議としての第6章から成っている。

本研究において、評価すべき点は次の3点である。

まず1点目は、これまでの出力制御研究においては出力の増加に関する研究が多数を占めるのに対し、出力の減少時の制御過程についても着目し、上肢と下肢の単関節運動を用いて体系的に検討したことである。第2章では上肢の等尺性肘関節屈曲動作を、また第3章では下肢の等尺性膝関節伸展動作を用いて、それぞれ最大随意収縮力の0%から60%の範囲で3段階の出力の増加と減少を課題とした。これらの章では、出力増加時と出力減少時の運動課題における変化量の大きさを複数段階設定することで、力の増減による違いだけでなく、変化量の大小によるパフォーマンス特性の違いについても検討している。また、調節方略については、張力波形における張力調節速度および張力調節最高速度とその到達時間についての解析から、増減時ともに速度・時間調節方略および時間調節方略の2つの制御方略が示され、増減時で主に用いる方略が異なることを明らかにした。そして第4章において、上肢と下肢の出力調節におけるパフォーマンスおよび調節方略の違いについて明らかにした。

2点目は、目標とする出力レベルと実際の出力レベルとの関係をベキ指数で捉えたことである。随意的な出力調節は自らの心理的尺度をたよりに遂行され、これまでに出力の増加においてはベキ関数関係が成立することが報告されているが、本論文においては力の減少時にもベキ関数関係が成り立つことを初めて明らかにした。そして、上肢と下肢ともに減少時のほうが増加時よりもベキ指数が大きいことを見出したことから、出力の減少時のほうが増加時よりも主観と客観のズレの度合いが大きくなることが示された。この結果は、増減時それぞれで同じ変化量を調節する場合、減少時のほうが増加時よりも自分の主観的な感覚よりも控えめな努力感で調節する必要があることを示唆しており、一定の変化量あたりの心理的尺度を一律の間隔で捉えるのではなく、増加時と減少時で、さらにそれぞれにおける変化量に応じて調節する必要があることを明示したといえる。

3点目は、出力調節の様式に着目し、出力方向の切り換えを含む課題と含まない課題における調節過程を調べたことである。第5章において、切り換えの有無による正確さ、素早さを詳細に評価したことに加え、一旦完全に脱力する切り換えを含む場合には張力調節の休止期が現れ、再出力量の大きさにかかわらず、脱力量が大きくなるほど張力休止時間は延長することが示された。また、脱力量が大きくなるほど再出力時の調節速度は大きくなり、調節時間は短縮されるがターゲットレベルに対する正確性は低下することが示された。これまでに、左右の体肢間での出力切り替え時に張力の休止期が生じることは報告されているが、本論文によって同一体肢における切り換え時にも休止期が生じることが明らかとなり、脳における運動プログラムの解明に対して示唆を与えるものとなった。

本研究はヒトの随意的出力調節に関する基礎的な研究であり、出力の増加時と減少時のパフォーマンスの違いを明確に示し、制御方略のモデルの構築を行ったことは、スポーツ科学におけるバイオメカニクス領域の運動制御研究に大きく貢献したといえる。今後、張力を生み出す筋活動についても調べることによって、素早く正確な出力調節時の中枢における運動プログラムの解明につながることを期待できる。また、本研究はフィールドへの還元においても重要な示唆を与えており、一般に言われている適度に力を抜くことの難しさについて、正確さと素早さのパフォーマンス特性および制御方略における増減時の違いから、その根拠を示したといえる。さらに、目標とする出力レベルと実際の出力レベルの関係においてベキ関数関係が成立することを証明し、運動遂行時の心理的尺度の設定に関する知見を示したことは、ヒトが実際のスポーツ場面で優れたパフォーマンス発揮を行ううえで重要な提言となるだろう。

なお、本論文の内容は、査読付きの学術誌（「Perceptual and Motor Skills」「体育学研究」ほか）に掲載された4篇の論文をもとにしたものであり、社会生活環境学専攻、人間行動学講座のスポーツ実験系分野の学位取得基準に関する内規を満たしている。

よって、本学位論文は、奈良女子大学博士（学術）の学位を授与されるに十分な内容を有していると判断した。