



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title 論文題目	運動イメージと腱振動刺激による求心性入力との統合で生じる運動知覚に関する研究
Author(s) 著者	柴田, 恵理子
Degree number 学位記番号	甲第 24 号
Degree name 学位の種類	博士 (理学療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2013-09-30
Original Article 原著論文	
Doc URL	
DOI	
Resource Version	

博士論文の内容の要旨

保健医療学研究科 博士課程後期 理学療法学・作業療法学専攻 スポーツ理学療法学分野	学籍番号 10DP02 氏 名 柴田 恵理子
論文題名 (日本語) 運動イメージと腱振動刺激による求心性入力との統合で生じる運動知覚に関する研究	
論文題名 (英語) The study of kinesthetic perception attend on integration of motor imagery and afferent inputs with tendon vibration	
<p> 動筋・拮抗筋関係にある筋への振動刺激を行った報告により、運動感覚が生成される背景には、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力統合されるようなメカニズムが存在する可能性が示唆される。さらに、振動刺激による運動錯覚と運動イメージを用いた報告などにより、筋紡錘からの求心性入力と運動イメージが統合されるようなメカニズムが存在する可能性も示唆される。しかし、運動感覚が生成される過程において、このような機構が同時に働くような状況下でどのように運動を知覚するのかは明らかでない。そこで本研究では、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力と運動イメージが同時に生じる状況下に着目し、それらが統合されることによって、知覚する運動にどのような変化が生じるのかを検証した。 </p> <p> 対象は健康な成人とし、対象側は左とした。実験課題として、様々な周波数条件で手関節掌屈筋と背屈筋に振動刺激を行い、それと同時に手関節が掌屈する運動イメージを行わせた。そして振動刺激終了後、刺激中に知覚した関節運動を同側で再現させた。実験 1 では、手関節掌屈筋と背屈筋を同時に同じ周波数で刺激した (掌屈筋 vs. 背屈筋: 40Hz vs. 40Hz, 60Hz vs. 60Hz, 80Hz vs. 80Hz, 100Hz vs. 100Hz)。実験 2 では、手関節掌屈筋と背屈筋を同時に刺激した場合の周波数の差と、それぞれ片側ずつ刺激した場合の周波数を一致させ、両側を同時に刺激する条件と片側ずつ刺激する条件を設けた (掌屈筋 vs. 背屈筋: 40Hz vs. 0Hz, 70Hz vs. 0Hz, 0Hz vs. 40Hz, 0Hz vs. 70Hz, 95Hz vs. 55Hz, 110Hz vs. 40Hz, 55Hz vs. 95Hz, 40Hz vs. 110Hz)。振動刺激時間は 3 秒間とし、両側への刺激タイミングが一致するよう制御した。振動刺激と同時にイメージする運動は手関節掌屈運動とし、2 段階の速度で一人称的イメージを想起させた。実験 1, 2 とともに、各周波数での振動刺激中に運動イメージを行う条件と行 </p>	

わない条件を設定し、各条件とも 3 試技実施した。なお、各試技間には十分な休憩を挟んだ。振動刺激中に知覚した関節運動を刺激終了後に同側で再現させ、磁気センサで再現中の手関節角度を記録した。得られたデータから角速度を算出し、運動知覚の強度を表す指標とした。

実験 1 の結果から、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力統合され、運動錯覚を生じないような状況下においても、運動イメージを重畳することによって、イメージした方向への運動知覚を生じることが明らかとなった。さらに、その運動知覚にはイメージした運動の速度と、筋紡錘からの求心性入力量が影響することが示唆された。次に実験 2 の結果から、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力統合され、運動錯覚を生じるような状況下においては、運動イメージを重畳することによって生じる運動知覚がイメージした方向へ偏移することが明らかとなった。さらに、その運動知覚は動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力の合計量に関わらず、その差に依存して変化することが示唆された。

本研究結果から、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力に運動イメージを重畳した場合、それぞれ単独で行った場合に生じる運動知覚とは異なる運動を知覚することが明らかとなった。この機序として、動筋・拮抗筋関係にある筋の筋紡錘からの求心性入力と運動イメージが同時に生じた場合、運動イメージによって末梢からの求心性入力状況が変化する、あるいはそれらの入力が後索-内側毛帯路や大脳皮質において統合される可能性が推察される。本研究結果は、運動感覚の生成機構を解明するための一助となるものである。

The perceptual integration of afferent inputs from two antagonistic muscles, or the perceptual integration of afferent input and motor imagery, contributes to a kinesthetic perception. However, it has not been clarified whether a kinesthetic perception would be generated by motor imagery if tendon vibrations induced afferent inputs from two antagonistic muscles. The purpose of this study was to investigate what velocity and direction of a kinesthetic perception would be generated by motor imagery when two antagonistic muscles are vibrated simultaneously.

Healthy subjects participated in this experiment. Illusory movements such as wrist flexion or extension were evoked by tendon vibration. In experiment 1, the left wrist flexor and extensor muscles were vibrated simultaneously with same vibration frequencies (40 Hz, 60 Hz, 80 Hz or 100 Hz). In experiment 2, the left wrist flexor and extensor muscles

were vibrated simultaneously with different frequencies in 8 different patterns. These 8 patterns were as follows (flexor vs. extensor): 40 Hz vs. 0 Hz, 70 Hz vs. 0 Hz, 0 Hz vs. 40 Hz, 0 Hz vs. 70 Hz, 95 Hz vs. 55 Hz, 110 Hz vs. 40 Hz, 55 Hz vs. 95 Hz, 40 Hz vs. 110 Hz. Next, the subjects imagined that they flexed their wrists as the tendon was vibrated. After each trial, the perceived movement sensations were quantified by the velocity and direction of the ipsilateral hand-tracking movements.

In experiment 1, we observed that when the vibration difference was the same between the flexors and the extensors, practically none of the subjects perceived movement. During motor imagery, however, velocity was higher for the perceived movement than without motor imagery. Furthermore, the kinesthetic perception resulting from these integrations of vibration and motor imagery differed with the imagined movement velocity and the vibration frequency. In experiment 2, we observed that the kinesthetic perception during motor imagery changed into direction of imagined movement when the vibration frequencies differed between the flexors and extensors. Furthermore, the kinesthetic perception appeared to vary with the difference in frequency between the flexors and extensors. The present results showed that the imagined movement direction was perceived during motor imagery with simultaneous vibration of two antagonistic muscles. These findings can be explained by some possibilities: afferent input from the muscle spindle during tendon vibration might vary with motor imagery, or afferent input from the muscle spindle and efferent input by motor imagery might be integrated in dorsal column-medial lemniscus tract or the cerebral cortex. This study may advance a future study to clarify the mechanism of the kinesthetic perception production.

キーワード（5個以内）：運動感覚，運動イメージ，筋紡錘，振動刺激

Kinesthetic perception, Motor imagery, Muscle spindle, Tendon vibration

- 1 論文内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究結果・考察・結論等とし、簡潔に日本語で1,500字程度に要約すること。併せて英語要旨も日本語要旨と同様に作成すること。
- 2 2枚目からも外枠だけは必ず付けること。

論文審査の要旨及び担当者

報告番号	第 24 号	氏名	柴田 恵理子
論文審査 担当者	<p style="text-align: center; font-size: small;">理学療法学第二講座</p> <p>主査：教授 片寄正樹</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">理学療法学第一講座</p> <p>副査：教授 小塚直樹</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">医学部神経科学講座</p> <p>副査：教授 長峯隆</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">作業療法学第一講座</p> <p>委員：教授 中村真理子</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">作業療法学第一講座</p> <p>委員：教授 太田久晶</p>		
<p>論文名</p> <p style="text-align: center;">運動イメージと腱振動刺激による求心性入力との統合で生じる 運動知覚に関する研究</p> <p style="text-align: center;">The study of kinesthetic perception attend on integration of motor imagery and afferent inputs with tendon vibration</p> <p>本論文は、手関節掌屈筋と背屈筋への振動刺激中に手関節掌屈の運動イメージを重畳し、それらが統合されることによって生じる運動知覚を心理物理的指標から検証したものである。結果として、手関節掌屈筋と背屈筋のような動筋・拮抗筋の関係にある筋からの求心性入力中に運動イメージを行うと、知覚する運動がイメージした方向へ偏移することを示した。さらに、その運動知覚は動筋・拮抗筋関係にある筋からの求心性入力の合計量に関わらず、その差に依存して変化することを明らかにした。本論文では、末梢からの感覚入力単独では運動を知覚しないような状況下においても、同時に運動イメージを行うことによって運動を知覚させることができるということを明らかにした点が特に新規的である。</p> <p>審査委員会では、運動知覚の指標として心理物理的指標を用いた場合の実験手法や結果の解釈について質疑がなされたが、非常に緻密な実験手法を用いた研究であると評価された。同時に今後の発展方向を示唆する意見も出され、本論文は運動感覚の生成機構の解明に貢献した優れた論文であると判断した。審査会での質疑をふまえた考察の加筆修正、および理学療法の視点からの clinical relevance について加筆が行われた論文を確認し、博士（理学療法学）の学位論文に値するものと最終的に判断した。</p>			