

筋紡錘への振動刺激を用いた新しい位置感覚評価法の検証

Verification of a new evaluation method for position sense using vibratory stimuli on muscle spindles

○甲木 一輝(九州大) 中島 弘貴(九州大) 村木 里志(九州大)

Kazuki KATSUKI, Kyushu University
 Hiroki NAKASHIMA, Kyushu University
 Satoshi MURAKI, Kyushu University

Abstract. The real position of our bodies is different from what we think. Muscle spindles has significant role provide proprioceptive feedback for the movement, position and extension of muscles. By conventional methods of evaluating the position sense, we can't confirm if we could measure involvement of muscle spindle. We focused on the illusory kinesthesia that can evaluate muscles spindle by tendon vibration and compare with conventional methods. Especially we evaluate differences of ages and effect of frequency.

Keywords Proprioception evaluation, Muscle spindle, Illusory kinesthesia

1. 諸言

1-1 位置感覚

位置感覚により人は正確な動作、手足の協応を行うことが可能となる[1]。しかし、位置感覚は年齢とともに衰え、位置感覚と実際の各部位の位置の誤差(以下、知覚誤差)が大きい人ほど転倒リスクが高いことが先行研究で報告されている[2]。このことから位置感覚を精確に評価できる評価法を確立することは重要である。

人は様々な固有受容器(筋紡錘、ゴルジ腱器官等)の信号を複合して、総合的に自身の部位の位置を知覚できる。その中でも特に筋紡錘は筋肉の伸長する度合いを速度と長さの変化の量に比例した活動電位を中枢に伝える役割を果たしている。そして、脳の一次運動野がその活動電位の違いを感知し、位置を知覚する[3]。位置感覚の鋭敏さを測定する従来の方法は視覚を遮断した状態で片肢を一定の屈曲角に固定し、対側肢でその屈折角度を再現させ、固定した片肢と再現した対側肢の関節角度の差異を測定することである(以下、知覚誤差)。しかし、従来の方法は位置感覚において重要である筋紡錘の関与が不明であることからその妥当性が疑問視されている[4]。本研究の目的は筋紡錘に振動を与え、位置感覚における筋紡錘の関与を評価する方法を検討する。

1-2 目的

筋紡錘は特定の振動(振動数 70~100Hz)によって興奮し、実際の関節角度とその知覚にずれが生じる。この現象は運動錯覚と呼ばれる[5]。本研究ではこの現象を活用し、筋紡錘の機能低下を評価するための手法を検討する。特に、筋紡錘に対する振動刺激によってどのような知覚反応が生じるか、その反応が振動特性(振動数)、筋紡錘の伸長特性(設定関節角度)によりどのように影響を受けるかを検討する。さらに、従来の位置感覚評価法である知覚誤差[3]の結果と比較する。

2. 実験

2-1 被験者

被験者は利き足右の男子若年群 18名(22.1±1.2歳)である。

2-2 測定項目

知覚誤差: 下腿角度固定装置によって椅子面から角度 30° 45° 60° で左下腿を固定した。閉眼状態で膝を支点とし、右下腿を 0度(椅子面)と 90度(椅子面に垂直)の2つの初期位置から屈曲・伸展させ、左下腿をと同じ角度に再現させた。その時の左下腿と右下腿の角度差(知覚誤差)をそれぞれ2回測定した(図1)。角度条件の順番は無作為とした。



左下腿を椅子面から
設定関節角度(30°45°60°)に固定する
運動錯覚場合は左膝に振動刺激を与える

右下腿で左下腿の角度を再現
誤差角度

図1 知覚誤差角度、運動錯覚誤差角度の測定方法

運動錯覚誤差: 知覚誤差と同じように閉眼状態で椅子面から角度 30° 45° 60° に左下腿を固定し、左膝に振動刺激(70, 80, 90, 100Hz)を与えた状態で、0度と90度から屈曲・伸展させ、右下腿を左下腿と同じ角度に再現させ、その時の誤差(運動錯覚誤差)をそれぞれ2回測定した(図1、2)。角度-振動数条件の順番は無作為とし、振動装置は(株)イリスコ製の装置(製品 No. 11BS200216)を用いた。



図2 運動錯覚時の振動刺激提示

2.3 統計処理

統計処理はSPSSを用いて運動錯覚誤差角度では被験者内要因を設定関節角度(°)と振動数(Hz)として二元配置分散分析を行った。下位検定として設定関節角度間、振動数間のボンフェローニ補正を用いたt検定を行った。

3. 結果

3-1 知覚誤差角度

一元配置分散分析の結果、設定関節角度(30° 45° 60°)の有意な主効果は認められなかった(図3)。

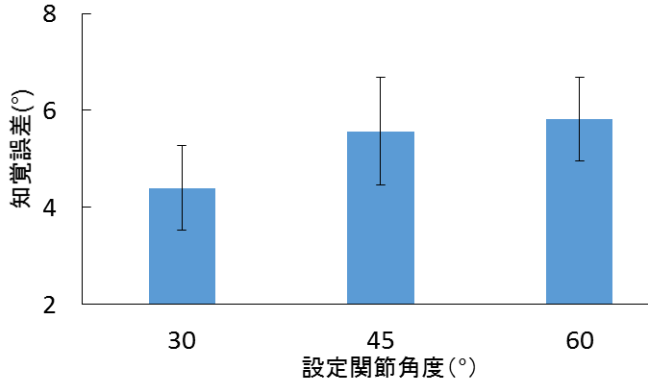


図3 知覚誤差角度

3-2 運動錯覚誤差角度

二元配置分散分析の結果、運動錯覚誤差角度については設定関節角度の主効果(p<0.05)と振動数の主効果(p<0.05)と交互作用が見られた(p<0.05)(図4)。振動数条件80Hzでは設定関節角度30°の誤差角度が60°の条件に比べ有意に大きくなった。すべての設定関節角度条件において振動数70Hz条件の誤差角度が80, 90, 100Hz条件に比べ大きくなった。

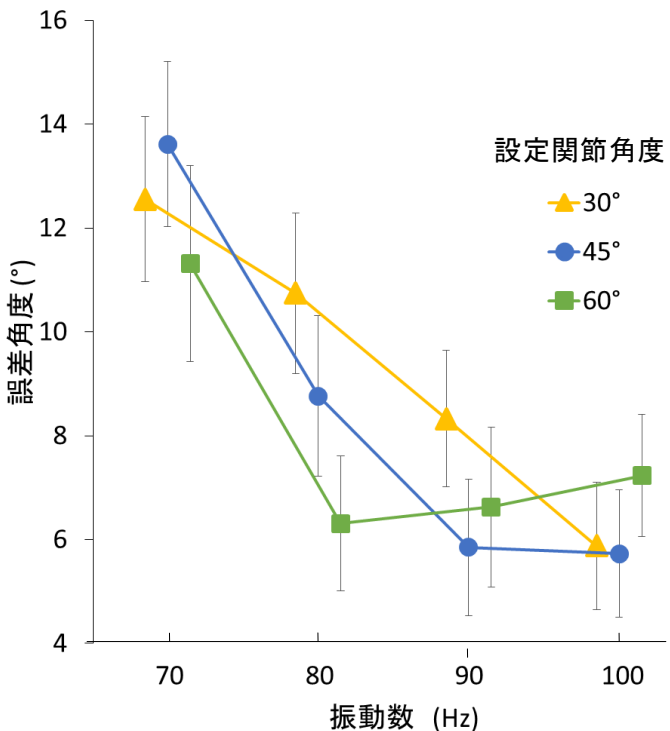


図4 運動錯覚誤差角度

3-3 知覚誤差角度と運動錯覚誤差角度間の相関

知覚誤差と運動錯覚誤差の相関を表1に示す。振動数70, 80Hzにおいて全角度(30° 45° 60°)に対し、有意な負の相関が認められた。

表1 知覚誤差角度と運動錯覚誤差角度との相関

設定関節角度(°)	振動数(Hz)			
	70	80	90	100
30	-0.481*	-0.483*	-0.152	0.002
45	-0.492*	-0.489*	-0.364	0.292
60	-0.585*	-0.538*	0.243	0.330

*p<0.05

4. 考察

今回、従来の評価法である知覚誤差では設定関節角度において、有意な主効果は認められなかった。従来の方法では設定関節角度の影響を受けないと示唆される。一方、筋紡錘への振動刺激を用いた評価法では振動数条件70Hzが最も運動錯覚誤差角度が他の振動数条件より有意に大きくなった。このことから、70Hzが最も大腿の筋紡錘へ影響を与えていると考える。また、上腕に振動刺激を与え、腕の位置感覚を評価した際でも同様に70Hzが最も運動錯覚誤差角度が大きくなる結果が得られた[6]。このことから、筋紡錘の部位に関わらず、振動数70~100Hzの間では、70Hzが振動刺激に対して鋭敏に反応すると示唆される。さらに振動数条件80Hzの時に設定関節角度30°の誤差角度が有意に60°の条件に比べ大きくなった。このことから、30°つまり最も大腿の筋紡錘が縮んでいる時に振動刺激の影響が大きいと考える。この理由として設定関節角度の違いによって筋紡錘の伸長度合が異なり、その伸長度合によって筋紡錘は振動刺激への感受性が異なる、その結果として運動錯覚誤差角度に違いが表れたと考える。さらに交互作用が認められたことを考慮に入れると筋紡錘の伸長度合と振動刺激は密接に関係していると考えられる。

さらに、振動数条件70Hz, 80Hzにおける運動錯覚誤差角度はすべての設定関節角度(30° 45° 60°)において従来の位置感覚の指標である知覚誤差との間に有意な負の相関が認められた。運動錯覚は特定の振動を筋肉の腱に与えることによって筋紡錘が興奮し、脳が誤って筋肉が伸びていると錯覚し、実際の関節角度とその知覚にずれが生じる[5]。つまり、位置感覚が鋭敏な人は振動刺激に対して筋紡錘が鋭敏に反応し、運動錯覚現象が生じやすく、より運動錯覚誤差が大きくなると考えられる。

今後は高齢者を測定し、検証を進めていきたいと考える。

参考文献

- [1] 白石 稔,水田 博志,久保田 健治(1993 6):前十字靭帯損傷膝及び再建膝における位置覚と片脚立位バランスの関連性について 日本整形外科学会スポーツ医学会雑誌 Vol 13 No 54
- [2] 小林 吉之,嶺也 守寛,藤本浩志:“ヒト足部の身体位置覚に関する研究”日本機械学会論文集 C 編,Vol 73, No 725,pp 274-279,2007
- [3] 宮崎 誠司:“筋紡錘の関節位置覚における役割” 東海大学スポーツ医科学雑誌,Vol 11,pp 59-62, 1999
- [4] 横山 茂樹,蒲田 和芳,根地嶋 誠:“足関節位置覚検査法における測定方法の相違が及ぼす影響” 理学療法科学,Vol 26,No 1,pp 49-54,2001
- [5] Burke,D Lofstedt,L Wallin,G:“The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contractingmuscles” Journal of Physiology,Vol 261,pp 673-693,1976
- [6] 甲木 一輝,中島 弘貴,村木 里志:“運動錯覚を用いた新しい位置感覚評価法の検証” 情報福祉工学研究会(WIT),WIT2014-36 ,pp 1-2, 2014