

位置感覚のトレーニング方法に関する研究

鈴木寛康

A study about training method of position sense

SUZUKI Hiroyasu

1. はじめに

ヒトがスポーツや巧みさを要する作業などの運動を行うとき、そのパフォーマンスの成否にかかわる要素の一つに運動感覚がある。運動感覚とは、筋に存在する筋紡錘、腱に存在するゴルジ腱器官、皮膚および関節に存在する機械受容器それぞれからの求心性情報が脳の特定の領野に達し、統合されることで生じる身体各部の位置や力に関する感覚であると定義されている^{3,8)}。

スポーツ活動の場面を例に挙げると、サッカーにおけるフリーキックやバスケットボールのシュートなどの高い精度を要求される運動には、感覚受容器からの求心性フィードバックによる実際の運動感覚とその運動感覚の記憶が運動の結果の誤差検出や精度の高い運動プログラムの構築に重要な役割を果たすと考えられる。

これまでの運動感覚に関する研究では、拮抗筋への振動刺激により位置感覚に錯覚が生じることや筋疲労により位置感覚および力感覚が変調することが報告されており、感覚受容器の特性から位置感覚には筋紡錘が、そして力感覚にはゴルジ腱器官が重要な役割を果たしていることが確認されている^{1,4,5,10)}。また、レッグプレストレーニングによって力感覚が向上する、あるいは、ハイレベルなスポーツ選手は位置感覚が優れているといった報告もなされているが、これらは単一の課題を用いたトレーニングや長期的なスポーツ活動の結果を示したものであり、運動感覚を効率よく向上させるための方法は知られていない^{2,6)}。

運動学習の研究においても運動感覚に関する記述が見られる。Schmidtは運動学習によるパフォーマンス向上のプロセスをスキーマ理論によって説

明しており、運動の誤差の検出および運動プログラムの構築には、実際の運動感覚と運動感覚の記憶が重要な役割を果たすとしている⁹⁾。運動学習では、同一の課題を繰り返し練習するコンスタント法や、すべて異なる課題を練習するバリエーブル法といった異なる練習方法が提案されており、それぞれの練習方法でパフォーマンスが向上することが報告されているが、これらの異なる練習方法が運動感覚に与える影響については報告されていない^{7,11)}。

そこで本研究では、運動感覚の一つに挙げられる位置感覚に着目し、運動学習で用いられるコンスタント法およびバリエーブル法、そして本研究で新たに考案したコンスタント法を用いた練習が位置感覚にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。

2. 方法

2-1. 対象

対象者は、心身ともに健康な男性27名(年齢 25.2 ± 3.4 歳)に協力を得た。機能脚が右脚であるものとし、試行はすべて右脚で行なった。

2-2. 全体の流れ

測定および練習は、1人の対象者について2日間で行なった。1日目は、膝伸展の最大随意筋収縮力測定(MVC)、練習前の位置感覚テスト(Pre)および位置感覚練習で構成した。2日目は位置感覚練習および練習後の位置感覚テスト(Post)で構成した。位置感覚テストおよび位置感覚練習は両日とも同じ内容を行なった。

2-3. 位置感覚テスト

膝伸展により生じる位置感覚に基づいて、目標

位置である屈曲位 50°、60°、70° に、スタート位置である屈曲位 90° から視覚フィードバックなしに適合させる目標位置適合課題を用いた。負荷は 10%MVC で一定とした。試行回数は各目標位置につき 7 回とした。試行間の休憩は 1 分とし、目標位置変更時の休憩は 3 分とした。

2-4. 位置感覚練習

練習方法は、一定の課題を繰り返し行なうコンスタント法、すべて異なる課題を行なうバリエブル法、3つの課題を対照的に配置して行なうコントラスト法の3つを用いた。対象者を、9名ずつそれぞれの練習方法を行なう3群に無作為に分けた。5回の試行を1セットとして5セット、計25回という構成で、コンスタント群では、屈曲位 60° のみを用いて、バリエブル群では屈曲位 50°、70°、40°、80°、60° の順で、コントラスト群では、屈曲位 60°、70°、60°、50°、60° の順で練習を行なった。試行間の休憩は 30 秒とし、セット間の休憩は 3 分とした。

2-5. 統計処理

各群について、対象者の各目標位置における絶対誤差の総和から平均絶対誤差を算出し、コントラスト群、バリエブル群、コンスタント群における練習効果を検証するために二元配置分散分析を行ない、各群内での練習前後の差を t 検定を用いて比較した。さらに、各群内での目標位置ごとに練習前後の差を t 検定を用いて比較した。

3. 結果

分散分析の結果、練習前後で有意な主効果および群間で有意な交互作用を示した。

各群における t 検定の結果、コンスタント群およびコントラスト群において、Postでの平均絶対誤差の有意な減少を示し (p<0.05)、バリエブル群においては有意な変化を示さなかった (図 1)。

各群内での各目標位置における t 検定の結果、コンスタント群では、50° および 60° で、Postでの平均絶対誤差が有意に減少した (図 2)。バリエブル群では、すべての目標位置について有意な変化は見られなかった (図 3)。コントラスト群では、すべての目標位置について、Postでの平均絶対誤差が有意に減少した (図 4)。

4. 考察

本研究では、運動感覚の一つに挙げられる位置感覚に着目し、運動学習で用いられるコンスタント法およびバリエブル法、そして本研究で新たに考案したコンスタント法を用いた練習が位置感覚にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。

コンスタント群では、50° および 60° で、練習後に平均絶対誤差が有意に減少した。コンスタント群における練習では 60° のみを 25 回行なったため、60° における位置感覚が明確に記憶されたと考えられる。そのため、60° における平均絶対誤差が有意に減少したと考えられる。さらに、60° の感覚記憶を基準として相対的位置関係の予

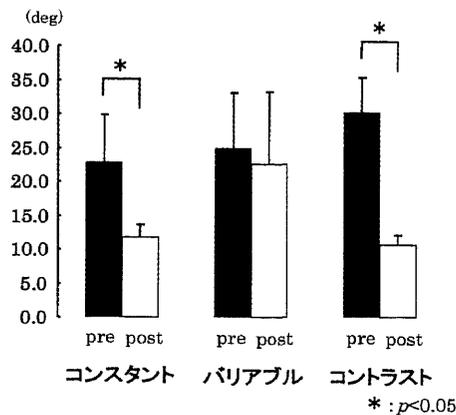


図 1 平均絶対誤差の総和の比較

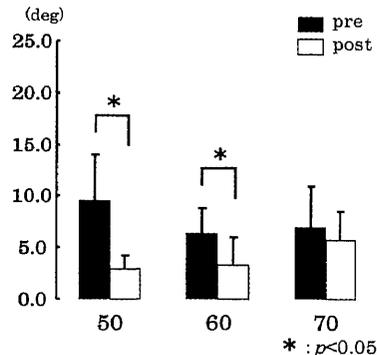


図 2 コンスタント群における各目標位置での比較

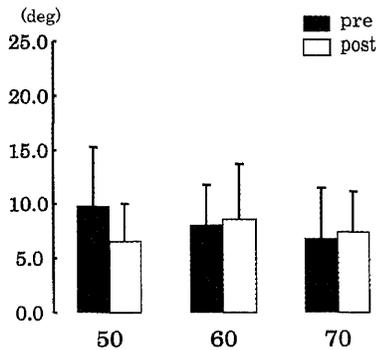


図3 バリアブル群における各目標位置での比較

測ができるようになったこと、そしてスタート位置である90° から最も遠かったことで位置の変化の度合いが最も大きかったことなどから、50°での平均絶対誤差も減少したと考えられる。バリアブル群では、すべての目標位置で有意な変化を示さなかった。バリアブル群における練習では、50°、70°、40°、80°、60°の異なる5つの目標位置を用いて練習を行ったため位置に関する情報量が多く、また、練習試行回数が他の2群と同じであったことで各目標位置の練習回数が相対的に少なかった。これにより、位置感覚の記憶があまりまいなまとなり、有意な変化を示さなかったと考えられる。コントラスト群では、すべての目標位置で練習後に平均絶対誤差が有意に減少した。コントラスト群における練習では、50°、60°、70°を用いて60°を基準に対照的に配置し練習を行なったため、各目標位置の位置感覚が明確に記憶され、さらに相対的な位置関係も明確になったと考えられる。そのため、すべての目標位置で平均絶対誤差が有意に減少したと考えられる。

5. まとめ

本研究では、練習方法の違いがどのように位置感覚に影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。その結果、2日間という短期間の練習では、コンスタント法およびコントラスト法による位置感覚練習によって位置感覚が向上することが明らかとなった。さらに、同一期間ですべての目標位置における位置感覚が向上したことから、コントラスト法による位置感覚練習は、効率よく

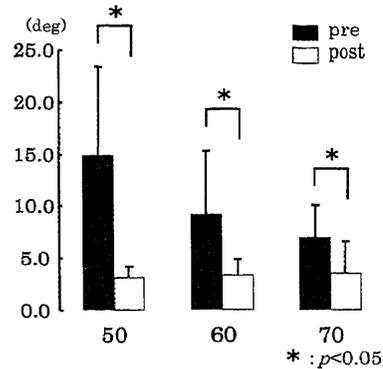


図4 コントラスト群における各目標位置での比較

位置感覚を向上させる可能性が示された。

引用・参考文献

- 1) Brockett, C. Warren, N. Gregory, J.E. Morgan, D.L. Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research*, 771, 251-258.
- 2) Euzet, J-P. Gahery, Y. (1995). Relationship between position sense and physical practice. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 149-173.
- 3) Gandevia, S.C. McCloskey, D.I. Burke, D. (1992). Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends in Neurosciences*, 15(2), 62-65.
- 4) Goodwin, G.M. McCloskey, D.I. Matthews, P.B.C. (1972). The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralyzing joint afferents. *Brain*, 95, 705-748.
- 5) Hagbarth, K.E. Eklund, G. (1966). Motor effect of vibratory muscle stimuli in man. *Muscular Afferents and Motor Control*, 177-186.
- 6) Hortobágyi, T. Tunnel, D. Moody, J. Beam, S. De Vita, P. (2001). Low- and high-intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *Journal of Gerontology*, 56A, No.1, B38-B47.
- 7) Kerr, R. Booth, B. (1978). Specific and varied practice of motor skill. *Perceptual and Motor Skill*, 46, 359-401.

- 8) McCloskey ,D.I.(1978). Kinesthetic sensibility. *Physiological Reviews*, 58, 763-820.
- 9) Schmidt ,R.A.(1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- 10) Thompson ,S. Gregory ,J.E. Proske ,U.(1990). Errors in force estimation can be explained by tendon organ desensitization. *Experimental Brain Research*,79, 365-372.
- 11) Wulf ,G. Schmidt ,R.A.(1997). Variability of practice and implicit motor learning. *Journal of Experimental Psychology*, 23(4), 987-1006.