

## 体幹肢位の違いが下腿筋の中樞神経系の制御に及ぼす影響の解明

高木武蔵

研究指導教員：菅原憲一

研究補助指導教員：白濱勲二，向井友花

### I. 緒言

脳血管疾患の医療費は，増加傾向にある医療費の中で1兆8250億円にのぼる<sup>1)</sup>．また介護の面では，65歳以上の要介護者の介護が必要となった主な原因として，脳血管疾患が全体の2位で15%を占めており，特に男性では24.5%を占め1位となっている<sup>2)</sup>．こうした現状から，脳血管疾患の後遺症に対するリハビリテーションの有効性を向上させることは，奔放の医療および介護の課題解決のために重要となる．

脳血管疾患の多様な後遺症の中で，運動障害の根幹となる痙縮と呼ばれる病態がある<sup>3)</sup>．痙縮の機序については，随意運動時の筋緊張や脊髄反射を制御する背側網様体脊髄路の活動低下による脊髄運動ニューロンの脱抑制が原因であると報告されており<sup>4)</sup>，改善のためには脊髄運動ニューロンを抑制する神経活動を促し脊髄反射の感度が適切に調節されることが必要となる．脊髄反射の感度の調節には，感覚入力や運動課題，姿勢の変化などが影響することが報告されており<sup>5)-8)</sup>，さらに臨床的には体幹肢位の変化によっても脊髄反射の感度の変化が観察されるが，体幹肢位の変化に着目した研究はまだみられない．

そこで本研究は，痙縮の改善を目指すリハビリテーション戦略のための，基礎的な神経学的メカニズムを解明することを目的とした．そのために，若年健常者において体幹肢位の変化と痙縮に関わる足関節底屈筋群の神経学的制御の変化の関連について，電気生理学的検討を行った．

### II. 第1実験：体幹肢位の違いが足関節背屈時の後脛骨筋の中樞神経系制御に及ぼす影響

第1実験では体幹肢位の変化が足関節背屈保持時の後脛骨筋のH波および経頭蓋磁気刺激(TMS)による運動誘発電位(MEP)に及ぼす影響について検討した．

対象は健常成人13名(男性6名 女性7名，平均年齢 $21.6 \pm 1.3$ 歳)であった．被験者には足底が地面に接地しない高さの台上で端座位を取らせ，両上肢は胸の前で組んだ状態を

基本姿勢とした。この基本姿勢を保持した上で耳孔と鼻尖を結んだ線を水平に保ちながら、頭位が最も低くなるよう指示して脊柱を屈曲させた姿勢を体幹屈曲位とした。また、逆に頭位が最も高くなるよう指示して脊柱を伸展させた姿勢を体幹伸展位とし、この2条件下で安静時、前脛骨筋収縮 5%MVC および 20%MVC、前脛骨筋収縮 5%MVC イメージ および 20%MVC イメージの5条件の収縮条件を用いて後脛骨筋の H 波および MEP を測定し、体幹肢位による変化を検討した。

結果より、体幹屈曲位と比較し体幹伸展位では前脛骨筋収縮 5%MVC および 20%MVC において後脛骨筋の H 波が有意に低値を示した。このことから、体幹伸展位を取ることで足関節背屈中の痙縮が軽減する可能性が示された。またその際に MEP の変化を認めなかったことから、体幹肢位の変化による後脛骨筋の H 波の変化には補足運動野に起源を持つ網様体脊髓路の関与が推定されたが、本実験の設定ではその関与を明確に示すことはできなかった。

### Ⅲ. 第2実験：体幹肢位の違いが足関節底屈時のヒラメ筋の中樞神経系制御に及ぼす影響

第1実験の結果から、端座位において体幹伸展位は体幹屈曲位と比較して、足関節背屈時に拮抗筋となる足関節底屈筋の H 波の抑制が増強されることが明らかになった。第2実験では足関節底屈筋が主動筋となる足関節底屈時について検討を行うことで、体幹肢位の変化が下腿筋に及ぼす影響とそのメカニズムのさらなる解明を図った。

対象は健常成人9名(男性0名 女性9名、平均年齢  $25.2 \pm 2.8$  歳)であった。第1実験と同様の座位姿勢と体幹肢位を設定し、体幹屈曲位と体幹伸展位の2条件下で安静時、ヒラメ筋収縮 20%MVC の2条件の収縮条件を用いてヒラメ筋の H 波および MEP を測定し、体幹肢位による変化を検討した。

結果より、足関節底屈時には体幹肢位の変化によるヒラメ筋の H 波および MEP の有意な変化は生じなかった。第1実験の結果と合わせて、体幹肢位の変化は足関節底屈筋に対する足関節背屈時の相反抑制を変化させることが示された。またその機序は足関節背屈時の予測的姿勢制御としての網様体脊髓路の関与が推定されたが、第1および第2実験では筋収縮中の状態を測定しているため、脊髓内での抑制の変化を反映している可能性がある。

### Ⅳ. 第3実験：体幹肢位の変化に伴うヒラメ筋の反射感度変化の時間的特性および皮質脊髓路の制御動態の検討

第3実験では足関節背屈直前の H 波と MEP を測定することで、体幹肢位の変化が下腿筋の反射感度を変化させるメカニズムに対する予測的姿勢制御の関与を検討した。

対象は健常成人 10 名(男性 4 名 女性 6 名, 平均年齢  $25.7 \pm 1.5$  歳)であった。被験者には第 1 および第 2 実験と同様の座位姿勢と体幹肢位を設定した。体幹屈曲位と体幹伸展位において、反応音に対して可能な限り素早く足関節背屈を行う反応時間課題を実施し、足関節背屈直前の様々な時間帯にヒラメ筋の H 波と MEP を測定した。測定結果を前脛骨筋の活動開始から測定刺激までの時間によって分類した上で、体幹肢位による変化を検討した。

結果より、ヒラメ筋の H 波は体幹屈曲位と比較し体幹伸展位では、前脛骨筋の活動の 125msec の時点において有意に低値を示した。一方 MEP は体幹肢位の変化による有意な変化を認めなかった。前脛骨筋の活動が開始する直前の段階で体幹肢位の変化による H 波の抑制に変化が生じたことから、体幹肢位の変化は予測的姿勢制御に対する影響があったと考えられた。その機序としては、体幹肢位の変化に伴う脊柱起立筋の活動量の変化や脊柱の関節肢位の変化による深部感覚入力の変化、視覚情報の変化、前庭迷路系からの入力の変化などが考えられる。

## V. 総括

以上の 3 つの実験結果より、体幹肢位変化は補足運動野の活動を変化させ、皮質網様体脊髓路を經由して足関節背屈を行う際に生じる予測的姿勢制御としての足関節底屈筋の脊髓反射の抑制量やその抑制が開始する時間帯を変化させている可能性が示された。そしてその影響は体幹伸展位を取ることでより優位な影響を及ぼすことが示された。

本研究で得られた知見から、内反尖足に対する治療を行う際に体幹伸展位を設定することにより、従来のリハビリテーション治療である装具療法や運動療法等を併用する形での治療効果増大の可能性が示された。中枢神経系障害患者において痙縮軽減さらには内反尖足の改善が得られれば、バランス能力の向上に伴い患者自身の歩行能力や日常生活動作能力の向上が期待できる。さらに、それに付随して装具が不要となることによる医療費の抑制や、介助量の軽減による介護負担の軽減等、多面的に医療・介護分野へ寄与すると考えられた。

しかし本研究で得られた知見は、健常成人における神経生理学的データを用いたものであるため、今回の結果が内反尖足を呈する脳血管疾患患者に対しそのまま適応できるかどうかは不明である。今後実際に内反尖足を呈する脳血管疾患患者に対して、体幹肢位変化に伴う内反尖足の程度の変化や、その際の神経生理学的データの変化の観察による検討が必要になると考える。

## VI. 引用文献

1) 厚生労働省. 2019. "令和元(2019)年度 国民医療費の概況". 厚生労働省.

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/19/dl/data.pdf>

- 2) 厚生労働省. 2019. "02 19 結果の概要(4 介護 0714)". 厚生労働省.  
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa19/dl/05.pdf>
- 3) Lance JW. 1980. Symposium synopsis in Spasticity: Disordered Motor Control (ed by Feldman RG, Young RR, Koella WP). Symposia Specialists. Miami: 485-494.
- 4) Li S, Francisco Gerard E. 2015. New insights into the pathophysiology of post-stroke spasticity. *Frontiers in Human Neuroscience*. 9: 192.
- 5) Sayenko DG, Vette AH, Obata H, Alekhina MI, Akai M, Nakazawa K. 2009. Differential effects of plantar cutaneous afferent excitation on soleus stretch and H-reflex. *Muscle Nerve*. 36. 6: 761-9.
- 6) Hayashi R, Tako K, Tokuda T, Yanagisawa N. 1992. Comparison of amplitude of human soleus H-reflex during sitting and standing. *Neuroscience Research*. 13: 227-233.
- 7) Hultborn H, Illert M, Nielsen J, Paul A. 1996. On the mechanism of the post-activation depression of the H-reflex in human subjects. *Experimental Brain Research*. 108. 3: 450-462.
- 8) Llewellyn M, Yang J F, Prochazka A. 1990. Human H-reflexes are smaller in difficult beam walking than in normal treadmill walking. *Experimental Brain Research*. 83. 1: 22-28.