

氏 名（本籍）	あ 安	だち 達	のぼる 登
学位の種類	博 士（医 学）		
学位記番号	医 博 第 1 3 1 1 号		
学位授与年月日	平 成 8 年 3 月 26 日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
研究科専攻	東北大学大学院医学系研究科 （博士課程）外科学系専攻		
学位論文題目	起立動作の筋活動解析：FESによる起立動作再建 を目的として		

（主 査）

論文審査委員 教授 国 分 正 一 教授 百 々 幸 雄

教授 岩 谷 力

論文内容要旨

機能的電気刺激（Functional Electrical Stimulation：FES）により、対麻痺患者の起立動作を効率的に再建するために必要な筋と、それらの筋の起立動作における具体的な役割を明らかにするため、以下のような実験をおこなった。実験内容について十分な説明を受け、同意が得られた健常男子被検者7名に対し、被検者を車椅子の座面の高さと同等の高さ45cmの椅子に座らせ、実際のFESによる対麻痺患者の起立動作開始時に近い姿勢である起立準備姿勢（胸の前で腕組みをし、体幹を前屈させ、両足を20cm間隔で平行に置き後方へ引かせて、そのままの状態から反動をつけなくても即起立が可能な姿勢）から、後述の2種類の起立動作を各3回おこなわせた。標点を肩峰、大転子、腓骨頭、外果におき、起立動作を矢状面より二次元動作解析装置で1/60秒間隔で6秒間解析し、起立動作の各段階における足関節、膝関節、股関節の関節角度を算出した。同時に、体幹および下肢の23筋に双極筋内電極を刺入し、動作時筋活動を導出した。各筋の筋電図を多チャンネル作動増幅器にて増幅後、これを時定数0.5秒で平滑化し、各筋の最大筋放電量で正規化して、起立の各段階における筋活動量を求めた。また、起立時の鉛直方向の床反力も同時に記録した。

解析した動作は次の2種類である。

①連続的起立

被験者に、起立準備姿勢から、1秒ごとに号令をかけ、6秒間で起立を完成させた。この際、立位完成時の肩峰の高さを完全起立姿勢、つまり%Complete Standing Posture：%CSP=100とし、起立準備姿勢時の肩峰の床面からの高さを%CSP=0として、この間の距離を10%ごとに区切って解析した。

②段階的起立

連続的起立の場合と同様に、立位完成時の肩峰の床面からの高さを%CSP=100、起立準備姿勢時の肩峰の床面からの高さを%CSP=0として、この間の距離を10%ごとに区切り、肩峰の高さをその10%刻みの高さに合わせて中腰姿勢をとらせる。これを起立準備姿勢から立位に至るまでおこなわせ、各々の姿勢を個別に解析した。

この2種類の起立動作を、足関節、膝関節、股関節の角度変化、動作時の床反力作用点の位置変化、体幹および下肢の23筋の動作筋活動の面から比較検討し、被験筋を起立動作における機能別に、A群：主動作筋または姿勢保持筋として起立に特に重要な筋。B群：起立時のバランス調節、およびA群を補助する働きのある筋。C群：起立動作への関与が小さい筋。に分類できた。被験筋のうち、起立動作時の下腿の筋活動は、立位の場合と同様に足関節の回転中心と床反

力作用点の位置関係に密接な関係があることが示唆された。また、被験筋のうち、下腿三頭筋、足指屈筋群、前脛骨筋、大腿四頭筋、大内転筋、大殿筋、脊柱起立筋、腰方形筋の筋活動が特に大きく、FESによる起立動作再建時に制御されるべき重要性の高い筋と考えられた。

審査結果の要旨

機能的電気刺激（Functional Electrical Stimulation : FES）は、脳卒中や脊髄損傷といった中枢神経の障害によって失われた上肢あるいは下肢の運動機能を電気刺激で再建する夢の方法であって、世界各国で様々な臨床応用が試みられている。理論的には、正常者の運動における各筋の収縮パターンと同一パターンの電気刺激を小型の多チャンネル刺激装置を用いて麻痺筋に与えることで、運動が可能となる。そのためには、第一に正常者の運動を各動作に分解して、それぞれに係わる各筋から筋電図を記録し、解析の後に刺激パターンを作成する必要がある。

これまでに対麻痺患者に行われた FES での起立動作は抗重力筋を中心とする数筋のみの刺激であり、装具による補助が必要であった。本研究では、対麻痺患者の起立動作を装具なしで効率的に再建するために必要な筋と、それらの筋の起立動作における具体的な役割を明らかにすることを目的とし、体幹と下肢の 23 筋にも及ぶ筋の筋電図を記録し解析が行われた。しかも、連続的と段階的の 2 種類の起立動作について検討された。連続的起立では椅子掛けの姿勢から起立位までゆっくりと立ち上がる際の各筋の収縮の連続的变化が、段階的起立は、起立までの途中の動作を 10 段階に分け、それぞれの段階で止めて中腰とした際の筋収縮が観察された。

その結果、被験筋を起立動作における機能別に、A 群：主動作筋または姿勢保持筋として起立に特に重要な筋が、ヒラメ筋、前脛骨筋、大腿四頭筋、大内転筋、大殿筋、脊柱起立筋、B 群：起立時のバランス調節、および A 群を補助する働きのある筋が、腓腹筋、足趾屈筋群、中殿筋、腰方形筋、C 群：起立動作への関与の小さい筋が、後脛骨筋、ハムストリング筋、大腿筋膜張筋、腸腰筋、腹直筋、外腹直筋であることが分かった。ここでの、A 群と B 群の筋は FES による起立動作再建時に制御されなければならない重要な筋を意味する。同時に、被験筋のうち、起立時の下腿の筋の活動が、立位保持の場合と同様に、足関節の回転中心と床反力作用点との位置関係に密接に関係することが示唆された。

以上の知見は、FES の今後の臨床応用と研究に極めて有意義であり、学位論文に十分に値するものである。