

## 力ベクトル制御課題における 二関節筋活動度決定機序の解明

国立身体障害者  
リハビリテーション  
センター研究所

野 崎 大 地

(共同研究者) 同

中 澤 公 孝

### **Principle Determining Activation Level of Biarticular Muscles in Controlling End-Point Force Vector**

by

Daichi Nozaki, Kimitaka Nakazawa  
*Department of Motor Dysfunction,  
Research Institute of National Rehabilitation  
Center for the Disabled*

#### **ABSTRACT**

We investigated how the central nervous system distributes joint torque among mono- and bi-articular muscles. Various combinations of knee and hip joint torques ( $T_k$  and  $T_h$ , respectively) were realized by requesting seven subjects to pull the cable attached to the ankle joint in various directions. The muscle activation level of major lower limb muscles was evaluated by the surface electromyogram. The activation level of each muscle was able to be uniquely described as a linear combination of  $T_k$  and  $T_h$ , indicating that each muscle has “preferred direction” (PD) on joint torque coordinate ( $T_k$ ,  $T_h$ ) along which its activation level increases most steeply. The PD of bi-articular muscle (e.g., Rectus Femoris: -37.8 degree, Biceps Femoris Long Head: 154.3 degree) agreed well with the torque direction which it can generate (eigen-vector direction). On the other hand, the PD of mono-articular muscle (e.g., Gluteus Maximus: 38.9 degree, Vastus Medialis: 16.4 degree) did not agree with the direction of its eigen-vector which is parallel to either  $T_k$  or  $T_h$  axis. This result was unexpected because

it indicates that mono-articular muscle is maximally activated when it accompanies the torque around the other joint. We demonstrate that a simple principle can explain these experimental results: the activation level of biarticular muscle is proportional to the orthogonal projection of torque vector ( $T_k, T_h$ ) to its eigen-vector, and the remaining part of torque vector is compensated by the activation of mono-articular muscles.

## 要 旨

中枢神経系が関節トルクをどのような機序で単・二関節筋群に分配しているのかについて検討した。7名の被験者について、足部に付けたワイヤを等尺性に引っ張る課題を用い、膝・股関節に様々なトルク（それぞれ  $T_k, T_h$ ：伸展を正、屈曲を負とする）を課したときの、下肢筋の活動レベルの変化を表面筋電図により評価した。その結果、筋の活動レベルは両関節トルクの線形和として一意的に表されることから、各筋は、トルク座標系 ( $T_k, T_h$ ) において活動レベルが最も急峻に増加する「至適方位」を持つことが分かった。二関節筋の至適方位（大腿直筋:-37.8度、大腿二頭筋長頭:154.3度等）は、筋の活動によって生じるトルクの方向（固有ベクトルの方向）と一致していた。単関節筋が生成するトルクの方向はトルク座標系の軸に平行であるが、実験で得られた至適方位はそれとは異なる値（大殿筋:38.9度、内側広筋:16.4度等）を示した。これは、単関節筋の活動レベルが、自ら関与しない関節のトルクを伴うときに最も急峻に立ち上がるという直感に反する現象が生じていることを意味する。われわれはこれら一連の実験結果が、下肢にトルク ( $T_k, T_h$ ) が課されたとき、まず二関節筋にベクトル ( $T_k, T_h$ ) からその固有ベクトルへの正射影に比例した量が分配され、残りの部分が単関節筋によって補償される、という簡単な原理によって説明できることを示した。