下肢筋のトレーニングに最適な立位姿勢の計測と検討

○渡辺興作 横山清子 高田和之 (豊田工業高等専門学校)

A feedback system of forces of antigravity muscles
during standing posture in man

Yosaku Watanabe, Kiyoko Yokoyama, and Kazuyuki Takata

(Toyota College of Technology)

1. はじめに

立位姿勢における大腿四頭筋力を含め生体内力は一般的には測定不可能である。近似的ではあるが、腰、膝、足首の関節をもつ2次元矢状面力学モデルにより、立位姿勢の生体内力(大腿四頭筋力等)を計算することができる⁽¹⁾。この筋力(筋張力)を計算し即時に提示できるシステムの開発は、保健体育やリハビリなどにおける最適な筋力トレーニングの強度を即時に体感できるなどその実用的価値は大きい。人間工学的にも各種立位姿勢の評価に際し筋力を即時的に被験者に提示できることは意義あることである。このことから、各種の立位姿勢の膝、足首の各関節角度と床反力計による前後方向の重心位置を計測し、それらの計測結果を基にした筋力の計算方法の確立、および筋力の大きさの計算結果を即時的に被験者に提示するシステムを開発したので報告する。このシステムの開発により、被験者はどのような姿勢のとき筋力がどの程度かを立位姿勢と関連させて実体験することができ、立位姿勢における筋力や筋力トレーニングにおける最適な立位姿勢を即時に知ることができるようになった。

2. 抗重力筋群の筋張力の即時表示システム

図1に膝関節矢状面の2次元矢状面力学モデルと、計算に必要な諸定数、変数を示す。身体を関節によって分類することにより、そ

れぞれの要素は剛体に、結合部はピン結合になると見なし、姿勢を保持するために関節を通じて伝達される内力とモーメントとに分けて考え、大腿四頭筋力(F_1)、半膜様筋力(F_2)と腓腹筋力(F_3)を静的釣合の条件式により求める。本システムを用いれば、例えば、気功や太極拳の基本的立位姿勢である站椿(せんそう)姿勢や各種の立位姿勢における抗重力筋群の筋力、 $F_i(\theta_2, \theta_3, r)$, ($i=1, 2, 3$)を計算でき、それらの値を即時に表示できる。

図1 立位姿勢の2次元矢状面力学モデル

図2に、筋力表示システムの構成を示す。抗重力筋群の筋力（大腿四頭筋力 F_1 等）を計算するため必要なデータとなる前後方向の重心位置 r 、膝関節角度 θ_2 、足関節角度 θ_3 等の入力と出力関係を示す。膝関節角度、足関節角度は、P & G社のゴニオメータ（角度計）を用いて計測し、床反力中心位置（ r ）の測定は、マニア（株）製マイコン重心計（SG-1）を使用し、床反力中心位置の y 方向（前後方向）の座標 Y を踵が原点として測定した。A/D変換器はCANOPUS電子㈱のADX-98Eを使用した。力学モデルによる筋力の推定（計算）結果の妥当性を見るため抗重力筋の表面筋電図も記録し、計算結果と比較した。被検筋は、大腿直筋、腓腹筋の2つの抗重力筋とした。

3. 結果 図3に即時表示システムの筋力の提示例を示す。本システムにより得られた結果の一部を示す。直立姿勢では、大腿四頭筋力 F_1 が体重の0.20倍、站椿姿勢（ $\theta_2=130^\circ$ ， $\theta_3=130^\circ/2$ ， $r=0.35$ ）では、 F_1 は体重の2.5倍となった。すなわち、站椿姿勢では、大腿四頭筋力に大きい筋力負荷をかけることができる。一方、下腿の腓腹筋力 F_3 は、站椿姿勢では体重の0.45倍であった。

図3 立位姿勢における抗重力筋張力の即時表示の例

今後の課題として、力学モデルの改良や、被験者への筋力提示方法の改善等があげられる。

1) 渡辺興作，金子有二，横山清子，高田和之，
「立位姿勢における筋力提示システム」
第9回姿勢シンポジウム一般演題抄録集，
日本人間工学会姿勢研究部会(1992.1)

図2 抗重力筋の筋張力の即時提示システム