

足関節周りの最大トルクの静特性

Static Characteristics of the Maximum Torque at the Ankle Joint

0330125 長谷川沙綾

Sahya HASEGAWA

1. はじめに

ヒトの身体運動は、各関節のトルク総和により実行される。関節トルクは筋収縮力から算出されるが、その力の大きさは筋長に依存するといわれている¹⁾。筋はサルコメアの連なりで、筋長は関節角度に依存することから、発揮できる最大収縮力は関節角度により変化することが言える。

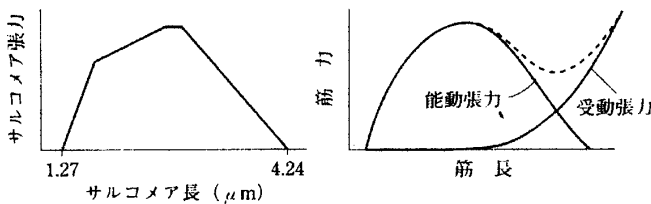


Fig.1 サルコメアの力-長さ関係 (左) と筋・腱複合体の力-長さ関係 (右)²⁾

最大トルクの関節角度の依存性は、ヒトの身体運動の発現メカニズムを理解する上で重要な情報であるが、現在、これがどのような機構に因るかは未だ解明されていない。

これまでの研究では、関節トルク計測は侵襲的であったため、動物のみに行われてきた³⁾。非侵襲的な測定も行われているが⁴⁾、装置の都合上、底屈動作時に力発揮の方向と逆向きに発生する力は考慮されていない。底屈時は下腿三頭筋の収縮によって、踵側を上に取り上げる引張力が生じており、この力も足関節トルクの構成要素なので加味するべきと考えられる。

従来の測定法をFig.2に示す。これらは足関節よりつま先側の1点を力の測定点とし、

踵側の引張力を無視している。(Fig.2 左⁴⁾はB、右⁵⁾はLoad Cellと示したもの)

本研究では、より正確なトルク計測を目指し、引張力を含めた力発揮を非侵襲的に計測可能な装置を試作した。

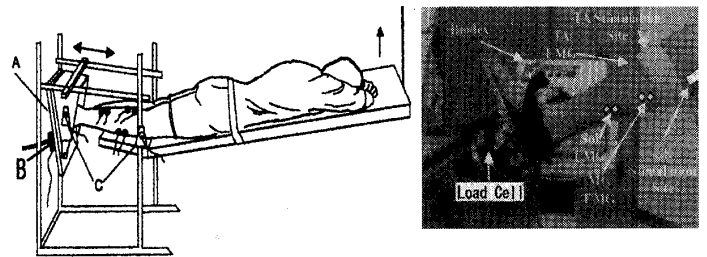


Fig.2 従来の測定方法の例

2. 目的

試作装置を用いて足関節トルクの測定を行う。より正確な方法であることを確かめ、下腿三頭筋の長さ-力関係を求める。

3. 装置の仕様

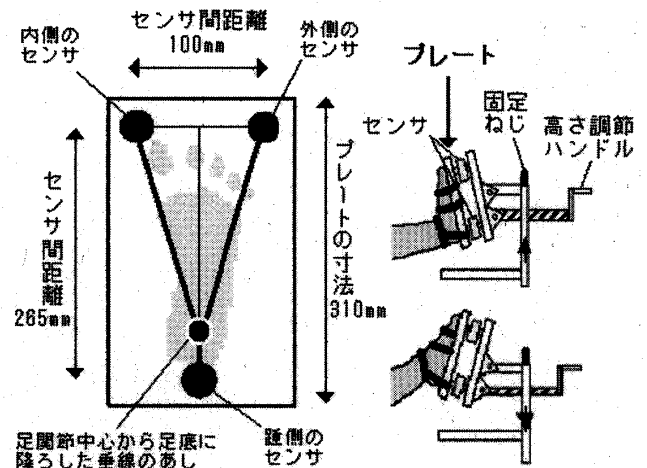


Fig.3 フットプレート上センサ (ロードセル) 位置 (左) とトルク計測装置の模式図 (右)

Fig.3 に計測装置の模式図を示す。装置は、被験者用ベッドとフットプレートからなる。フットプレートの角度は、足関節を底屈・背屈方向にそれぞれ 40° の範囲に変更し固定できる。フットプレート裏面 3 箇所に引張力も計測可能なロードセル（共和電業，LUX-A-2kN-P）を取り付けた。

4. 測定方法

測定は Fig.4 のように右脚足関節に対して行った。被験者には台上仰臥位にて両腕を組むよう指示した。測定の際、踵部と前足部はベルトにてフットプレートに固定した。足関節角度は 90 度、膝関節は伸展位とした。左脚および全身は安静に保ち、動作中は右足関節以外の部位に力を入れないよう注意しながら、任意に底屈方向に力発揮（等尺性収縮）させ、このときの最大張力を計測した。試行は 4 回行い、力発揮曲線のサンプリング周波数は 1kHz とした。

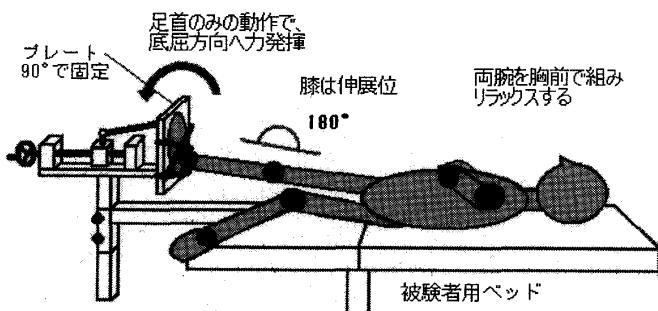


Fig.4 計測風景

5. 結果

Fig.5 にセンサから得られた荷重に基づき、算出したトルクを示す。踵側に設置したセンサ出力が負の値を示し、底屈方向とは逆方向の力、すなわち引張力が検出されたことが確認できた。3 点のトルクの総和が足関節トルクであり、そ

の最大値は 24.02 Nm であった。このとき踵センサでは 2.17 Nm の力が検出された。

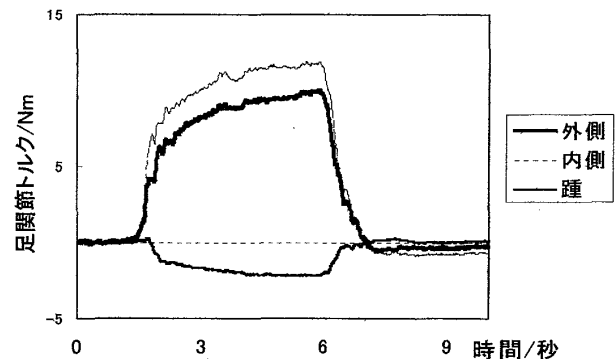


Fig.5 各センサから得られたトルク

6. 今後の展望

以上から、設計した装置により、引張力も考慮した信頼性の高い関節トルク計測が可能と考えられる。今後は、運動頻度と最大筋収縮力の関係性を検証することで、運動不足やリハビリテーションの場合における足関節の挙動、さらには適切な柔軟方法の考察などに応用できると考えられる。

参考文献

- 金子, 等. バイオメカニクス身体運動の科学的基礎, 杏林書院, 2004.
- 深代, 等. スポーツバイオメカニクス, 朝倉書店, 2000.
- Heslinga, J.W., Huijing, P.A. Effects of growth on architecture and functional characteristics of adult rat gastrocnemius muscle. *Journal of Morphology* **206**,119-132, 1990
- P.D.Hoang, R.B.Gorman, G.Todd, S.C.Grandevia, R.D.Herbert. A new method for measuring passive length-tension properties of human gastrocnemius muscle in vivo. *Journal of Biomechanics*. **38**, 1333-1341, 2005.
- Micheal F. McDonald, M.Kevin Garrison, Brian D.Schmit. Length-tension properties of ankle muscles in chronic human spinal cord injury. *Journal of Biomechanics*. **38**, 2344-2353, 2005