

## 関節モーメントの精度の検定方法

新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究科  
Aduayom-Ahego Akouetevi, 霜鳥大希  
新潟医療福祉大学義肢装具自立支援学科  
江原義弘

【背景・目的】最近の歩行分析では関節モーメントを計算し、それによって動作を分析する方法が主流になっている。関節モーメントは動作解析装置によって得られる人間の動きのデータと、床反力によって得られる運動力学的データを組み合わせて計算される。関節モーメントを計算する計算式そのものについては工学的な考察によってその妥当性は内外の研究者によって認められている。さらに計算式に入力する、運動学的データ、生体力学定数のデータ、運動力学的データなど個々のデータの正確性についてはある程度の検証の方法がある。計算された関節モーメントの信頼性を評価する良い方法がなかった。本研究はこの方法論を確立しようとするものである。検証する原理は「生体内で発生される力学的仕事が、動作後の位置エネルギーの増加に一致する」という物理学の原則を活用するものである。

【方法】被験者は健常男性5名（年齢=22±3、身長=170±3cm、体重=63±5kg）であった。マーカー貼付位置は臨床歩行分析研究会が推奨する15ポイントを使用した。被験者の左右の足がそれぞれ別の床反力計に乗るように立たせた。まず股関節の動作は体幹を約40度前傾させたお辞儀の姿勢を動作開始姿勢とした。ここから4秒ほどかけてゆっくり直立姿勢にさせた。この際、上肢は体幹の胸部に交差させたままとし、背中を曲げないなど極力体幹内の動きを起こさないように努めた。次に膝関節の動作は膝の屈伸動作をさせた。そして足関節の動作は床から踵の上げ下げをさせた。

この間の動作をVICON(Oxford Metrics, 100Hz)、床反力(AMTI, 1000Hz)で計測した。次にコンピュータ内部でbodybuilderのソフトを使用して関節中心位置を5mm～50mmまで5mm刻みに後方に移動させ、重心・関節モーメント・関節モーメントのパワーを再計算した。

【結果】まず股関節や膝関節と足関節位置を通常の方式に則って推定した場合について計算した。左右足関節が生み出した仕事、左右の足関節と左右の膝関節の生み出した仕事の和、左右の、足・膝・股関節の仕事の和を計算した。位置エネルギーの増加分と下肢の仕事の量は最終的に一致しなかった。

次にさらにコンピュータ内部で股関節中心位置を5mm～50mmまで5mm刻みに後方に移動させた場合の位置エネルギーと下肢全体の仕事を再計算すると位置エネルギーは股関節の位置によらずほぼ同様の変化を示した。仕

事の変化は、股関節の位置が後方に変更されるに従って全体的により大きな値となった。関節位置を後方と前方に変更した場合に位置エネルギーの値にもっとも近くなった(表1)。

Subjects	Hip(mm)	Knee(mm)	Ankle(mm)
A	-10	39	19
B	-12	26	-9
C	-21	35	-12
D	-30	26	15
E	-18	-	-
Mean	-18	31	3
Max	-10	39	19
Min	-30	26	-12

表1 従来の関節中心位置から変更すべき量(=-後、+=前)

【考察】身体運動では関節モーメントの生み出した仕事が身体の力学的エネルギーの増加分と一致する。動作終了時点の仕事の量が位置エネルギーの増加分にもっとも近い場合の関節位置が、もっとも正確な関節位置と考えられる。またこのときの関節モーメントがもっとも信頼性の高い関節モーメントと考えられる。

今回、力学的の仕事は関節の位置を変更すると、その値が変化した。股関節位置を後方18mmに変更した場合に位置エネルギーの値にもっとも近くなった。膝関節中心位置は前方31mmに変化した場合にあった。足関節中心位置は前方3mmに変化した場合にあった。

【結論】この関節位置で計算した関節モーメントがエネルギー論からみたもっとも信頼性の高い関節モーメントの値と考えられた。位置エネルギーと力学仕事を比較する方式は関節モーメントの信頼性を確認する方法として有用である。今回は本方式の適用の第1歩として関節の前後位置のみに着目した。床反力計の正確性と運動エネルギーも確認することも重要である。また関節中心の上下方向・左右方向位置を検討するには別の工夫が必要である。