

308 下肢関節運動の同時計測システム

Motion Analyzing System of the Lower Limb Joints

○学 近藤浩史 (新潟大)
正 寺島和浩 (新潟大)
大森 豪 (新潟大医)

学 寺島正二郎 (新潟大院)
正 原 利昭 (新潟大)
古賀良生 (新潟こばり病院)

Hirofumi KONDO, Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi-2 8050, Niigata
Shojiro TERASHIMA, Graduate School of Engineering, Niigata University
Kazuhiro TERAJIMA, Center for Cooperative Research, Niigata University
Toshiaki HARA, Faculty of Engineering, Niigata University
Go OMORI, School of Medicine, Niigata University
Yoshio KOGA, Niigata Kobari Hospital

Key Words : Biomechanics, Gait Analysis, Lower Limb, Six degree-of-freedom Electrogoniometer

1. 緒言

生体の関節運動はきわめて合理的で洗練されている。そのメカニズムを解明することは、より優れた人工関節や義手・義足の開発、変形性関節症 (OA) や慢性関節リウマチ (RA) などの関節疾患の予防や治療を行う上で重要である。また、日常生活において下肢の担う役割は特に大きく、平均寿命の高齢化に伴って下肢に障害を持つ高齢者の急増が予想されるため、下肢関節とその疾患に関する研究へのニーズは近年特に高まっている。

下肢関節の運動を解析する場合、下肢全体をその視野に捉えることも重要である。例えば、歩行動作を円滑に行うためには、股関節、膝関節、足関節、さらには上肢も含めた身体全体の関節の協調と連係が必要不可欠である。

そこで、本研究では 6 自由度電気角度計 (Six degree-of-freedom Electrogoniometer 以下、ゴニオメータ) を用いた、下肢関節運動の総合的な計測を迅速かつ高精度に行うことのできる計測システムを開発し、それを健常者の歩行解析に応用した。

2. 計測システム

本研究で用いたゴニオメータの外観を図 1 に示す。このゴニオメータを図 2 に示すように股関節、膝関節および足関節の 3 カ所にリンクとストラップで固定し、各関節運動を計測した。また、感圧導電性ゴムセンサを両足の第一趾および踵の足底に貼り付け、歩行時における足底の接地および離地のタイミングも同時に計測した。これらの計測データを A/D コンバータを介してパーソナルコンピュータに取り込み、股関節と足関節については角度変位を、膝関節については 2 方向 X 線撮影による補正⁽¹⁾⁽²⁾を行って角度変位および並進移動量をそれぞれ 3 次的に求めた。

3. 実験方法

測定対象は、22 から 23 歳の健常男性 5 名とし、平坦路上での自由歩行を計測した。ゴニオメータ等を取り付けた状態で数分間の歩行練習を行い、これらセンサ類の装着による違和感の消失を確認した後に計測を開始した。

歩行計測の終了後、ゴニオメータを取り付けた状態で膝関節の 2 方向 X 線撮影を行った。

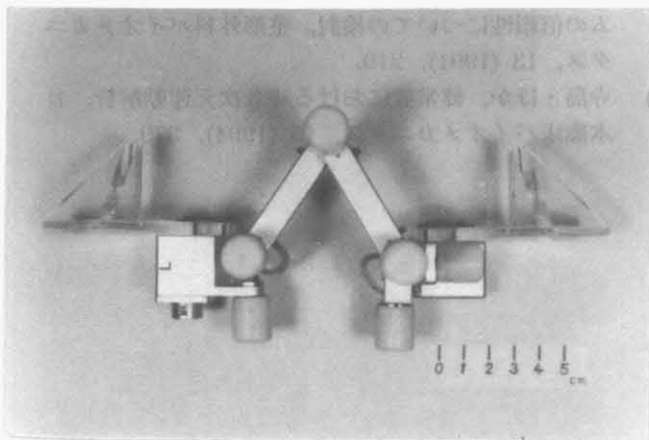


Fig. 1 Six degree-of-freedom Electrogoniometer

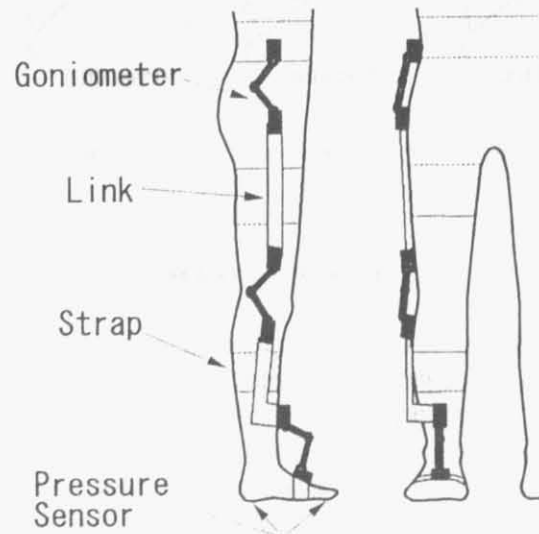


Fig. 2 Experimental set-up

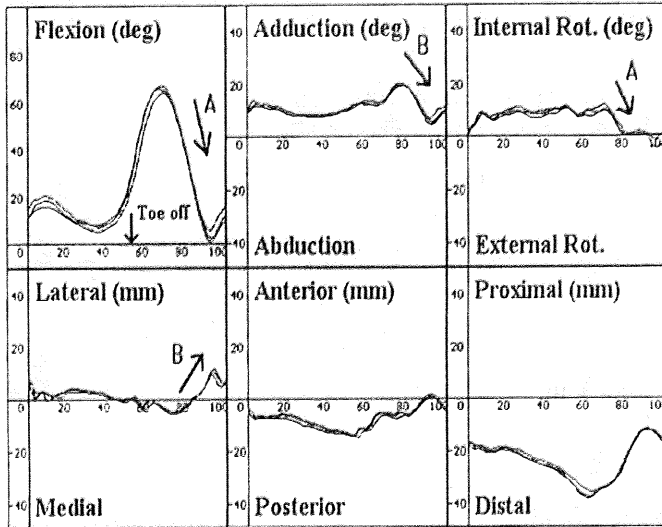


Fig. 3 Characteristics of knee motion

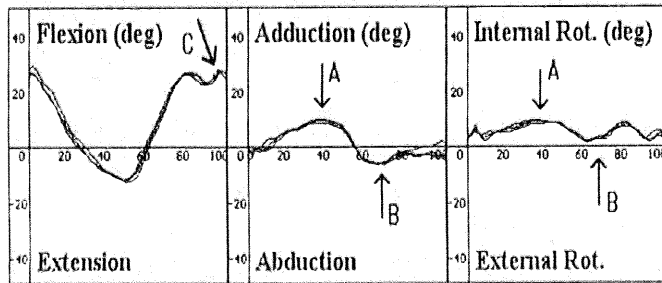


Fig. 4 Characteristics of hip motion

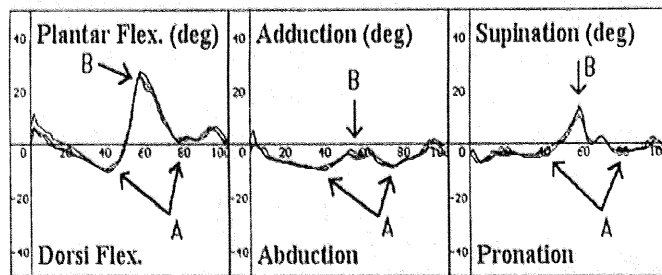


Fig. 5 Characteristics of ankle motion

4. 実験結果および考察

同一被験者についての計測結果の分散は小さく、他の被験者についても定性的な差異は認められなかった。

図3に、膝関節運動についての結果の一例を示す。グラフの横軸は、踵接地 (heel contact) から次の踵接地までを1歩行周期とし、時間の経過をその歩行周期に対するパーセントで表している。この図で、上段には屈曲伸展 (flexion/extension)、内外反 (adduction/abduction) および内外旋 (internal rotation/external rotation) の

各角度変位を、下段には内外側 (medial/lateral)、前後 (anterior/posterior) および遠近位 (distal/proximal) の各並進移動量を示した。また、測定足の踵接地から爪先離地 (toe off) までを立脚期、爪先離地から次の踵接地までを遊脚期という。

図において、立脚期および遊脚期にそれぞれ屈曲する二峰性のパターン (double knee action) が明確に認められる。また、伸展に伴い急激に外旋する screw home motion (図中の矢印A) と、若年男性に特有な踵接地時の外反・外側移動傾向 (矢印B) も確認できる⁹⁾。

図4に、股関節運動についての結果を示す。股関節の角度変位は、立脚期と遊脚期でその様子が僅かに異なり、立脚期では内転・内旋、遊脚期では外転・外旋する傾向にある (矢印AおよびB)。立脚期での内転運動は、平衡を保つために支持脚を内傾させたことによるものと考えられる。また、踵接地の際に屈曲角の変動が見られる。この股関節屈曲 (矢印C) によって、踵接地時の衝撃を一部緩和しているものと推察する。

図5に、足関節運動についての結果を示す。足関節は、距腿関節、距骨下関節など大小様々な関節から構成されているが、本研究では脛骨と中足骨間の相対運動を計測した。背屈 (dorsi flexion) に伴って外転および回内 (pronation)、底屈 (plantar flexion) に伴って内転および回外 (supination) する複合運動を確認できる (矢印A、およびB)。特に、爪先離地時の急激な回外運動は、側方バランスの制御の一端として働いていると考えられる。

5. 結言

6自由度電気角度計および2方向X線撮影を用いた、下肢関節運動の同時計測システムを開発し、それによる健常者の歩行解析を試みた。その結果、本計測システムは歩行動作における下肢関節の様々な特徴的運動を捉えることが可能であり、歩行解析に有用であることを示した。

参考文献

- (1) 寺島・ほか, CRシステムを用いた膝運動三次元解析システムの開発, 整形外科バイオメカニクス, 13 (1991), 213.
- (2) 寺島・ほか, CRを用いた膝運動三次元解析システムの信頼性についての検討, 整形外科バイオメカニクス, 13 (1991), 219.
- (3) 寺島・ほか, 健常者における膝3次元運動解析, 日本臨床バイオメカニクス, 15 (1994), 379.