屈伸運動を対象とした人工膝関節の術後動態評価

Assessment of kinematics of knee prosthesis after TKA about flexion motion

○ 学 真鍋 雅嗣 (九大・院)

正 廣川 俊二 (九大・院)

Masashi MANABE, Kyushu University, Motooka744, Nishi-ku, Fukuoka

Shunji HIROKAWA, Kyushu University

Key Words: Pattern Matching, Knee Prosthesis, Fluoroscopic Image

1. 緒 言

近年, 人工膝関節置換術が多用されるようになっており, 人工膝関節の性能評価や術後の評価法の確立が必要とされている。

本研究では, 人工膝関節装着者のフルオロ画像 (X線動画) にパターンマッチング法¹⁾を適用することによって, 屈伸動作を対象とした人工膝関節の動態測定を行った。また, 人工膝関節の構造や形状と動態の関連性について検討を行った。

2. パターンマッチング法

X線装置から得られる画像は, 対象物体の形状が点対称や軸対象でなければ, その輪郭形状は物体の姿勢に応じた変化を示す。さらに, X線像の位置や大きさも, 物体の空間的位置に対応して変化する。したがって, 位置・姿勢が既知である当該人工膝関節の投影像群をライブラリとしてコンピュータ上に用意しておけば, 位置・姿勢が未知の人工膝関節投影像の形状をライブラリ内の要素群のそれと比較・対照することで, その位置・姿勢を推定することが可能となる²⁾。

3. 実 験

本実験では2種の現用人工膝関節 (Bi-Surface 型と NRG-PS 型) を使用した。Bi-Surface 型を挿入した被験者は7名 (女性7名), 7膝 (右1膝, 左6膝), 平均年齢は78.1歳であった。NRG-PS 型を挿入した被験者は22名 (男性5名, 女性17名), 23膝 (右11膝, 左12膝), 平均年齢は71.7歳であった。

実験では, 被験者をベッドに固定した状態から, 患者自身の力による膝の屈伸運動 (自動屈伸運動) を行わせその様子を撮影した。その後, 実験によって得られた画像にパターンマッチング法を適用して, 大腿・脛骨コンポーネントの相対的位置・姿勢を推定した。

4. 実験結果および考察

結果はすべて大腿コンポーネントから見た脛骨コンポーネントの相対的位置・姿勢を示している。

各屈曲角度に対する付随的内外反角度を図1, 付随的内外旋角度を図2に示す。図中の内外反角度は正に外反, 内外旋角度は正に外旋をとっている。各機種での2本の曲線はそれぞれ屈曲から伸展, 伸展から屈曲に至る運動過程を表したものである。

屈曲角度に関して, 平均最大屈曲角度が Bi-Surface 型で $120.6^{\circ} (\pm 10.7^{\circ})$, NRG-PS 型で $107.8^{\circ} (\pm 11.0^{\circ})$ であった。膝の可動範囲を示す平均屈伸可動域は Bi-Surface 型で $118.7^{\circ} (\pm 9.7^{\circ})$, NRG-PS 型で $110.0^{\circ} (\pm 13.2^{\circ})$ であった。この結果から Bi-Surface 型の方が広い可動域があることがわかる。

図1の内外反に関しては, Bi-Surface 型, NRG 型ともに屈曲角度が増加するに従い, やや内反する傾向は共通している。しかし, Bi-Surface 型では低～中屈曲域において外反している点が NRG 型と異なっている。

図2の内外旋に関しては Screw-Home-Movement が

両機種ともに確認できたが, 内旋運動が開始される屈曲角度が両機種で異なっていた。また, Bi-Surface 型では屈伸方向により動態の異なるヒステリシス特性が見られた。これは, 同機種が大腿骨コンポーネントとインサート間の接触部位に, NRG-PS 型に比べて自由度の高いボール・ソケット形状を採用しているためと考えられる。

5. 結 言

パターンマッチング法を用いて, フルオロ画像から人工膝関節の位置・姿勢推定を行い, 自動屈伸運動における人工膝関節動態データを得た。また, 対象人工膝関節構造が動態に与える影響とその原因について, 考察と検討を行った。

今後は対象動作や対象機種を変えて実験を行い, 人工膝関節構造と動態の関連について原因を解明していく予定である。

Fig.1 Varus-Valgus rotations during active flexion-extension

Fig.2 Internal-External rotation during active flexion-extension

参考文献

- 1) S. A. Banks and W. A. Hodge : IEEE Trans. Biomedical Engineering, vol.43, pp638-649, 1996.
- 2) T. P. Wallace and P. A. Wintz : Comput Graphics Image Process, Vol.13, pp99-126, 1980