J024046

PS 型人工膝関節におけるコンポーネント間のインピンジメント評価

佐藤 祐喜^{*1}, 宮崎 佳宏^{*1}, 下戸 健^{*2}, 西松 和穂^{*3}日垣 秀彦^{*4}, 濱井 敏^{*5}, 岩本 幸英^{*5}

Evaluation of Impingement between Components for Psterior-Stabilized TKA

Yuki SATO^{*1}, Yoshihiro MIYAZAKI, Takeshi SHIMOTO, Kazuho NISHIMATSU,

Hidehiko HIGAKI, Satoshi HAMAI and Yukihide IWAMOTO

^{*1} Fukuoka Institute of Technology, Dept. of Information Engineering and System Engineering
3-30-1 Wajiro-higashi, Higashi-ku, Fukuoka, 811-0295 Japan

Impingement problem of femoral component and polyethylene insert after total knee arthroplasty (TKA) has been recently brought to light by contact pressure analysis using the knee joint simulator. Therefore, adequate motion analysis is important for estimating the impingement between components and improving postoperative exercise. The purpose of this paper is to analyze the impingement of TKA components during stair claiming activity in vivo. Ten patients with posterior-stabilized (PS) TKA were examined in stair claiming activity. The 3-D position and orientation of the implant components were determined using image matching technique. The 6-DOF of each component was able to be reproduced on 3-D CAD. Kinetic relation between the femoral component and polyethylene insert was calculated, and then the impingement was analyzed. In the result, impingement of the femoral intercondylar notch and anterior aspect of the tibial post was observed in extension of stair claiming activity. This study helps the surgeon be more aware about impingement between components under some conditions and is useful to improve the design of artificial knee joint.

Key Words : Posterior-Stabilized TKA, Impingement analysis, Image matching

1. 緒 言

全人工膝関節置換術 (Total Knee Arthroplasty, TKA) で臨床応用されている後方安定型 (Posterior-Stabilized, PS) 人工膝関節において, ポリエチレンインサートと大腿骨コンポーネントには, それぞれポストとカムが設けてあり, 屈曲時には, ポストカム機構により後十字靱帯の代償機構として後方安定性に寄与し, 大腿骨の後方移動 (ロールバック) を再現する. 伸展時には, ポスト前方が大腿骨コンポーネントの顆間部に衝突し, 前十字靱帯の代償機構として前方安定性に寄与する. コンポーネント間の衝突について, 人工膝関節用トライボシミュレータを用いた力学試験により, 人工関節形状の考察や衝突の危険性について報告⁽¹⁾⁽²⁾がされている. したがって, 生体内における人工膝関節の衝突を推定することでできれば, 術式の評価や術後の運動の指導などに応用できると考えられる. そこで本研究では, 術後のリハビリテーションに含まれており, 日常生活動作において膝への負担が最も大きいとされる階段昇降に着目し, PS 型人工膝関節が置換された患者の Stair climbing 時の動態解析からコンポーネント間の衝突について考察を行った.

^{*1} 非会員, 福岡工業大学 (〒811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1)

^{*2} 会員, 福岡工業大学

^{*3} 正員, 愛媛大学 医学部

^{*4} 正員, 九州産業大学 工学部

^{*5} 非会員, 九州大学 医学部

E-mail: s10c2024@bene.fit.ac.jp

2. 対象および方法

PS 型人工膝関節置換された 9 名 10 膝（被験者 A～J）を対象とした。平均年齢は 73.7 ± 8.5 歳，平均体重は 56.9 ± 10.1 kg，手術から撮影までの平均置換期間は 23.7 ± 10.4 ヶ月であった。全例支持なく歩行が可能な症例であった。生体内における人工膝関節の動態はフラットパネルディテクター（Flat Panel Detector, FPD）の撮影で得られる X 画像に対し，イメージマッチング技術を応用することで解析した。並進運動と回転運動の解析精度は，それぞれ 1.0mm と 1.0deg 以内に収まっていることを確認している。実験に用いた階段は 2 段であり，幅は 400mm，1 段目と 2 段目の高さは 200mm，1 段目と 2 段目の奥行きは，それぞれ 200mm と 400mm とした。解析対象となる足が 1 段目に接地し，最大屈曲位から最大伸展位までを経時的に 0%～100%として動態解析を行った。得られた結果を基に，各人工関節コンポーネントを 3D-CAD 上で再現し，ポストとカムの最短距離，大腿骨顆間部とポストの最短距離，および大腿骨コンポーネントとポリエチレンインサートの干涉について解析を行った（図 1）。

Fig.1 Distance of femoral component and polyethylene insert for impingement.

(A) Distance of cam of femoral component and posterior aspect of tibial post.

(B) Distance of intercondylar notch of femoral component and anterior aspect of tibial post.

3. 結果および考察

各被験者の Stair climbing 動作における，屈曲角度，ポストとカムの最短距離，大腿骨顆間部とポストの最短距離を図 2 に示す。実線は大腿骨コンポーネントとポリエチレンインサートは接触しておらず，破線は接触していることを表す。距離が約 0mm の場合は，ポストとカムもしくは大腿骨顆間部とポストが接触しており，それ以外は内外側方向などで接触していることを表す。Stair climbing 動作終了時に屈曲角度 0deg 以下の過伸展になる被験者と過伸展にならない被験者に分けた。昇段時にポストカム機構が機能していたのは，被験者 E と H のみであった。人工関節の設計上，ポストカム機構は屈曲角度約 75deg から接触するが，Stair climbing 動作開始時の最大屈曲角度の平均は 67.7deg であり，接地における荷重負荷により大腿骨コンポーネントが前方変位してもポストカム機構が機能しないと考えられる。Stair climbing 動作終了時で過伸展にならない被験者では，大腿骨顆間部とポストの接触は確認されなかった。過伸展になる被験者では，5 膝中 4 膝の接触が確認された。これは，人工膝関節のアライメントの影響が考えられる。さらに，人工関節の設計上，過伸展 14deg まで前方インピンジメントは起きないが，伸展時に大腿四頭筋が脛骨を前方に引き出すことも影響していると考えられる。本実験で用いた人工膝関節は前方インピンジメントを想定しておらず，日常動作において安定的なキネマティクスを得るためには，これらを想定した設計が必要だと考えられる。

4. 結 語

FPD から出力される医用画像とイメージマッチング法を用いて，Stair climbing 動作における PS 型人工関節置換膝の動態解析を行い，コンポーネント間の衝突について解析した。日常動作におけるコンポーネント同士の衝突解析は，患者個々の診断や術後の運動指導に応用できると期待され，問題点を改善するような術式や人工膝関節の設計にすることで，次世代の医療に繋がると考えられる。

Fig.2 Impingement of femoral component and polyethylene insert in stair claiming activity.

文 献

- (1) Hamai S., Miura H., Higaki H., Shimoto T., Matsuda S., Okazaki K. and Iwamoto Y., "Evaluation of impingement of the anterior tibial post during gait in a posteriorly-stabilised total knee replacement", *the Journal of Bone and Joint Surgery Br*, Vol.90, No.7, (2008), pp.1180-1185.
- (2) Hamai S., Miura H., Matsuda S., Shimoto T., Higaki H., Iwamoto Y., "Contact Stress at the Anterior Aspect of the Tibial Post in Posterior-Stabilized Total Knee Replacement", *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol.92, No.8, (2010), pp.1765-1773.