C210 体幹ひねり動作時における股関節を対象とした動態解析

Motion analysis of hip joint during a trunk rotation activity

正	日垣秀彦 (九産大)	学	王亦峰 (九産大)	正	〇池部怜 (九産大)
正	白石善孝 (愛媛大)	正	下戸健 (福工大)	正	中西義孝 (熊本大)
	原大介 (九州大)		濱井敏 (九州大)		中島康晴 (九州大)
	岩本幸秀 (九州大)				

Hidehiko HIGAKI, Kyushu Sangyo University, 2-3-1 Matsukadai, Higashi-ku, Fukuoka

Yifeng WANG and Satoru IKEBE, Kyushu Sangyo University

Yoshitaka SHIRAIISHI, Ehime University

Takeshi SHIMOTO, Fukuoka Institute of Technology

Yoshitaka NAKANISHI, Kumamoto University

Daisuke HARA, Satoshi HAMAI, Yasuharu NAKASHIMA, Yukihide IWAMOTO, Kyushu University

Key words : motion analysis, hip joint, osteoarthritis, total hip arthroplasty, rotation activity**1. 緒言**

整形外科領域において、生体股関節および人工股関節の動態パターンの解明が重要とされている。股関節は可動域が広く、複雑な6自由度運動を行っているため、高精度な動態解析手法が求められる。股関節を対象とした動態解析手法として、point cluster法や3軸加速度計を用いた解析があるが、骨部とマーカーやセンサの間に皮膚や筋肉などが介在するため精度に問題がある^(1, 2)。高精度の動態解析動態解析手法として2D-3Dレジストレーション法がある。2D-3Dレジストレーション法として、2方向X線動画像を利用した解析技術が散見されるが、特殊機器が必要であることが問題として挙げられる⁽³⁾。近年、フラットパネルディテクター(Flat panel detector, FPD)が病院などの医療機関に設置されており、1方向X線動画像を取得することは容易になってきている。本研究グループでは1方向X線動画像を用いた生体関節、人工関節を対象とした動態解析手法の開発を行っており、生体膝関節および人工膝関節を対象とした日常生活動作時の動態解析を行ってきた^(4, 5)。そこで本研究では、1方向X線動画像とウィンドウ解析技術を用い、重度の変形性関節症(Osteoarthritis, OA)疾患股関節および人工股関節全置換術(Total hip arthroplasty, THA)後を対象とした6自由度動態解析を行った。本報では、可動域の広い体幹ひねり動作に着目し、THA後を対象とした動態解析手法の有用性を検討した。

2. 対象と手法**2・1 対象と撮影手法**

対象はTHA前後の被験者2名(被験者A, B)とした。FPD撮影時の年齢、体重、人工関節の置換期間は、被験者Aは56歳、46.0kg、13.5ヶ月、被験者Bは65歳、63.0kg、6.3ヶ月であった。被験者の撮影にはCT(Computed tomography)とFPDを用いた。CT撮影は、THA前後ともに骨盤および大腿骨近位を撮影した。FPD撮影は、線源と平面センサの間で骨盤と大腿骨の近位が収まるように直立した状態を初期姿勢とし、初期姿勢から逆側および初期姿勢から対象側へ回旋し、再び初期姿勢に達する過程を後方より連続撮影した。

2・2 生体関節を対象とした動態解析手法

被験者から得られたCT画像データより、骨情報を含んだグレースケール3次元モデルを構築した。このグレースケール3次元モデルをコンピュータ上で任意の空間に配置し、線源および投影面の相対関係をFPD撮影時と同様の条件とす

ることで、6自由度に変化する投影シミュレーション像を作成した。この投影シミュレーション像をFPD撮影により得られた1方向X線動画像に対し、画像相関を用いたイメージマッチングを行うことにより、生体股関節の動態解析を行った。本手法の精度は、整形外科領域の動態解析において有用な平均誤差0.3mm, 0.3deg以内に収まっていることを確認している。骨盤の相対座標系の定義は、APP(Anterior pelvic plane)を基に左右側の上前腸骨棘を結ぶ軸をX軸、X軸に垂直で恥骨結合を通る軸をZ軸、Z軸とX軸の外積をY軸、各軸の交点を原点とした。大腿骨の相対座標系の定義は、骨頭重心を原点とし、内外側上顆を結ぶ軸の中点と原点を結んだ軸をZ軸、Z軸に垂直で内外側上顆を結ぶ軸に平行な軸をX軸、Z軸とX軸の外積をY軸と定義した。

2・3 人工関節を対象とした動態解析手法

FPD撮影より得られたX線動画像をShellおよびStemの輪郭を抽出した2値化画像を作成する。対象の被験者に置換されている人工股関節と同機種同サイズの3次元形状データをコンピュータ上の任意の空間に配置し、線源および平面センサの相対位置をFPD撮影時と同様の条件とすることで、6自由度に変化する投影シミュレーション像を作成した。この投影シミュレーション像を2値化したX線動画像に対し、排他的論理和を利用したイメージマッチングを行うことにより、人工股関節の動態解析を行った。THA前後で骨盤および大腿骨の相対座標系が同様となるようにTHA後のCT画像データよりインプラントの置換位置を推定し、THA後の相対座標系を決定した。THA後の動態解析において、Shellの動態解析は生体関節を対象とした動態解析手法を用い、骨盤に対してイメージマッチングを行い、Stemは人工関節を対象とした動態解析手法を用いてイメージマッチングを行った。本報では、本研究グループが行った6名の健常股関節の動態解析結果を比較することにより、THA前後の動態・機能評価を行った。

3. 結果・考察

体幹ひねり動作時に股関節が示す回転運動結果を図1に示す。回転動作0~50%は逆側への回旋動作、50~100%は対象側への回旋動作を示している。屈曲/伸展における回転運動の結果より、逆側回旋に伴う屈曲、対象側動作に伴う伸展運動が確認できた。被験者BはTHA前後で大きな変化は見られなかったが、被験者Aでは初期姿勢でTHA後はTHA前に

Fig.1 Rotation of the femur for the pelvis during rotation activity (Right hip)

比べ、約 7.3deg の屈曲位を示した。内転/外転における回転運動の結果より、健常者および被験者 A の THA 後は逆側回旋に伴う内転運動、対象側回旋に伴う外転運動傾向が確認できた。被験者 A の THA 前および被験者 B の THA 前後は逆側回旋に伴う外転運動、対象側回旋に伴う内転運動傾向が確認できた。内旋/外旋における回転運動の結果より、健常者および全被験者で逆側回旋に伴う外旋運動、対象側回旋に伴う内旋運動傾向が確認できた。回旋角度の絶対変位量は健常者で約 47.9deg、被験者 A の THA 前で約 19.6deg、THA 後で約 27.7deg、被験者 B の THA 前で約 28.3deg、THA 後で約 37.2deg であった。THA 前の被験者は健常者に比べ回旋の絶対変位量が小さく、THA 後では絶対変位量が大きくなっていった。これは、OA の症状の一つである可動域の制限により THA 前では回旋量が小さくなっており、THA により可動域が改善したと考えられる。

初期姿勢を基準とした骨盤と大腿骨の回旋運動の結果を図 2 に示す。骨盤の左右回旋における回転運動の結果より、健常者では約 40.5deg の逆側回旋、約 43.3deg の対象側回旋が確認でき、THA 前後の被験者では約 27.4~63.0deg の逆側回旋、約 39.8~67.8deg の対象側回旋が確認できた。大腿骨の内旋/外旋における回転運動の結果より、健常者は逆側回旋に伴う約 14.0deg の内旋運動、対象側回旋に伴う約 16.5deg の外旋運動が確認できた。THA 前後の被験者では、逆側回旋に伴う約 20.7~49.2deg の内旋運動、対象側回旋に伴う約 21.7~46.8deg の外旋運動が確認できた。体幹ひねり動作において、骨盤と大腿骨は同方向に回旋を行っているが、骨盤が大きく回旋するため股関節は大腿骨と逆の運動傾向を示すと考えられる。健常者の骨盤と大腿骨の回旋量はそれぞれ約 83.8deg、約 30.5deg と回旋量に大きな差が確認できた。THA 前では骨盤の回旋量は 102.8deg、約 97.3deg、大腿骨の回旋量は約 83.0deg、約 72.0deg を示し、健常者に比べ骨盤と大腿骨の回旋量の差は小さいこと確認できた。THA 前では股関節の可動域の制限があるが、大腿骨を骨盤とともに回旋することにより、広い回旋角度を得ていると考えられる。さらに、THA 後での骨盤の回旋量は 80.4deg、約 88.1deg、大腿骨の回旋量は約 52.2deg、約 57.6deg を示した。このことから、THA 後では可動域の改善と大腿骨の代替動作によって体幹ひねり動作時の回旋量を得ていると考えられる。

4. 結言

THA 前後を対象とした体幹ひねり動作時の動態解析を行い、THA 後の動態解析手法の有用性を検討した。結果より、THA 前では可動域の制限、THA 後では可動域の改善を捉えることができた。さらに、THA 前後ともに体幹ひねり動作

時には大腿骨の代替動作をすることで広い回旋角度を得ていると考えられる。これらの結果より、THA 後における動態解析手法は有用だと考えられ、被験者や対象動作の増加により、臨床で有用な情報を得られると考えられる。

参考文献

- (1) Charbonnier C, et al., Am J Sports Med, 39, 557-566, (2011).
- (2) Corazza S, et al., J Biomech, 40(15), 3510-3515, (2007).
- (3) Cappello A, et al., IEEE Trans Biomed Eng. 44(12), 1165-1174, (1997).
- (4) 白石善孝, 他, 日本機械学会論文集 (C 編), 77(782), 219-227, (2011).
- (5) Hamai S, et al., J Orthop Res., 26(4):435-442, (2008).

Fig.2 Rotational motion results of the pelvis and femur during rotation activity(Right hip)