

平成30年6月24日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10450

研究課題名(和文) イメージマッチング法を用いた3次元股関節動態の可視化と治療への応用

研究課題名(英文) Dynamic hip joint kinematics by image matching methods

研究代表者

中島 康晴 (Nakashima, Yasuharu)

九州大学・医学研究院・教授

研究者番号：10304784

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間3年間の間に以下のことを明らかとした。1. 大腿骨頸部の特殊な形態に起因する変形性股関節症の動態把握を行った。その結果、CAM変形の有る場合には屈曲動作で容易にFAIが発生することが明らかとなった。2. 変形性股関節症例の日常生活動作における三次元動態を健常股関節と比較し、人工股関節術後にその動態がどのように変化したかを検討した。その結果、術後は骨盤後傾の程度が減じて座位を取りやすくなっていた。3. 人工股関節においてネック・ライナーimpingementを可視化し、インプラント設置位置との関連を検討した。特に、スポーツ関連では伸展・外旋時にimpingementが発生しやすくなっていた。

研究成果の概要(英文)：During the research period of 3 years, the followings were clarified. 1. We investigated the dynamics of hip joint caused by special deformities of femoral neck. As a result, it became clear that FAI is easily generated by flexion in case of CAM deformation. 2. Three-dimensional dynamics in daily living movements of hip joints with osteoarthritis were compared with healthy hip joints and how the dynamics changed after artificial hip joint surgery was examined. As a result, the degree of posterior pelvic incline was reduced and it became easier to sit up after the operation. 3. We visualized the neck and liner impingement in the artificial hip joint and examined the relationship with the implant placement. Especially in sports related cases, impingement became more likely to occur during extension and external rotation.

研究分野：整形外科

キーワード：股関節 変形性股関節症 動態解析 イメージマッチング インピンジメント

1. 研究開始当初の背景

本邦では超高齢化社会の進展により、運動器の退行性変化に起因する変形性関節症や骨脆弱性骨折などの運動器疾患が急増している。運動器疾患は寝たきりの第2要因(第1要因は脳卒中、女性に限定すれば運動器疾患が第1要因)であり、寝たきりは認知症を惹起することが知られている。変形性関節症は運動器疾患の代表疾患であり、例えば進行した股・膝関節症に対して行われる人工股・膝関節置換術は2002年の65700件に対して2012年では125900件とほぼ倍増しており、この数は実に人口の1%にあたる。運動器疾患治療法の開発による健康寿命の延伸とそれに伴う医療費抑制は今後の少子高齢化社会における緊急の課題である。

本邦の股関節症有病率は5%程度と報告されており、人口に換算すると500万人に及ぶと推定される。股関節症の病因として寛骨臼形成不全(DDH)などの先天的要因が挙げられてきた。さらに近年、股関節屈曲に伴って大腿骨と臼蓋の病的な衝突状態、いわゆる femoroacetabular impingement (FAI) が病因として注目されている。繰り返す impingement により関節唇や軟骨の変性が誘起され、股関節症が発生するとの機序である。FAI は新しい疾患概念として国内外で大きく注目されている。これまでの病態研究は DDH、FAI とともに静的な形態研究が中心であり、すでに多くの知見が集積された。しかしながら運動器である股関節には関節運動や荷重などの動的因子の関与が大きく、現時点で動的解析による病態研究は十分ではない。特に3次元での動作解析や、まさに障害が発生する肢位での応力解析は未だ少ないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では生体股関節および人工股関節の3次元動態をイメージマッチング法にて可視化し、障害に直結する股関節の動きを同定したい。研究期間内に実行する点は以下の通りである。

1 健常人、DDH 症例、FAI 症例の3次元股関節動態を比較する。特に DDH では骨頭の不安定性を定量化し、FAI 症例では impingement 部を明らかとする。

2 脱臼につながる THA の impingement の可視化し、インプラント設置位置・股関節動作・骨盤形態との関連を明らかとする。

3. 研究の方法

(1) 生体股関節の動態解析

単純 X 線連続撮影下に、歩行、しゃがみ込み、椅子からの立ち上がり、振り向きなどの日常生活動作や、FAI 症例では疼痛が出現する深屈曲動作やスポーツ動作を行う。あらかじめ取得した CT 画像から digitally reconstructed radiograph (DRR) 画像を作成する。DRR 画像は、CT データから作成したグレースケール3次元モデルを、コンピュータ上で任意の空間に配置し、光源および投影面を X 線撮影時と同様の条件とすることで得られる。DRR 画像の各ピクセル値は、仮想 X 線がグレースケール3次元モデル内を通過する距離とピクセル値により算出する。得られた DRR 画像と、解析対象となる X 線動画の各ピクセルにおける画素値の画像相関を用いたイメージマッチングを行うことで、生体関節の動態解析を行う。解析によって得られた3次元の相対関係を三次元モデルにあてはめ、相対関係の可視化を行う。

(2) 人工股関節の動態解析

生体股関節と同様に、単純 X 線連続撮影

下に、歩行、しゃがみ込み、椅子からの立ち上がり、振り向きなどの日常生活動作やゴルフなどの非接触スポーツを行う。人工股関節の三次元 CAD モデルを基に、単純 X 線撮影時の X 線源と投影面の相対関係を条件として与えて、投影シミュレーション像を作成する。両ピクセル画像間で、排他的論理和の画素数累計が最小となるような投影像を検索し、人工関節インプラント（ステムとカップ）の相対位置と姿勢を求める。

4. 研究成果

健常股関節と変形性股関節症患者の屈伸可動域の差

末期変形性股関節症(OA)に対する THA 予定の患者のうち、術前に同意を得た 14 名（平均年齢 65 歳、男性 2 名、女性 12 名）を対象とした。椅子からの起立動作を術前と術後に連続 X 線撮影し、CT より得られた投影像とマッチングさせ、画像相関による動態解析を行った。

座位における基準平面に対する大腿骨の屈曲は 70~80 度であり、骨盤は 10~30 度程度後傾していた。骨盤後傾は対照群に比べ OA 群で大きい傾向であり、それに伴って APP に対する大腿骨の屈曲(股関節屈曲)は OA 群では 30~50 程度であった。起立動作では骨盤がまず前傾し、最大前傾・最大股関節屈曲位(40~80 度)を経て後傾しながら立位に至った。最大股関節屈曲角度は OA 群で低い値であった。立位静止時における股関節屈曲は対照群ではほぼ 0 度であったが、OA 群は屈曲拘縮を反映して 5~10 度程度の屈曲を示した。起立に伴う骨盤回旋は両群ともにわずかであったが、大腿骨回旋変化量は対照群では 20 度程度を示すのに対し、OA 群では 5 度程度であった。逆に骨盤の側屈変化量は健常者に比べ OA 患

者で大きい値であった。

人工股関節置換術前後の股関節可動域の変化

座位時の屈曲角は大腿骨（術前 69 度、術後 74 度）と股関節（術前 52 度、術後 62 度）ともに術後屈曲角の有意な増加を認めた。骨盤は後傾位（術前 17 度、術後 13 度）から起立に伴い前傾し、再度後傾しながら立位（術前前傾 3 度、術後前傾 2 度）に至った。股関節は起立動作中に最大屈曲位（術前 64 度、術後 73 度）となり術後最大屈曲角の有意な増加を認めた。股関節最大屈曲時の骨盤傾斜は術前 0 度から術後前傾 6 度と有意に前傾し、また骨盤最大前傾角（術前 8 度、術後 13 度）も有意に増加した。全例動作中にライナー・ネック間の接触は認めなかった。

スポーツ活動時の健常股関節動態解析

健常男性 6 例 6 股（平均年齢 33 歳、身長 173 cm、体重 67kg）を対象とした。トレッドミル歩行、椅子からの起立、しゃがみ姿勢からの起立（スクワット）体幹捻りの 4 動作をフラットパネルディテクターで連続 X 線撮影し、CT より得られた投影像とマッチングさせ、画像相関による動態解析を行った。トレッドミル歩行では骨盤前傾（ 5 ± 6 度）の影響で大腿骨屈曲（最大 23 ± 6 度）よりも股関節屈曲が大きい値を示した（最大 27 ± 5 度）。椅子からの起立とスクワットではまず骨盤が後傾位（椅子： 9 ± 7 度、スクワット： 10 ± 9 度）より前傾を開始し、最大股関節屈曲位（椅子： 78 ± 14 度、スクワット： 100 ± 14 度）の後、骨盤は最大前傾（椅子： 7 ± 9 度、スクワット： 7 ± 9 度）を経て後傾しながら立位に至った。股関節最大屈曲は骨盤後傾の影響で大腿骨屈曲（椅子： 81 ± 8 度、スクワット： $107 \pm$

14度)よりも小さい値を示した。体幹捻りでの骨盤回旋は最大 52 ± 13 度を示し、股関節最大回旋は 28 ± 18 度であった。解析精度はRMS値で骨盤、大腿骨ともに並進0.3mm以内、回転0.3度以内であった。

イメージマッチング法により、過去には解析困難であった深屈曲や捻りを含む様々な動作中の骨盤と大腿骨の協調運動を高精度で詳細に解析することが可能であった。本法は今後、股関節疾患の病的kinematicsを評価する際にも有用であると考えられた。

人工股関節置換術後のゴルフ

THA症例8例10股を対象とした。X線透視下にゴルフスイングを行い、イメージマッチング法を用いて動態解析を行った。動作中のネック・ライナー間での接触の有無を評価し、キネマティクスおよび設置位置の差、カップ中心と骨頭中心の相対距離(中心間距離)を検討した。アドレスからバックスイングのトップ(右:内旋 24 ± 19 度、左:外旋 26 ± 11 度)まで回旋し、トップからフィニッシュ(右:外旋 24 ± 12 度、左:内旋 24 ± 19 度)までで、全体で約50度の回旋が生じていた。動作中の中心距離の変化はアドレスからスイング動作で最大 0.9 ± 0.5 mmであった。4股(右2、左2)で最大外旋時にネック・エレベートライナー間の接触を認めた。接触群は非接触群と比べ、最大外旋(33 ± 5 度 vs. 19 ± 10 度)が有意に大きかったが、最大外旋時屈曲(-5 ± 16 度 vs. 2 ± 7 度)、外転(12 ± 10 度 vs. 4 ± 9 度)中心間距離の変化(0.9 ± 0.2 mm vs. 0.9 ± 0.5 mm)に有意差はなかった。接触群でカップ前方開角(27 ± 6 度 vs. 12 ± 3 度)が有意に大きかったが、CA(45 ± 4 度 vs. 54 ± 3

度)に有意差はなかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計10件)

1. Hara D, Hamai S, Komiyama K, Motomura G, Shiimoto K, Nakashima Y. Sports Participation in Patients After Total Hip Arthroplasty vs Periacetabular Osteotomy: A Propensity Score-Matched Asian Cohort Study. J Arthroplasty. 33(2):423-430, 2018 (査読あり)
2. Fujii M, Nakamura T, Hara T, Nakashima Y. Can the hip joint center be estimated from pelvic dimensions in dysplastic hips? J Orthop Sci. 22(6):1089-1095, 2017 (査読あり)
3. Yoshimoto K, Hamai S, Higaki H, Gondoh H, Nakashima Y. Visualization of a cam-type femoroacetabular impingement while squatting using image-matching techniques: a case report. Skeletal Radiol. 46(9):1277-1282, 2017 (査読あり)
4. Hara D, Hamai S, Fukushi JI, Kawaguchi KI, Motomura G, Ikemura S, Komiyama K, Nakashima Y. Does Participation in Sports Affect Osteoarthritic Progression After Periacetabular Osteotomy? Am J Sports Med. 45(11):2468-2475, 2017 (査読あり)
5. Fujii M, Nakashima Y, Nakamura T, Ito Y, Hara T. Minimum Lateral Bone Coverage Required for Securing Fixation of Cementless Acetabular Components in

- Hip Dysplasia. Biomed Res Int. 4937151, 2017 (査読あり)
6. Komiyama K, Nakashima Y, Hirata M, Hara D, Iwamoto Y: Does High Hip Center Decrease Range of Motion in Total Hip Arthroplasty? A Computer Simulation Study. J Arthroplasty 31(10):2342-7, 2016 (査読あり)
 7. Hara D, Nakashima Y, Hamai S, Higaki H, Ikebe S, Shimoto T, Yoshimoto K, Iwamoto Y: Dynamic hip kinematics during golf swing after total hip arthroplasty. Am J Sports Med, 44(7):1801-9, 2016 (査読あり)
 8. Fujii M, Nakashima Y, Noguchi Y, Yamamoto T, Motomura G, Hamai S, Iwamoto Y: Factors associated with severity of intra-articular lesion in developmental dysplasia of the hip. Arthroscopy, 32(8):1581-9, 2016(査読あり)
 9. Kohno Y, Nakashima Y, Hatano T, Akiyama M, Fujii M, Hara D, Kanazawa M, Haraguchi A, Iwamoto Y: High prevalence of cam deformity in dysplastic hips: A three-dimensional CT study. J Orthop Res, 34(9):1613-9, 2016 (査読あり)
 10. Hara D, Nakashima Y, Hamai S, Higaki H, Ikebe S, Shimoto T, Yoshimoto K, Iwamoto Y. Dynamic hip kinematics in patients with hip osteoarthritis during weight-bearing activities. Clin Biomech, 32:150-6, 2016 (査読あり)

[学会発表](計 件)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

中島康晴 (Nakashima Yasuharu)

九州大学・医学研究院・教授

研究者番号: 10304784

(2)研究分担者

濱井 敏 (Hamai Satoshi)

九州大学病院・助教

研究者番号: 90643742

(3)連携研究者

東藤 貢 (Todo Mitsugu)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号: 80274538

(4)研究協力者

()