

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591633

研究課題名（和文） 股関節の生体内動態解析評価システムの開発

研究課題名（英文） Development of in vivo Hip Kinematics Evaluation System

研究代表者

坂井 孝司（SAKAI TAKASHI）

大阪大学・医学部付属病院・助教

研究者番号：00444539

研究成果の概要（和文）：生体内における股関節の三次元動態を客観的かつ定量的に解析・評価する2つのキネマティクスに関するシステムを開発した。一つは、生体股関節について種々の肢位で撮像した3D-MRIデータにボクセルベースドレジストレーション法を用いたシステムで、股関節形成不全股の不安定性を明らかにした。もう一つはX線透視画像に人工関節の3D-CADモデルをマッチングさせる2D-3D レジストレーションによるシステムで、人工股関節全置換術後の生体内動態を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Two evaluation systems for analyzing and evaluating in vivo three-dimensional kinematics of hip joint were developed. The first one was the evaluation system with voxel-based registration and 3D-MRI for native hip joint, and this system revealed the translation of the dysplastic hips. The other one was the evaluation system with 2D-3D registration and fluoroscopy for hips with total hip arthroplasty (THA), and this system showed in vivo kinematics of hip joint after THA.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：整形外科学

キーワード：運動器リハビリテーション学

1. 研究開始当初の背景

股関節では関節面の形状・接触と筋・靭帯・関節唇による制動により、適切な可動域と動揺性を獲得し、任意の肢位でのバランスが保持される。股関節の不安定性は関節症の動的要因であるが、生体内における不安定性を客観的かつ定量的に解析・評価するシステムは未だ確立されていない。股関節の不安定性評価と疾患の関係を解明することは、治療法・手術適応の決定や、効果的な

治療法・リハビリテーションの確立へつなぐと考えられる。

2. 研究の目的

股関節の生体内動態を解析・評価するシステムを確立し、股関節疾患の治療に寄与することを目的とした。

(1) 生体股関節の動態を種々の肢位で撮像した3D-MRIデータにボクセルベースドレジストレーション法を用いて三次元定量的に解析し、股関節の不安定性を評価した。

(2) 骨関節の生体内動態をX線透視動画に2D-3Dレジストレーション法を応用した独自の方法を用いて四次元定量的に解析した。

3. 研究の方法

(1) 3D-MRIとボクセルベースドレジストレーション法による生体股関節の三次元動態解析。ガントリーが広く種々の肢位が可能なMRI装置(SIEMENS MAGNETOM Espree)を用いて、年齢をマッチさせた正常ボランティア(男性10例、女性12例)と前・初期股関節症の臼蓋形成不全例(13例、全例女性)に対し、股関節3D-MRIを撮像した。撮像条件は、股関節のボクセルベースドレジストレーション法に最も適していると判断したtrue FISP像を用いて、中間位、屈曲位、伸展位、パトリック肢位で両側撮像した。各肢位でのデータにボクセルベースドレジストレーション法を用いて動態解析を施行し、中間位の画像を基準として、臼蓋に対する大腿骨頭の関節面の相対移動量・ベクトル変位量を調査した。さらに60才以上の正常女性10例についても同様に調査し解析を行った。

(2) 人工股関節全置換術後の生体内動態解析。CTベースドナビゲーションシステムを用いて施行し、人工股関節全置換術症例40例(45関節)を対象とした。全例摺動面にポリエチレンを有するタイプで、フラットパネル型X線透視装置を用いてシリアル撮影し、デジタルデータとして記録した。コンポーネントの三次元的空間位置姿勢決定のため、仮想空間におけるX線焦点と金属コンポーネントを結ぶ直線の束とコンポーネントCADモデル表面間の距離の総和の2乗を最小化する自動レジストレーションアルゴリズムを用いて、連続画像にマッチングし、時間軸を含めた生体内動態を正側面だけでなく任意の断面において再現した。立位正面を基準として軸を設定し、骨頭中心を原点として可動域、骨盤傾斜角を定量評価した。また経時的に撮像が可能であった例では経時的評価を行った。

4. 研究成果

(1) 3D-MRIとボクセルベースドレジストレーション法による生体股関節の三次元動態解析。臼蓋形成不全例の不安定性と臼蓋被覆度であるcenter-edge角の相関関係を明らかにした($r=-0.73$, $p=0.001$)。また、高齢者正常女性例、若年者正常女性例、臼蓋形成不全女性例の間に45度屈曲位及びPatrick肢位での不安定性に有意差が認められた($p<0.05$)。

(2) 人工股関節全置換術後の生体内動態解析。システムの精度検証では角度は1.3度以下、距離は2.3mm以下の誤差であった。人工股関節全置換術例の術後しゃがみこみ動作

について解析し、動作中の関節可動域・骨盤傾斜の程度・屈曲動作中の骨盤傾斜寄与率・インプラントインピンジメントが生じるまでの理論的角度を明らかにしえた。また、対象とした2機種的人工股関節についてはインプラントインピンジメントが生じるまでの理論的角度は全例で10度以上確保できており、経時的評価ではしゃがみこみ動作が術後2年以内においては安全に行えていることが確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

①坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作。骨頭径による比較、Hip Joint、査読無、38巻、(2012) 525-528

②Keisuke Akiyama, Takashi Sakai, Norio Sugimoto, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Three-dimensional distribution of articular cartilage thickness in the elderly tarus and calcaneus analyzing the subchondral bone plate density, Osteoarthritis Cartilage, 査読有, 20, (2012), 296-304

③ Keisuke Akiyama, Takashi Sakai, Junichiro Koyanagi, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Evaluation of translation in the normal and dysplastic hip using three-dimensional magnetic resonance imaging and voxel-based registration, Osteoarthritis Cartilage, 査読有, 19, (2011), 700-710

④ Junichiro Koyanagi, Takashi Sakai, Takaharu Yamazaki, Tetsu Watanabe, Keisuke Akiyama, Nobuhiko Sugano, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, In vivo kinematic analysis of squatting after total hip arthroplasty, Clin Biomech, 査読有, 26, (2011), 477-483

⑤ Shinichi Gose, Takashi Sakai, Toru Shibata, Keisuke Akiyama, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Verification of the Robin and Graham classification system for hip disease in cerebral palsy using three-dimensional computed tomography, Dev Med Child Neurol, 査読有, 53, (2011), 1107-1112

⑥小柳淳一郎、坂井孝司、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後の股関節深屈曲動作における可動域・骨盤傾斜の経

時的变化、Hip Joint、査読無、37 卷、(2011) 420-424

〔学会発表〕(計 21 件)

①坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、X 線イメージ 2D/3D registration 法による THA 後の股関節運動解析、第 39 回日本股関節学会、2012 年 12 月 7 日～12 月 8 日、新潟

② Takashi Sakai, Junichiro Koyanagi, Takaharu Yamazaki, Masaki Takao, Takashi Nishii, Nobuhiko Sugano, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Kinematic analysis of heels-down squatting after total hip arthroplasty, 25th Annual Congress of International Society for Technology in Arthroplasty, 2012 年 10 月 3 日～10 月 6 日、Sydney, Australia

③坂井孝司、高尾正樹、西井孝、菅野伸彦、動作制限のない THA のために、第 40 回日本関節病学会、2012 年 11 月 8 日～11 月 9 日、鹿児島

④坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作 28, 32, 36, 40mm 骨頭径の比較、第 49 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2012 年 5 月 31 日～6 月 2 日、福岡

⑤坂井孝司、モーニングレクチャー THA の術前・術後評価、第 42 回日本人工関節学会、2012 年 2 月 25 日、那覇

⑥小柳淳一郎、坂井孝司、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作 28, 32, 36, 40mm 骨頭径での比較、第 42 回日本人工関節学会、2012 年 2 月 25 日、那覇

⑦ Junichiro Koyanagi, Takashi Sakai, Takaharu Yamazaki, Tetsu Watanabe, Keisuke Akiyama, Nobuhiko Sugano, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Comparison of kinematic analysis between 28, 32, 36mm femoral heads during squatting after total hip arthroplasty, Annual meeting of Orthopaedic Research Society, 2012 年 2 月 6 日、San Francisco, USA

⑧ Keisuke Akiyama, Takashi Sakai, Junichiro Koyanagi, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Evaluation of hip translation using three-dimensional magnetic resonance imaging, Annual meeting of Orthopaedic Research Society,

2012 年 2 月 6 日、San Francisco, USA

⑨坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後の深屈曲動作における可動域・骨盤傾斜の経時的变化、第 48 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2011 年 11 月 3 日、千葉

⑩小柳淳一郎、坂井孝司、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後の股関節深屈曲動作における屈曲角度の経時的变化、第 117 回中部日本整形外科災害外科学会学術集会、2011 年 10 月 28 日、山口

⑪秋山慶輔、坂井孝司、小柳淳一郎、吉川秀樹、菅本一臣、正常及び臼蓋形成不全症例における 3D-MRI を用いた近接距離マッピング評価、第 26 回日本整形外科学会基礎学術集会、2011 年 10 月 20 日、群馬

⑫小柳淳一郎、坂井孝司、山崎隆治、秋山慶輔、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作 骨頭径による比較、第 26 回日本整形外科学会基礎学術集会、2011 年 10 月 20 日、群馬

⑬坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作 骨頭径による比較、第 38 回日本股関節学会、2011 年 10 月 8 日、鹿児島

⑭坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後の股関節深屈曲動作における可動域・骨盤傾斜の経時的变化、第 5 回日本 CAOS 研究会、2011 年 9 月 30 日、大阪

⑮ Takashi Sakai, Junichiro Koyanagi, Takaharu Yamazaki, Tetsu Watanabe, Nobuhiko Sugano, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Heels-down squatting after total hip arthroplasty, 11th Annual Meeting of CAOS International, 2011 年 6 月 18 日、London, UK

⑯小柳淳一郎、坂井孝司、山崎隆治、秋山慶輔、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後の屈曲可動域・骨盤傾斜の経時的变化、第 37 回日本股関節学会、2010 年 10 月 2 日、福岡

⑰秋山慶輔、坂井孝司、小柳淳一郎、吉川秀樹、菅本一臣、臼蓋形成不全症例における 3D-MRI を用いた股関節不安定性評価、第 25 回日本整形外科学会基礎学術集会、2010 年 10 月 15 日、京都

⑱小柳淳一郎、坂井孝司、山崎隆治、秋山慶輔、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作、第 25 回日本整形外科学会基礎学術集会、2010 年 10 月 15 日、京都

⑲坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、人工股関節全置換術後のしゃがみこみ動作、第 47 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2010 年 5 月 22 日、鹿児島

⑳坂井孝司、小柳淳一郎、菅野伸彦、吉川秀樹、菅本一臣、CT-based navigation を用いた THA 後のしゃがみこみ動作に対する生体内動態解析、第 4 回日本 CAOS 研究会、2010 年 4 月 17 日、東京

□ Keisuke Akiyama, Takashi Sakai, Junichiro Koyanagi, Hideki Yoshikawa, Kazuomi Sugamoto, Evaluation of hip instability in the normal and dysplastic hips using three-dimensional magnetic resonance imaging, World congress of osteoarthritis, 2010 年 9 月 23 日、Brussels, Bergy

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂井 孝司 (SAKAI TAKASHI)
大阪大学・医学部付属病院・助教
研究者番号：00444539

(2) 研究分担者

菅本 一臣 (SUGAMOTO KAZUOMI)
大阪大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：40294061

(2) 研究分担者

菅野 伸彦 (SUGANO NOBUHIKO)
大阪大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：70273620

(2) 研究分担者

山崎 隆治 (YAMAZAKI TAKAHARU)
大阪大学・大学院医学系研究科・講師
研究者番号：40432546