

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K09109

研究課題名(和文) 骨盤の形態異常に注目した股関節形成不全の病態解明

研究課題名(英文) morphological analysis of hip dysplasia focusing on pelvic deformity

研究代表者

藤井 政徳 (Fujii, Masanori)

佐賀大学・医学部・講師

研究者番号：00805351

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：寛骨臼形成不全患者の姿勢に伴う骨盤傾斜の変化は症例毎に多様であること、この骨盤傾斜の変化は股関節の接触圧力に大きく影響することを明らかにした。この知見に基づき、患者固有の骨盤傾斜を再現した上で骨盤矯正骨切り術のシミュレーションを行い、矢状面、冠状面など、多平面での寛骨臼の位置補正が、股関節の接触圧力分布などの生体力学にどのように影響するかを明らかにした。この研究結果によって、各患者の寛骨臼矯正の被覆・向きを最適化するためには、股関節の形態だけでなく、荷重肢位での生理的骨盤傾斜も取り入れるべきであることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寛骨臼形成不全患者は、他の原疾患による変形性股関節症に比べ若年で発症し、有効な保存的治療が存在しないことから、骨盤矯正骨切り術等により変形性股関節症の進行を予防し、人工股関節全置換術の回避を目指すことが重要である。本研究の結果は、患者個々の骨形態、患者の姿勢に応じて最適な寛骨臼の矯正を行う上で重要な知見であり、今後実臨床の骨盤矯正骨切り術の術前計画等へ応用することで、治療成績の向上に貢献できると考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we found that there are individual differences in the change in pelvic tilt associated with posture in patients with hip dysplasia, and that this change in pelvic tilt significantly affects the contact pressure distribution at the hip joint. Based on these findings, we performed a biomechanics-based simulation of pelvic osteotomy considering patient-specific pelvic tilt to determine how the multi-dimensional correction of the acetabulum affects hip biomechanics, including contact pressure distribution. The results of this study suggest that the extent and orientation of acetabular correction should be optimized for each patient, taking into account not only hip morphology but also physiological pelvic tilt in the weight-bearing position.

研究分野：整形外科

キーワード：股関節形成不全 骨盤形態 骨盤傾斜 有限要素法

## 1. 研究開始当初の背景

変形性股関節症は中年期以降に発症し、日常生活・就労活動に重大な障害をもたらす運動器疾患で、本邦では原因の約8割を股関節形成不全が占める。股関節形成不全患者は、関節不安定性や関節応力の異常な集中を来し、若年で発症するため、関節温存手術等により変形性股関節症の進行を予防し、人工股関節全置換術の回避を目指すことが重要である。

現在、関節温存手術の中で主要な役割を担うのは矯正骨盤骨切り術であり、その手技を最適化するためには矯正すべき骨形態異常とそれに伴う生体力学的異常を明確にすることが肝要である。しかしながら、これまで生理的な骨盤傾斜の変化が寛骨臼の向きや骨頭被覆・力学的環境に与える影響は不明であった。解剖学的な股関節骨形態異常のみならず、姿勢の変化に伴う矢状面アライメント・骨盤傾斜の変化が寛骨臼の開口方向・骨頭被覆・股関節応力に与える影響を明らかにすることにより、より機能的な骨形態学的・生体力学的解析が可能となり、病態の理解が深まると考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、既存の解剖学的骨盤座標系による骨形態評価ではなく、骨盤形態異常を考慮した信頼性の高い骨盤傾斜の計測法を選別または考案し、それに基づいて立位や臥位といった肢位における骨盤傾斜・脊柱アライメントの評価を行い、股関節形成不全患者の矢状面アライメントの特徴を明らかにすることである。また、姿勢に伴う矢状面骨盤アライメントの変化が、寛骨臼の開口方向・骨頭被覆といった股関節形態や股関節応力に与える影響を、CTを用いた三次元的骨形態学的解析、有限要素法を用いた股関節応力の生体力学的解析によって明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

(1) 骨盤X線、CT dataを用いて、矢状面骨盤形態の指標と骨盤傾斜との関連を統計学的に検討し、骨盤形態異常の影響を受けない信頼性の高い評価法を選出する。

(2) 骨盤X線、CT dataを用いて、立位・臥位といった姿勢による骨盤傾斜の変化を評価する。また骨盤・股関節の三次元骨形態解析を行い、矢状面骨盤・脊柱アライメントとの関連を統計学的に検討する。

(3) 股関節疾患患者の病因、年齢、性別等の疫学因子や骨形態学的因子と、矢状面骨盤・脊柱アライメントとの関連を統計学的に解析する。

(4) CT DICOM dataを基に、患者個々の骨盤傾斜、骨形態、骨密度分布を反映した有限要素モデルを作成し、三次元有限要素法による股関節応力解析を行う。関節応力の大きさ・分布と骨形態・骨盤傾斜との関連を統計学的に解析する。

## 4. 研究成果

【文献1】姿勢に伴う矢状面骨盤アライメントの変化が寛骨臼の開口方向・骨頭被覆に与える影響について、股関節形成不全患者65例を対象に、臥位/立位骨盤正面X線と、

骨盤CTデータを用いて、2D-3Dマッチングを行いCT上で患者固有の骨盤傾斜を再現した上で、3次元的な骨形態評価を行なった。この解析により、臥位から立位で骨盤は後傾する傾向があることが明らかとなった。また、このような姿勢に伴う骨盤傾斜は寛骨臼の開口方向・骨頭被覆にも影響を与え、臥位から立位で寛骨臼の前方開角は増大し、前上方の骨頭被覆が減少することを見出した。

【文献2】股関節形成不全患者21例、正常股関節21例の骨盤CTのDICOM dataから骨モデルを作成し、臥位Functional pelvic planeを基準として、骨盤を10°前傾、10°後傾させ股関節の接触面積、最大接触圧力、荷重面の最大相当応力の分布について有限要素法解析を行なった。この解析の結果、骨盤が後傾するとともに、正常股関節、股関節形成不全ともに接触面積は減少し、最大接触圧力は上昇し、接触応力の最大値は前上方へ移行し、この傾向は形成不全患者でより顕著であった。以上のことから、矢状面骨盤傾斜は股関節にかかる力にも統計学的に有意な変化をもたらすことが明らかとなった。

【文献3】 臥位/立位骨盤X線と骨盤CTを用いて、患者固有の骨盤傾斜を再現した上で股関節の3D surface modelを作成し、症例毎の臥位/立位/APP座標軸での骨盤傾斜変化が股関節の接触圧力にどのように影響するかを検討した。その結果、症例毎に臥位/立位/APP座標軸での骨盤傾斜変化は多様であること、この骨盤傾斜の変化は股関節の接触圧力に大きく影響することが明らかとなった。

【文献4,5】 患者固有の骨盤傾斜を再現した上で股関節の3D surface modelを作成し、model上で骨盤矯正骨切り術のシミュレーションを行い、多平面での寛骨臼の位置補正が、股関節の接触圧力分布などの生体力学にどのように影響するかを解析した。冠状面の矯正に関しては、個々の症例で最適な矯正量が異なること、骨頭変形が矯正後の股関節接触圧力に影響することを明らかにした。また、冠状面の被覆を正常化することで63%の患者で正常な関節接触圧を得ることができる一方、骨盤がより後方に傾斜しており、寛骨臼の前方被覆が不良である患者においては、移動骨片の前方回転を追加することが股関節の接触圧力を正常化するために有用であることを明らかにした。この研究結果によって、各患者の寛骨臼矯正の向きをカスタマイズするために

は、股関節の形態だけでなく、荷重肢位での生理的骨盤傾斜も取り入れるべきであることが示唆された。

<引用文献>

1. Tachibana T, Fujii M, Kitamura K, Nakamura T, Nakashima Y : Does acetabular coverage vary between supine and standing positions in patients with hip dysplasia? Clin Orthop Relat Res. 477(11):2455-2466, 2019.
2. Kitamura K, Fujii M, Utsunomiya T, Iwamoto M, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Todo M, Nakashima Y : Effect of sagittal pelvic tilt on joint stress distribution in hip dysplasia: A finite element analysis. Clin Biomech. 74:34-41, 2020.
3. Kitamura K, Fujii M, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Nakashima Y : Does patient-specific functional pelvic tilt affect joint contact pressure in hip dysplasia? A finite-element analysis study. Clin Orthop Relat Res. 479(8):1712-1724, 2021.
4. Kitamura K, Fujii M, Iwamoto M, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Nakashima Y : Effect of coronal plane acetabular correction on joint contact pressure in periacetabular osteotomy: A finite-element analysis. BMC Musculoskelet Disord. 23:48, 2022.
5. Kitamura K, Fujii M, Iwamoto M, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Nakashima Y : Is anterior rotation of the acetabulum necessary to normalize joint contact pressure in periacetabular osteotomy? A finite-element analysis study. Clin Orthop Relat Res. 480(1):67-78, 2022.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kitamura Kenji, Fujii Masanori, Ikemura Satoshi, Hamai Satoshi, Motomura Goro, Nakashima Yasuharu	4. 巻 479
2. 論文標題 Does Patient-specific Functional Pelvic Tilt Affect Joint Contact Pressure in Hip Dysplasia? A Finite-element Analysis Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Orthopaedics & Related Research	6. 最初と最後の頁 1712 ~ 1724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/CORR.0000000000001737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujii Masanori, Nakashima Yasuharu, Kitamura Kenji, Motomura Goro, Hamai Satoshi, Ikemura Satoshi, Noguchi Yasuo	4. 巻 37
2. 論文標題 Preoperative Rather Than Postoperative Intra-Articular Cartilage Degeneration Affects Long-Term Survivorship of Periacetabular Osteotomy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery	6. 最初と最後の頁 2112 ~ 2122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.arthro.2021.01.060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujii Masanori, Nakamura Tetsuro, Hara Toshihiko, Nakashima Yasuharu	4. 巻 26
2. 論文標題 Is Ranawat triangle method accurate in estimating hip joint center in Japanese population?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Science	6. 最初と最後の頁 219 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jos.2020.03.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tachibana Tetsuya, Fujii Masanori, Kitamura Kenji, Ikemura Satoshi, Hamai Satoshi, Motomura Goro, Fukushi Jun-ichi, Nakashima Yasuharu	4. 巻 25
2. 論文標題 Modified lateralized head sign: An accurate marker in diagnosing adult hip dysplasia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Science	6. 最初と最後の頁 460 ~ 465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jos.2019.05.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tachibana Tetsuya, Fujii Masanori, Kitamura Kenji, Nakamura Tetsuro, Nakashima Yasuharu	4. 巻 477
2. 論文標題 Does Acetabular Coverage Vary Between the Supine and Standing Positions in Patients with Hip Dysplasia?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clinical Orthopaedics & Related Research	6. 最初と最後の頁 2455 ~ 2466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/CORR.0000000000000898	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iwamoto Miho, Fujii Masanori, Komiyama Keisuke, Sakemi Yuta, Shiimoto Kyohei, Kitamura Kenji, Yamaguchi Ryosuke, Nakashima Yasuharu	4. 巻 25
2. 論文標題 Is lateral acetabular rotation sufficient to correct anterolateral deficiency in periacetabular reorientation osteotomy? A CT-Based simulation study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Orthopaedic Science	6. 最初と最後の頁 1008 ~ 1014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jos.2019.12.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitamura Kenji, Fujii Masanori, Utsunomiya Takeshi, Iwamoto Miho, Ikemura Satoshi, Hamai Satoshi, Motomura Goro, Todo Mitsugu, Nakashima Yasuharu	4. 巻 74
2. 論文標題 Effect of sagittal pelvic tilt on joint stress distribution in hip dysplasia: A finite element analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Biomechanics	6. 最初と最後の頁 34 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinbiomech.2020.02.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitamura Kenji, Fujii Masanori, Iwamoto Miho, Ikemura Satoshi, Hamai Satoshi, Motomura Goro, Nakashima Yasuharu	4. 巻 480
2. 論文標題 Is Anterior Rotation of the Acetabulum Necessary to Normalize Joint Contact Pressure in Periacetabular Osteotomy? A Finite-element Analysis Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Orthopaedics & Related Research	6. 最初と最後の頁 67 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/CORR.0000000000001893	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kitamura Kenji, Fujii Masanori, Iwamoto Miho, Ikemura Satoshi, Hamai Satoshi, Motomura Goro, Nakashima Yasuharu	4. 巻 23
2. 論文標題 Effect of coronal plane acetabular correction on joint contact pressure in Periacetabular osteotomy: a finite-element analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BMC Musculoskeletal Disorders	6. 最初と最後の頁 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12891-022-05005-5	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 藤井政徳 中島康晴 北村健二 本村悟朗 濱井敏 池村聡 野口康男
2. 発表標題 寛骨臼移動術後の関節内病変の変化
3. 学会等名 第47回日本股関節学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井政徳 本村悟朗 佐藤太志 山口亮介 川原慎也 池村聡 濱井敏 中島康晴
2. 発表標題 股関節鏡視下手術後に再燃した股関節痛に対し寛骨臼移動術を施行した一例
3. 学会等名 第47回日本股関節学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北村健二 藤井政徳 塩本喬平 山口亮介 川原慎也 池村聡 濱井敏 本村悟朗 中島康晴
2. 発表標題 寛骨臼形成不全患者の機能的骨盤傾斜が股関節接触圧力に与える影響
3. 学会等名 第47回日本股関節学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦沢知行 藤井政徳 塩本喬平 山口亮介 佐藤太志 川原慎也 池村聡 濱井敏 本村悟朗 中島康晴
2. 発表標題 股関節造影による股関節不安定性の評価とその関連因子
3. 学会等名 第47回日本股関節学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北村健二 藤井政徳 宇都宮健 岩本美帆 川原慎也 池村聡 濱井敏 本村悟朗 中島康晴
2. 発表標題 有限要素法を用いた寛骨臼形成不全に対する骨盤骨切り術の骨片移動方向の検討
3. 学会等名 第93回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujii M, Okaguchi M, Kitamura K, Kawahara S, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Nakashima Y
2. 発表標題 Is hip arthrography useful for the assessment of hip joint instability in adult hip disorders?
3. 学会等名 21st EFORT Annual Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kitamura K, Fujii M, Utsunomiya T, Iwamoto M, Kawahara S, Ikemura S, Hamai S, Motomura G, Nakashima Y
2. 発表標題 Effect of sagittal pelvic tilt on joint reaction force in hip dysplasia: A patient-specific finite element analysis
3. 学会等名 ORS 2020 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 藤井政徳 北村健二 橘哲也 岩本美帆 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中島康晴
2. 発表標題 寛骨臼形成不全の骨形態の特徴
3. 学会等名 第92回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橘哲也 藤井政徳 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中島康晴
2. 発表標題 Shenton Lineを用いた新しい成人股関節亜脱臼の診断法
3. 学会等名 第92回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村健二 藤井政徳 宇都宮健 岩本美帆 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 東藤貢 中島康晴
2. 発表標題 寛骨臼形成不全において矢状面骨盤傾斜は股関節の接触圧力に影響するか？
3. 学会等名 第92回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村健二 藤井政徳 宇都宮健 岩本美帆 川原慎也 池村聡 濱井敏 本村悟朗 中島康晴
2. 発表標題 有限要素法を用いた寛骨臼形成不全に対する骨盤骨切り術の骨片移動方向の検討
3. 学会等名 第45回日本股関節学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujii M, Nakamura T, Hara T, Nakashima Y
2. 発表標題 Sagittal pelvic deformity in developmental dysplasia of the hip
3. 学会等名 20th EFORT Annual Congress
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋哲也 藤井政徳 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中村哲郎 原俊彦 中島康晴
2. 発表標題 姿勢による骨盤傾斜と骨頭被覆の変化 寛骨臼形成不全患者65例の検討
3. 学会等名 第135回西日本整形・災害外科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋哲也 藤井政徳 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中村哲郎 原俊彦 中島康晴
2. 発表標題 寛骨臼形成不全患者の姿勢に伴う骨盤傾斜・骨頭被覆の変化
3. 学会等名 第45回日本股関節学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋哲也 藤井政徳 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中島康晴
2. 発表標題 成人股関節における亜脱臼の新しい診断法
3. 学会等名 第45回日本股関節学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋哲也 藤井政徳 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中島康晴
2. 発表標題 成人股関節X線における股関節外方亜脱臼を定量化したHip Centerの有用性
3. 学会等名 第45回日本股関節学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤井政徳 橋哲也 北村健二 池村聡 濱井敏 本村悟朗 福士純一 中島康晴
2. 発表標題 成人寛骨臼形成不全の診断における大腿骨頭側方化の有用性
3. 学会等名 第136回西日本整形・災害外科学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------