

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：30128

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11269

研究課題名（和文）寛骨臼形成不全患者にみられる関節唇損傷と痛みの関連性の解明

研究課題名（英文）Is pain associated with labrum injury in patients with developmental dysplasia of the hip?

研究代表者

鈴木 大輔（Suzuki, Daisuke）

北海道千歳リハビリテーション大学・健康科学部・教授

研究者番号：40372817

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：寛骨臼形成不全患者（DDH）は関節唇の損傷により変形性股関節症が進むことが多く、関節唇への負担を減少させることが重要である。本研究では以下の知見を得た。DDH患者の骨盤は一般的な骨盤に比べ、腸骨翼の角度がより垂直に近い。DDH患者のうち、寛骨臼後壁が足りない患者は大腿骨頭の接触圧が大きくなる。関節不安定性のあるDDH患者は正常に比べて関節唇の肥大化がみられた。DDH患者を外旋位でX線撮影するFalse Profile viewと、3次元画像を2D-3D matchingした。DDH患者は正常より大腿骨頭が前方に移動することから、外旋位はDDH患者にとって好ましくない肢位と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寛骨臼形成不全（DDH）の患者は変形性股関節症になるリスクが高い。股関節唇損傷によってこのリスクはさらに上昇するので関節唇に負担をかけない肢位を考えることは重要である。本研究により、DDH患者の骨盤形態が系統的に変形していること、DDHといっても形状によっては変形性股関節症になるリスクがより高い患者がいることを示した。関節唇は関節不安定性が顕著なDDH患者で肥大化し、損傷しやすくなることを示した。股関節外旋位では大腿骨頭が前方移動し、関節唇損傷がよくみられる前方領域にインピンジメントする恐れがあることから、日常生活でなるべく股関節を外旋させないように指導することが重要であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Secondary osteoarthritis of the hip joint often progresses due to damage to the labrum in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH), it is important to reduce the strain on the labrum. This study obtained the following findings: 1. the iliac wing is closer to vertical in patients with developmental dysplasia of the hip (DDH) compared to the normal pelvis. 2. Among DDH patients, patients with posterior acetabular wall deficiency have greater contact pressure on the femoral head. 3. Patients with joint instability DDH had thickened labrum compared with normal subjects. 4. 2D-3D matching was performed on X-ray of the false profile view (an external rotation position) and 3D images constructed from CT images. The external rotation position is considered to be an unfavorable position for DDH patients, because the femoral head moves anteriorly more than normal in DDH patients.

研究分野：股関節のバイオメカニクス

キーワード：股関節 関節唇 中殿筋 相同モデル 有限要素法 2D-3Dマッチング

研究開始当初の背景

関節唇は寛骨臼縁にある結合組織である。関節唇は股関節腔内を密閉し、寛骨臼と大腿骨頭を吸着させる働きを持つ。この作用によって関節唇は股関節を安定化するとともに、下肢を支えるのに必要な力を減少させることができる(Crawford et al. 2007, Clin Orthop Relat Res)。

DDH 患者は、寛骨臼の大腿骨被覆が正常より小さい疾患である。強い痛みを訴える DDH 患者は、その 9 割近くが関節唇の損傷または退行変性を持つ(Ross et al. 2011, Am J Sport Med)。このような DDH 患者に対して行われる手術として、寛骨臼回転骨切り術(RAO)がある。この手術は、寛骨臼をドーム状に骨切りし、外方へ回転させることにより荷重領域を広げる手術である。ところが興味深いことに、RAO 術後は関節唇を全く修復していないにもかかわらず、DDH 患者の多くで痛みが消失する(Hartig-Andreasen et al. 2013, Acta Orthop)。また正常に比べて平均 6.7 度前傾であった骨盤姿勢が正常に近くなる。

研究の目的

寛骨臼形成不全 (DDH) 患者は寛骨臼の発達が悪く、大腿骨の被覆が十分でないと考えられている。しかしながら、寛骨臼だけではなく他の部分も形態が異なることが知られている。これまでは局所計測のみであったが、相同モデルを使った主成分分析を用いることにより、骨盤全体の三次元形状の変化を明らかにすること。

有限要素法を用いて、DDH 患者のうち、寛骨臼の後壁が不足している患者と一般的な DDH 患者の寛骨臼上部にかかる応力を評価すること。

股関節に不安定性のある DDH 患者の関節唇の形態を評価すること

2D-3D マッチング手法を用いて DDH 患者の False Profile View (外旋位の立位を斜めから撮影する手法) で股関節の不安定性を評価すること。またこの結果から関節唇に負担をかけない肢位を明らかにすること。

研究の方法

DDH 患者と正常患者の骨盤の違いを 3 次元的に明らかにするため、相同モデルを使用して形態解析を行った。

寛骨臼回転骨切り術を受けた女性骨盤を DDH 群、明らかな変形がない女性骨盤を対照群とし、10 例の正常骨盤から平均化したテンプレートモデルを作成した。テンプレートモデルは左右対称、等方性メッシュになるようにした。次に各群 50 例の骨盤をそれぞれのテンプレートモデルにフィッティングさせることにより、相同モデル化を行った。相同モデル化した骨盤の各頂点を対象に主成分分析を行い、得られた主成分得点と DDH 陽性の感度等から ROC 曲線を求め、どの主成分が DDH 患者によくみられる骨盤形態であるかを評価した。

DDH 患者のうち、寛骨臼後壁が足りない患者は大腿骨頭の接触圧が大きくなる。札幌医科大学を受診した正常股関節患者 7 名、寛骨臼後壁が足りない患者 7 名、一般的な DDH 患者 7 名の CT 画像を用いた。CT 画像から骨盤-軟骨-大腿骨モデルを作成し、有限要素解析ソフトを用い、寛骨臼上部にかかった相当応力を評価した。

CE 角 20°以下の DDH 患者 7 名, CE 角 20-25°の境界型 DDH 患者 9 名を 3 テスラの MRI で股関節の放射状断を撮影した. これらの画像から関節唇の断面積を計測し, 関節不安定性のある患者とない患者で関節唇の面積を評価した.

30 名の DDH 患者および 10 名の片側性的特発性大腿骨頭壊死症患者(対照群)を対象とした. 対象患者を外旋・荷重位にした False Profile view で X 線撮影し, 一方で CT 撮影画像から, 3 次元モデルを作成した. 2D-3D Image matching 法を用いて, X 線画像と 3 次元モデルを重ね合わせ, 3 次元モデルをゼロポジションとしたとき, False Profile view では大腿骨頭がどれくらい前方に変位したのかを計測した.

研究成果

寛骨臼形成不全 (DDH) 患者の骨盤変形や関節唇損傷部位から関節唇損傷をしやすい肢位を考察し, 関節唇損傷を予防する肢位を考案しようと試みた.

寛骨臼形成不全 (DDH) 患者は寛骨臼の発達が悪く, 大腿骨の被覆が十分でないだけでなく, 冠状面と水平面の両方における寛骨の角度が狭くなっている. つまり, 前方および上方から見ると, 正常骨盤は三角形だが, DDH では四辺形に近い形になっている. また, DDH では仙骨の傾斜も小さい. これは DDH 患者において中殿筋の作用方向が異なること, 腰椎前弯が小さくなり矢状面のバランスがとりづらいことが示唆された(図 1, 文献 1).

DDH 患者の中には寛骨臼後壁が足りない群が存在している. これらの患者は変形性股関節症の発症が早いことが知られている. 有限要素法でシミュレーションを行ったところ, 寛骨臼後壁が足りない DDH 患者は通常の DDH 患者に比べ, 寛骨臼上部に相当応力が有意に大きくなる領域があった. これは股関節に過大な荷重がかかることを示唆してい

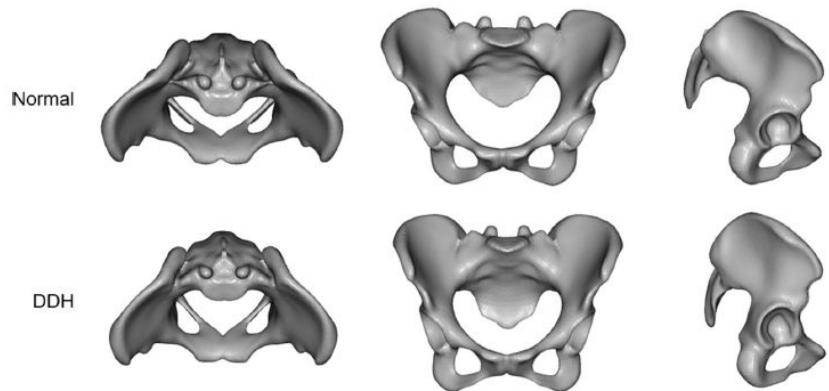


図 1. 相同モデルを用いて, 正常骨盤と寛骨臼形成不全 (DDH) 患者の骨盤を 3 次元的に解析した結果. 正常と DDH 患者の骨盤について, 違いのあった成分を仮想的に強調した. 上段: 正常骨盤, 下段: DDH 患者の骨盤.

る. つまり, DDH 患者は大腿骨頭の被覆が小さく, 股関節にかかる荷重が大きくなるという点以外にも骨学的に不利な点があり, それが股関節にかかる荷重をさらに増大させることを示唆している(文献 2, 3; 図 2).

関節唇は寛骨臼の辺縁にあることから, 一般的には荷重がかからない部分と考えられていたが, 関節唇の深部は寛骨臼内に一部入り込んでいる. 特に DDH 患者の場合寛骨臼の辺縁部が荷重領域になることが多い. この場合は関節唇 寛骨臼結合部に過重な力がかかる. そのため, 関節唇が外側に押し込まれるような形になり, 関節唇の肥大化が起こると考えられる. 肥大化の起こる領域は股関節の前方部分が多かった(文献 4). 我々は股関節を外転させて, 大腿骨

頭中心の移動距離および移動パターンの研究をおこない、股関節不安定性を定義した(文献5)。その定義に基づいた股関節不安定性のある DDH 群は、不安定性の内群に比べ、関節唇の断面積が大きいことから、関節唇の肥大化は関節不安定性に関連していることが示唆された。逆に関節不安定性を有さない例では関節唇の肥大化はみられない(図3、文献6)。

つまり、関節唇が荷重されて外側に押し出される。股関節不安定性が増加。さらに関節唇に剪断応力がかかるという悪循環が、関節唇損傷のメカニズムだと考えられる。このようなことから大腿骨頭の前方不安定性は、前方領域の関節唇損傷メカニズムの一つとして考えられている。そのため、大腿骨頭前方変位による前方領域の関節唇損傷メカニズムを十分に理解することは、変形性股関節症を治療するために重要な情報となる。

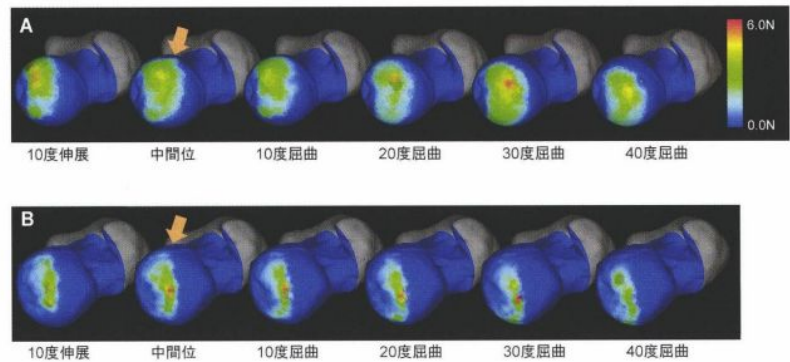


図2.有限要素法を用いて大腿骨頭の接触圧分布を評価した。A.一般的なDDH群の一例、B.後壁が不足したDDHの一例。

False Profile view(図4)は、荷重位での股関節伸展および外旋位であるため、大腿骨頭の前方変位を評価するには最適な撮影肢位である。本研究は、2D-3D image matchingを用いることでFP viewにおける骨盤斜位像を補正し、股関節の前面を定義した。これは、3D-CT modelと3D-FP modelを単純に比較することを可能とし、荷重および股関節伸展・外旋運動に

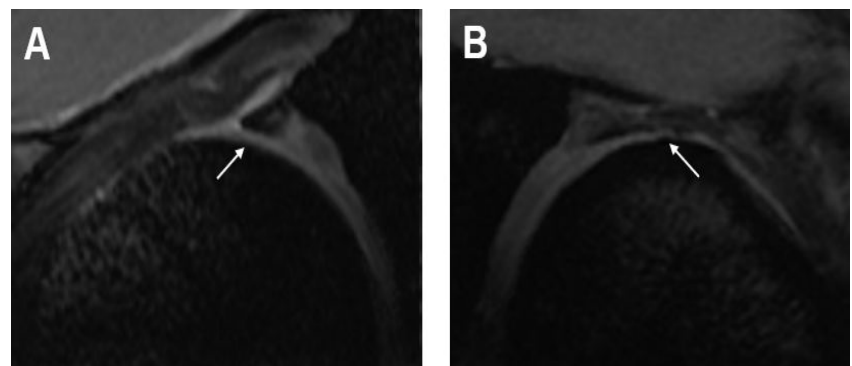


図3.同一患者でも股関節の不安定性の違いで関節唇の肥厚に違いがみられる。A.右側は境界型DDHで股関節不安定性なし。関節唇の肥大も見られない(矢印)。B.左側はDDHで股関節不安定性あり。関節唇は肥大している(矢印)。

よる影響を正確に評価した。その結果FP肢位において股関節は、Control群では平均 $12.8 \pm 8.4^\circ$ 外旋し、 $0.3 \pm 0.2\text{mm}$ 前方変位した。一方DDH群は平均 $14.7 \pm 13.5^\circ$ 外旋し、 $1.0 \pm 0.5\text{mm}$ 前方変位した。DDH群は、Control群と比較して有意に前方変位量が大きかった($p < 0.01$; 図5、文献7)。

これらの結果から、DDH患者の関節唇損傷は正常より損傷しやすい状態にあるが、DDH患者は正常より大腿骨頭が前方に移動することから、外旋位はDDH患者にとって好ましくない肢位

と考えられる。日常生活において DDH 患者に股関節の外旋運動を避けるように指導することは、関節唇損傷の予防のためにも重要であると考えられる。

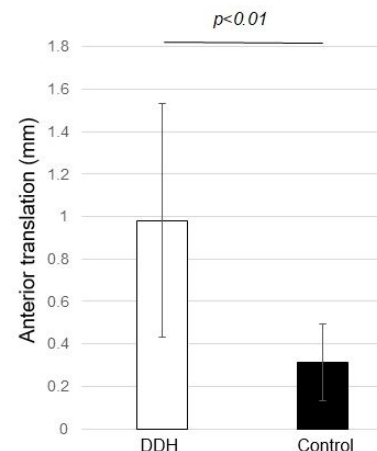
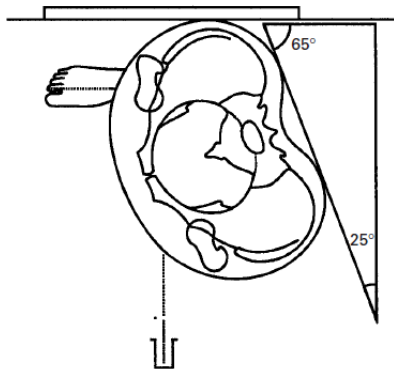


図 4 . False Profile view.
Chosa & Tajima. 2003. J Bone Joint Surg Br

図 5 . False profile view において DDH 群と対象群と股関節中心の移動距離の違い . DDH 群は有意に前方に移動した .

引用文献

1. Sasaki Y, Suzuki D, Tokita R, Takashima H, Matsumura H, Nagoya S. Specific pelvic shape in patients with developmental dysplasia of the hip on 3D morphometric homologous model analysis. PLoS One. 2024 Jun 3;19(6):e0300938.
2. 鈴木大輔, 花之内健仁, 金泉新, 喜沢史弥, 小助川維摩, 名越智. 後壁不足型寛骨臼形成不全は寛骨臼に大きなストレスを集中させる . 2022, 臨床バイオメカニクス学会 (学会発表) .
3. 鈴木大輔, 名越智, 喜沢史弥, 山下敏彦. 後壁が不足した寛骨臼形成不全における大腿骨頭の接触圧分布 . 臨床バイオメカニクス 41 巻 Page79-84(2020.10)
4. 鈴木大輔, 小助川維摩, 名越智, 金泉新, 喜沢史弥, 舘田健児, 山下敏彦. 寛骨臼回転骨切り術によって関節唇損傷部はどこへ移動するのか . 2019, 日本股関節学会 (学会発表) .
5. Kizawa F, Suzuki D, Nagoya S, Kanaizumi A, Shimizu T, Irie T, Takahashi D, Iwasaki N. Joint instability in patients with borderline developmental dysplasia of the hip. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2024 Jan;111:106136.
6. 喜沢史弥, 鈴木大輔, 名越智, 金泉新, 宮崎拓自, 中村夢次郎, 清水智弘, 高橋大介, 岩崎倫政. 関節不安定性を有する DDH における関節唇の形態 . 2021, 日本股関節学会 (学会発表) .
7. 喜沢史弥, 鈴木大輔, 名越智, 小助川維摩, 金泉新, 清水淳也, 入江徹, 清水智弘, 高橋大介, 岩崎倫政. 荷重および股関節外旋による股関節前方不安定性の定量評価 . 2023, 日本股関節学会 (シンポジウム) .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kanaizumi A, Suzuki D, Nagoya S, Teramoto A, Yamashita T	4. 巻 17
2. 論文標題 Patient-specific three-dimensional evaluation of interface micromotion in two different short stem designs in cementless total hip arthroplasty: a finite element analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J Orthop Surg Res	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13018-022-03329-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 鈴木大輔, 名越智, 喜沢史弥, 金泉新, 小助川維摩, 清水淳也, 中橋尚也, 山下敏彦	4. 巻 47
2. 論文標題 寛骨臼回転骨切術における適切な寛骨臼の回転方向	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Hip Joint	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sasaki Y, Suzuki D, Tokita R, Takashima H, Matsumura H, Nagoya S	4. 巻 19
2. 論文標題 Specific pelvic shape in patients with developmental dysplasia of the hip on 3D morphometric homologous model analysis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0300938. eCollection 2024.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kizawa F, Suzuki D, Nagoya S, Kanaizumi A, Shimizu T, Irie T, Takahashi D, Iwasaki N.	4. 巻 111
2. 論文標題 Joint instability in patients with borderline developmental dysplasia of the hip	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Clin Biomech	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinbiomech.2023.106136. Epub 2023 Oct 30.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木大輔, 名越智, 喜沢史弥, 金泉新, 小助川維摩, 清水淳也
2. 発表標題 寛骨臼形成不全患者の関節裂隙の3次元評価
3. 学会等名 股関節学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木優衣 鈴木大輔 時田諒 高島弘幸 松村博文 名越智
2. 発表標題 三次元相同モデルを用いた寛骨臼形成不全患者の骨盤全体形状の評価
3. 学会等名 股関節学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤芳章 鈴木大輔 喜沢史弥 金泉新 平岩利仁 名越智
2. 発表標題 どの短外旋筋温存が股関節脱臼抵抗に効果的か？
3. 学会等名 股関節学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木大輔 金泉新 喜沢史弥 小助川維摩 名越智
2. 発表標題 後壁不足型寛骨臼形成不全は寛骨臼に大きなストレスを集中させる
3. 学会等名 臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木大輔
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切術における適切な寛骨臼の回転方向
3. 学会等名 日本整形外科学会基礎
4. 発表年 2021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
研究分担者	名越 智 (Nagoya Satoshi) (40264527)	札幌医科大学・公私立大学の部局等・教授 (20101)	
研究分担者	小助川 維摩 (Kosukegawa Ima) (80569682)	札幌医科大学・医学部・助教 (20101)	
研究分担者	金泉 新 (Kanaizumi Arata) (90813618)	札幌医科大学・医学部・訪問研究員 (20101)	

	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
研究協力者	喜澤 史弥 (Kizawa Fumiya)		

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
---------	---------