

令和元年5月25日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K17921

研究課題名(和文) 骨盤傾斜と寛骨臼骨頭被覆率は発育性股関節形成不全の新たな基準となりうるか？

研究課題名(英文) Can pelvic tilt and acetabular coverage ratio be a new criteria for developmental dysplasia of the hip?

研究代表者

和田 佳三 (WADA, Keizo)

徳島大学・病院・助教

研究者番号：00771289

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)：本研究の目的は骨盤傾斜の影響を加味した三次元的寛骨臼骨頭被覆の状態と有限要素法や生体力学試験での関節面にかかる応力分析との関係性を明らかにすることである。まずCT画像評価による骨頭被覆率と単純X線評価項目との関連性を検証し、CE(Center Edge)角との相関がみられ、骨盤後傾角度と負の相関がみられることを明らかにした。次に有限要素法による解析では寛骨臼関節面の平均相当応力との間に負の相関がみられ、境界型寛骨臼形成不全群においては、股関節症状を有する例において骨盤後傾角度と相当応力の間に強い相関が見られた。現在、有限要素解析による応力評価と力学試験による応力評価の整合性検討を進めている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CT画像を用いた寛骨臼骨頭被覆率の評価は従来の評価項目とも相関があり、骨盤傾斜角度と負の相関を持つことが明らかとなった。また有限要素法を用いた応力解析では、骨頭被覆率と寛骨臼関節面応力との間には負の相関がみられた。すなわち骨盤後傾を制御することによって骨頭被覆率の低下を防ぎ、寛骨臼関節面にかかる応力を低くできる可能性が示唆された。これは変形性股関節症の予防医療において重要な知見である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the relationship between acetabular coverage ratio using CT and stress assessment using both finite element analysis and cadaveric biomechanical trial. Firstly, from our database, we calculated acetabular coverage ratio in 200 hips using CT and clarified that acetabular coverage ratio correlated with radiographical criteria such as a center edge angle. Acetabular coverage also correlated with posterior pelvic tilt. In finite element analysis, acetabular coverage ratio correlated with average von Mises stress of acetabular articular surface. In hips in symptomatic borderline dysplasia, there were strong correlation between average von Mises stress of acetabular articular surface and posterior pelvic tilt.

研究分野：関節病学

キーワード：股関節 寛骨臼形成不全 骨盤傾斜 有限要素法

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

日本人の股関節疾患における臨床最も罹患数の多い変形性股関節症において、その背景は欧米と異なり、約80%が寛骨臼形成不全に起因する二次性変形性股関節症とされている。現在、本邦における変形性股関節症の有病率は1.0~4.3%とされているため、推定100万人以上もの寛骨臼形成不全患者が存在することになる。寛骨臼形成不全の評価法においては、これまで国内外から多くの研究成果が報告されているが、CT撮影が広く用いられるようになった現在でも、実臨床においては単純X線による二次元での形態学的評価が主流である。三次元的な股関節形態評価についての研究報告は年々増加してきているが、いまだにコンセンサスの得られた診断基準は確立されていないのが現状である。三次元での関節形態評価の重要性が広く認識されているにもかかわらず、臨床応用に至らない大きな原因の一つとして、画像評価による骨頭被覆状態と実際の関節面にかかる応力との関係性が明らかにされていないことが考えられる。これまで報告されている画像研究は、画像評価のみで完結しており、画像評価と実際の関節面にかかる応力との関係性を詳細に分析した報告はほとんどない。

申請者らのグループではこれまでに、実臨床から得られたCT画像を用いて一般日本人1000例を越える大規模な関節形態調査を行い、日本人の股関節が欧米人と比較して骨頭被覆率(図1)が低く、かつ、三次元的に多様な形態を有していることを明らかにした。また単純X線立位像と臥位像を用いて骨盤の矢状面傾斜の評価を行った結果、寛骨臼形成不全患者の骨盤は正常対象者と比較して、有意に立位で後傾する事を明らかにし、寛骨臼形成不全の評価においては臥位の評価のみならず立位の評価を合わせて行う必要がある事を報告してきた。さらにこの結果を応用し、CT画像から作成した三次元骨モデルでの有限要素法(図2)にて、下肢荷重を想定した圧負荷における関節面応力分布に対する骨盤後傾の影響を解析してきた。

これらの研究結果を踏まえ、申請者らは従来からの二次元での骨頭被覆の評価ではなく、三次元での関節形態が反映されるように骨頭被覆面積からの寛骨臼骨頭被覆率を解剖学的指標として用い、さらに、骨盤後傾の変化を考慮した上で有限要素法と新鮮屍体での生体力学研究にて関節面にかかる応力を解析することで、メカニカルストレスの定量化を行うことを考えた。三次元的な要素を加味した画像情報と実際に関節面にかかる応力との関連性を明らかにすることで、より客観的で詳細な指標に基づく寛骨臼骨頭被覆の評価が可能となる。さらに、骨盤後傾の影響を加えることで、より臨床的に有用な成果が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では寛骨臼形成不全の評価における有用な因子として、三次元的骨頭被覆状態評価に着目し、未固定遺体を用いて骨盤傾斜の影響を加味した画像評価による三次元的寛骨臼骨頭被覆の状態と有限要素法や生体力学試験を用いた実際の関節面にかかる応力分析との関係性を明らかにすることである。

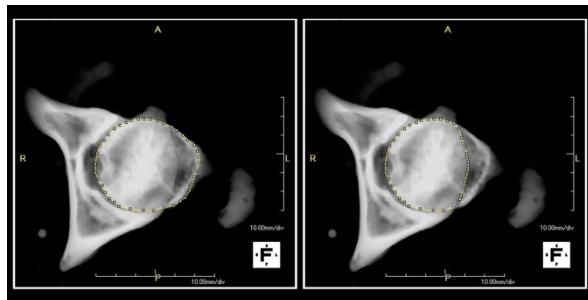


図1
CT画像から骨盤と大腿骨頭の位置関係から
寛骨臼関節面の骨頭被覆率を計測



図2
CT画像から
骨盤と大腿骨を
三次元モデル化
有限要素解析で
関節面にかかる
応力を評価

3. 研究の方法

当初は、まず未固定遺体から股関節を温存した状態で剖出した骨盤及び大腿骨に対して有限要素解析による寛骨臼関節面にかかる応力分析をおこない、さらに同検体を用いて有限要素解析と同じ条件で力学試験を行って両解析手法の整合性検討を行うことを予定していた。しかし、研究に使用可能な未固定遺体の確保に時間を要したため、申請者らのグループがこれまでに使用している一般日本人1000例を超えるCT画像データベースの症例を用いた検討を初年度に行った。このデータベースより単純X線画像所見から股関節形態別に、過剰被覆群、正常群、境界型寛骨臼形成不全群、寛骨臼形成不全群の4群に分類し、それぞれの群から無作為に50股関節を抽出し、CT画像から骨頭被覆率を計測するとともに、骨盤を臥位でのfunctional pelvic plane (FPP)を基準面として5度ずつ後傾させた際の骨頭被覆率の変化を統計学的に検討した。また同じCT画像から有限要素解析ソフトMECHANICAL FINDER(計算力学研究センター社製)を用いて股関節の三次元有限要素モデルを作成し、骨盤を拘束した状態で片側股関節に大腿骨遠位より下肢機能軸方向に片脚立位状態を想定した応力を加え、寛骨臼関節面にかかる平均相当応力(von Mises stress)、応力分布を定量的に評価した。またCT画像から骨頭被覆率を算出し、関節面にかかる応力値との相関を統計学的に検討した。さらにこの有限要素モデルにおいても臥位でのFPPを基準面として骨盤を5度ずつ後傾させ、各後傾角度での寛骨臼関節面応力を評価して骨盤後傾角度との関連について統計学的に検討した。

最終年度は初年度の有限要素解析を進めるとともに、使用可能な未固定遺体を用いた力学的試験を開始した。剖出した股関節の寛骨臼関節面にシート型の圧力センサーであるタクトイルセンサー(ニッタ社製)(図3)を挿入し、万能試験機(島津製作所製)(図4)を用いて、股関節に軸圧を加えた。加圧方向は下肢機能軸とし、この際にタクトイルセンサーから得られた応力を測定した。さらに骨盤を5度ずつ後傾させて同様の測定を行い、タクトイルセンサーの数値の変化を記録した。また力学的試験と有限要素解析との整合性を検討するために、剖出した股関節に対してもCT画像から有限要素モデルを作成し、同様の条件での応力評価を行なった。

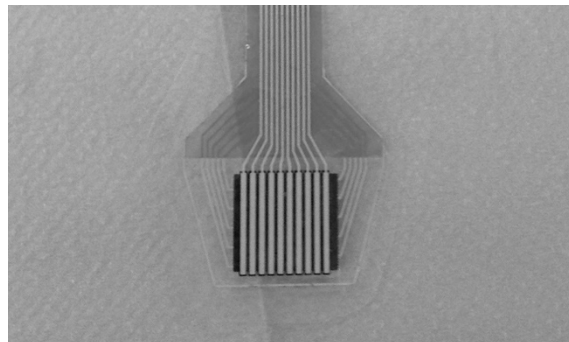


図3
厚さ0.1mmフィルム状センサシート (ニッタ社製)

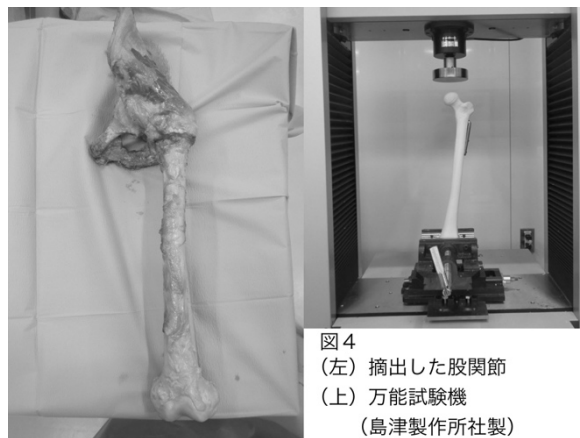
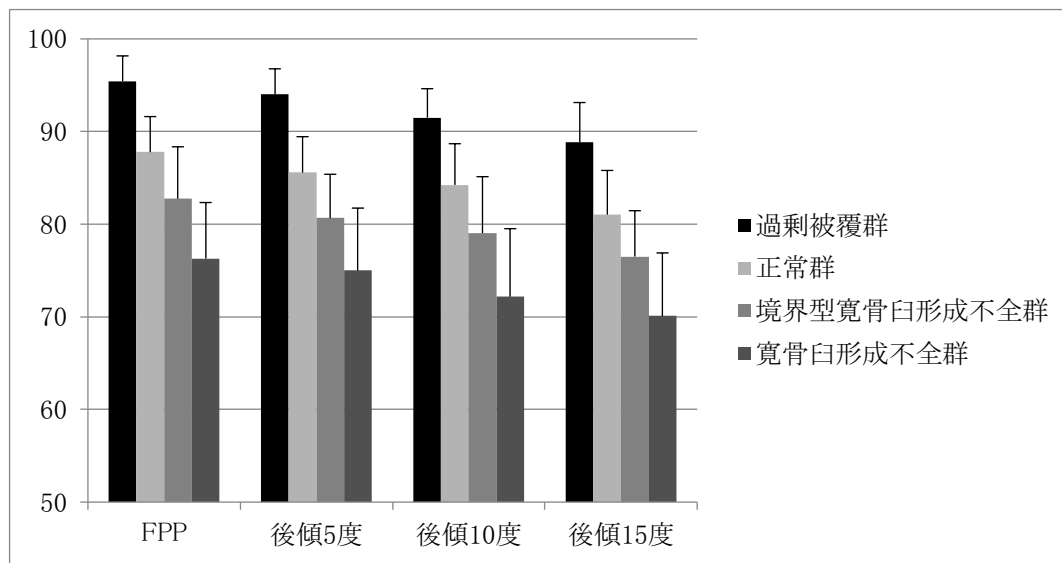


図4
(左) 摘出した股関節
(上) 万能試験機
(島津製作所社製)

4. 研究成果

まずCT画像による寛骨臼骨頭被覆率はこれまでの単純X線を用いた寛骨臼形成不全の評価基準と有意に相関(骨頭被覆率とCE角: Pearson's $r = 0.767$; $p < 0.001$) (骨頭被覆率とACE角: $r = 0.585$; $p < 0.001$)している事が明らかとなった。また骨盤の後傾角度と骨頭被覆率には負の相関関係($r = -0.334$; $p < 0.001$)が認められ、骨盤が後傾するにしたがって骨頭被覆率は低下することが明らかとなった。各群における骨盤後傾角度と骨頭被覆率との間には過剰被覆群で($r = -0.478$; $p < 0.001$)、正常群で($r = -0.444$; $p < 0.001$)、境界型寛骨臼形成不全群($r = -0.393$; $p < 0.001$)で、寛骨臼形成不全群で($r = -0.323$; $p < 0.001$)とそれぞれの群において有意な相関が見られた。特に境界型寛骨臼

形成不全群においては、骨盤が15度後傾することによって二次性変形性股関節症の起因となる寛骨臼形成不全群におけるFPP基準での骨頭被覆率と同等になることが明らかとなった(下グラフ)。



有限要素モデルを用いた応力解析では、骨頭被覆率と寛骨臼関節面の平均相当応力との間には負の相関($r = -0.655$; $p < 0.01$)が認められた。さらに境界型寛骨臼形成不全群においては、骨盤後傾角度と相当応力には股関節症状を有する例において強い相関($r = 0.823$; $p < 0.01$)が見られ、骨盤後傾をコントロールすることによって骨頭被覆率を維持し、寛骨臼関節面応力を少なくすることができる可能性が示唆された。

未固定遺体を用いた応力解析においては、有限要素解析結果と同様に骨盤後傾が増加するほど応力が増加する傾向が見られているが、解析症例数がまだ少なく有意性の検討はまだ実施できていない。有限要素解析による応力評価と力学試験による応力評価の整合性検討にはさらなる研究が必要であり、現在も継続して実施している。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計1件)

1. 和田佳三 後東知宏 高砂智哉 浜田大輔 西良浩一:骨盤傾斜が骨頭被覆率に与える影響についての検討, 第91回日本整形外科学会学術集会, 神戸コンベンションセンター(兵庫県・神戸市) 2018年5月24-27日

6. 研究組織

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。