

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K09642

研究課題名(和文) 臨床エビデンスに基づく寛骨臼骨切り術の三次元診断・手術指標の確立に関する基盤研究

研究課題名(英文) Characteristics of three-dimensional acetabular morphology of patients with rotational acetabular osteotomy

研究代表者

田中 健之(Tanaka, Takeyuki)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：00583121

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)：本研究では、従来二次元のX線画像指標と術者の経験・技術によって行ってきた寛骨臼骨切り術の正確性・安全性を高め、かつ臨床成績を向上させるために、コンピューター工学と臨床医学の融合により、「臨床のエビデンスに基づいた新たな三次元診断・手術指標」を確立した。約50年にわたる寛骨臼骨切り術の臨床経験をもとに独自開発をした「骨盤・股関節形態の三次元解析・寛骨臼骨切り術シミュレーションソフトウェア」を用い、「股関節症患者の診療情報」を解析するところに本研究の独創性がある。本研究の成果により、寛骨臼骨切り術の臨床成績を格段に向上させ、健康寿命を延伸することが期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寛骨臼回転骨切り術は、手術件数の増加とともに成績不良例も増加している。これは、骨頭の内方化、大腿骨頭の骨性被覆、関節適合性、骨片の回転方向や回転角度など、本来三次元で評価すべき指標について、未だに二次元のX線画像のみで評価しており、術者の経験・技術への依存度が高い状態で手術が行われていることに起因すると考えられる。寛骨臼骨切り術は、一般に20～40代の比較的若い患者の関節症の進行を抑制し臨床症状の改善を目指した関節温存手術であるが、侵襲の大きな手術でもある。本研究の成果により、患者の生涯にわたり寛骨臼骨切り術が効果発揮して自分の関節による歩行の自立を保ち、健康寿命を延伸する事が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Rotational acetabular osteotomy (RAO) is a type of pelvic osteotomy performed to improve the acetabular bony coverage against the femoral head for patients with acetabular dysplasia. The acetabular bony coverage is ideally evaluated three-dimensionally; however, there is a paucity of published data regarding threedimensional morphology in patients with long-term excellent outcome after RAO. The present study investigated the characteristics of three-dimensional acetabular morphology with long-term excellent outcome after RAO in comparison to patients with normal hip joints and those converted to total hip arthroplasty (THA) after RAO because of osteoarthritis (OA) progression. Compared with patients converted to THA, all parameters in patients with long-term excellent outcome after RAO were similar to those in patients with normal hip joints. The anterior bony coverage was excessive, whereas the posterior bony coverage was deficient in patients converted to THA after RAO.

研究分野：医歯薬学

キーワード：医療福祉

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

寛骨臼骨切り術は、1968年に世界で初めて、田川、二ノ宮により行われた手術である(Ninomiya S et al.: J Bone Joint Surg Am, 1984)。この手術は、変形性股関節症に対して行われる関節温存・再建手術であり、骨盤の寛骨臼を球状に骨切りし、骨片を前外側に回転移動させ、大腿骨頭の被覆の増大と関節適合性の改善をはかるものである。実用化から約50年が経過した現在では、寛骨臼移動術、寛骨臼球状骨切り術、Triple pelvic osteotomyなど、進入方法などの違いによって多くの術式が存在するものの、同じ目的を持った寛骨臼骨切り術が日本全国で行われるようになっており、X線画像の二次元評価と臨床成績の相関を用いた臨床研究により、股関節症の病期・骨頭の形状や二次元の手術指標(CE角、AC角)など「良好な成績を獲得するための手術指標」が、我々をはじめとした(茂呂ほか: 東日本整災外科学会誌, 2001、茂呂ほか: 日本整形外科学会誌, 2009)数多くの研究者から報告されている。

一方、手術件数の増加とともに成績不良例も増加している。これは、骨頭の内方化、大腿骨頭の骨性被覆、関節適合性、骨片の回転方向や回転角度など、本来三次元で評価すべき指標について、未だに二次元のX線画像のみで評価しており、術者の経験・技術への依存度が高い状態で手術が行われていることに起因すると考えられる。寛骨臼骨切り術は、一般に20~40代の比較的若い患者の関節症の進行を抑制し臨床症状の改善を目指した関節温存手術であるが、侵襲の大きな手術でもある。患者の生涯にわたり寛骨臼骨切り術が効果発揮して自分の関節による歩行の自立を保ち、健康寿命を延伸するため、新たな手術指標を確立する必要がある。そこで申請者は、コンピューター工学と臨床医学の融合により、正確かつ安全に寛骨臼骨切り術を行い、その長期成績を向上させるためのシステムを構築することを着想した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、医学系の研究グループの「画像ソフト開発・診断技術(Microsoft社 Innovation Award 2010 最優秀賞)」、「約50年の関節外科手術経験」、「国内最大規模の8000名を超える股関節症患者の診療情報」と、工学系グループの「最先端のコンピューター支援システム機械工学技術」を融合した医工連携研究により、臨床成績を格段に向上させ、健康寿命を延伸するための「臨床のエビデンスに基づいた新たな三次元診断・手術指標」を確立することである。具体的には、寛骨臼骨切り術の約50年分の臨床データベースを活用してCT画像データベースを構築し、これらのデータについて、三次元形状の変化を画像解析ソフトウェアで解析する。

寛骨臼骨切り術前後の股関節の三次元形状については、我々が独自に開発した三次元解析ソフト(CoLaboHip Trial)を用いてCT画像のDICOMデータを解析することで評価する。骨頭の内方化(移動距離)、大腿骨頭の骨性被覆割合、関節適合性、骨片の回転方向・角度などを自動的に定量化することが可能である(Tanaka T et al.: Int Orthop 2018)。

近年、既存の人工股関節術前計画用ソフトウェアを転用した、寛骨臼骨切り術前後での三次元評価の研究も散見するが、こうした研究では、ソフトウェアの性能上、球形の股関節を平面と見立てて評価せざるを得ず、「関節の適合性の改善をはかる寛骨臼骨切り術」の評価研究としては不十分といわざるを得ない。また、対象症例が少ない、手術の基盤となる臨床エビデンスを得るためには今後少なくとも10年を要するなどの問題も見られる。本研究では、我々が独自に開発した三次元解析ソフトウェアを応用して骨盤・股関節および関節適合性を立体として評価をすることができる。また、1968年以降約50年にわたり行ってきた1000例以上の寛骨臼骨切り術の症例のデータベースを活用して画像解析データと融合させることで、臨床のエビデンスに基づいた新たな三次元診断方法・手術前計画方法・手術指標・手術方法を創出できるという点においても、きわめて独創的・画期的な研究である。

本研究が成功した場合、臨床のエビデンスに基づいた新たな三次元指標により、手術前診断、手術適応の決定、手術手技(骨切り部位や被覆程度)の決定まで、より正確に行うことが可能となる。また、今回応用したCoLaboHip Trialでは、コンピューターの仮想空間上での手術シミュレーションが可能であり、手術前に骨片の回転方向・角度、回転骨片と骨頭のインピンジメントなどを評価することができる。さらに、このシミュレーション結果を反映した実物大の股関節モデルの作成することができる。これは、三次元積層造形法(ラピッドプロトタイピング)を応用し、申請者が独自に開発したもので、従来のものと異なり、実際の手術で使用する器具(ノミ、

ボンソー、ドリルなど)を用いて骨切りや掘削をすることが可能であり、視覚・触覚の両面から術者をアシストできるようになる。以上の3点により正確かつ安全に寛骨臼骨切り術を行うことが可能となり、手術成績の向上が期待できる。

3. 研究の方法

1) CT画像データベースの構築および解析

本学では、約15年前より、術前計画・術後評価として必要なため、寛骨臼骨切り術の対象者について、全例で術前・術後のCT検査を行ってきた。したがって、助成期間内に手術を行った患者のみならず、過去に骨切り術を受けた患者の画像データをの解析も行った。また、人工股関節置換術(THR)についても同様に、全例で術前・術後のCT検査を行っている。手術側の術前のCTデータを臼蓋形成不全股のデータとして、対側が正常股の場合は正常股関節のデータとして活用した(画像データの使用については本学医学部倫理委員会の承諾済み)。これらの症例の画像データを集積しデータベースを構築し、以下の解析を行った。

CT画像データを申請者らが開発した解析ソフトウェア CoLaboHip Trial を用い解析した。骨盤側の基準座標の設定には両側上前腸骨棘、恥骨結合を用いた。大腿骨頭の任意の4点をプロットして骨頭中心を求め、骨頭中心から骨頭径にオフセットを加えた同心円を作成し、骨頭を被覆する寛骨臼の部分を出算、被覆範囲を前外側・前内側・後外側・後内側に4分割した。骨頭の内方化(移動距離)、大腿骨頭の骨性被覆割合、関節適合性、骨片の回転方向・角度などを計測し、手術前後で比較検討した

2) 寛骨臼骨切り術のデータベースの構築

当院でこれま約50年にわたり行ってきた寛骨臼回転骨切り術の症例について、性別、手術時年齢などの基本データ、手術前後の日本整形外科学会股関節機能判定基準(JOAスコア)、関節可動域などの臨床所見、手術前後の病期、CE角、AC角などの画像所見などからなるデータベースの構築を行った。

4. 研究成果

CT画像解析を行ったところ、骨頭被覆の割合は、正常股関節・寛骨臼形成不全・寛骨臼骨切り術術後の順に、前外側で23.5・6.0・31.3%、前内側で84.7・70.5・84.9%、後外側で46.6・15.9・28.5%であり、寛骨臼骨切り術により被覆が改善していた。後内側ではすべての群において100%であった。

寛骨臼形成不全を伴う症例においては、正常股関節と比較して特に前外側の被覆が約1/4であったが、RAOにより良好な被覆が得られていることが三次元的にも確認される結果であった。

寛骨臼形成不全に対して行われる寛骨臼骨切り術であるが、本研究の結果から三次元的評価においても良好な骨性被覆の獲得ができていたことが示された。特に寛骨臼形成不全では前外側の被覆が正常股関節に比して不良である。手術においては過度な前方への回転を意識しているわけではなく基本的には側方への回転を行っているが、それでも良好な前外側の被覆が得られていた。一方で、前方の過度な被覆は、骨性のインピンジメントによる可動域制限・疼痛の一因との報告もあり、至適な骨片の回転角度・方向を見出すことも重要考えられる。

寛骨臼回転骨切り術後に人工股関節全置換術を行った症例(RAO群)と同時期にCrowe分類1か2の垂脱臼性股関節症に対して人工股関節全置換術を行った症例(OA群)を比較すると、見かけの寛骨臼前捻角はRAO群で平均-0.81度、OA群で12.7度であり、RAO群で有意に小さかった($p=0.004$)。平均の寛骨臼前後径はRAO群で57.3mm、OA群で52.6mmであり、RAO群で有意に大きかった($p<0.001$)。寛骨臼前方に大きくせり出した骨棘はRAO群で18関節(90%)、OA群で45関節(45.4%)に存在し、RAO群で有意に多かった($p<0.001$)。人工股関節全置換術で使用されたコンポーネントサイズと寛骨臼前後径の比率は、RAO群で平均85.3%、OA群で平均94.5%であり、RAO群で有意に低かった($p<0.001$)。以上の成果により、寛骨臼回転骨切り術後の人工股関節全置換術における寛骨臼形態は初回人工股関節全置換術の骨形態と比し、その前捻が少なく、前後径は大きかったことが明らかとなった。これはRAOに際して回転骨片がより前方へ移動され、さらに後壁も浅くなった結果と考えられ、人工股関節全置換術の際に認識しておくべきであるこ

とを示唆する結果であった。人工股関節全置換術においてカップの初期固定を得るために重要なのは、その前後での母床骨との接触であるが、寛骨臼回転骨切り術後の人工股関節全置換術においては、見た目の寛骨臼前捻や前後径からは、よりミスリードされ、過大なサイズのカップ選択や、カップの前捻不足になり得ることを認識しておくべきであることを示唆する結果であった。

寛骨臼回転骨切り術後 20 年以上経過し経過が良好な関節、正常股関節、寛骨臼回転骨切り術後に人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた関節を対象として解析した。側方の被覆の指標である CE 角は、normal 群で平均 34.3 度、寛骨臼回転骨切り術群で平均 40.9 度、人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた群で平均 42.1 度と normal 群のみ有意に少なかった。一方で前方の被覆の指標である Anterior Acetabular Sector Angle (AASA)、Acetabular Anteversion (AV) は寛骨臼回転骨切り術群で平均 44.7 度、25.9 度と、人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた群の平均 77.7 度、-0.81 度より有意に少なく、また後方被覆の指標である Posterior Acetabular Sector Angle (PASA) は寛骨臼回転骨切り術群で平均 93.1 度と人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた群の平均 84.0 度より有意に大きかった。いずれの指標も人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた群よりは、寛骨臼回転骨切り術群でより normal 群に近いものであった。また、人工股関節全置換術へ conversion を余儀なくされた群は、前方の骨性被覆が過度で、後方被覆に乏しい症例が大半を占めた。寛骨臼回転骨切り術後の変形性股関節症進行の要因として、前方でのインピンジメント、および後方不安定性の関与が考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 Tanaka T, Moro T, Ishikura H, Hashikura K, Taizo K, Tanaka T	4. 巻 -
2. 論文標題 Characteristics of three-dimensional acetabular morphology of patients with excellent outcome after rotational acetabular osteotomy over 20 years.	5. 発行年 2021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） なし	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 Tanaka Takeyuki, Moro Toru, Asai Shin, Hashikura Kazuaki, Ishikura Hisatoshi, Tanaka Sakae	4. 巻 2021
2. 論文標題 Comparison between cup implantations during total hip arthroplasty with or without a history of rotational acetabular osteotomy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery	6. 最初と最後の頁 1
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 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 田中健之, 田中栄	4. 巻 41(2)
2. 論文標題 Rotational Acetabular osteotomy後のTHA.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 関節外科	6. 最初と最後の頁 106-114
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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田中健之, 日高亮, 橋倉一彰, 金子泰三, 石倉久年, 茂呂徹, 田中栄
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切り術後の人工股関節全置換術では特異的な寛骨臼形態にミスリードされうる.
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 田中健之, 橋倉一彰, 金子泰三, 石倉久年, 金英寛, 茂呂徹, 田中栄
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切り術後の良好な長期成績例の寛骨臼形態.
3. 学会等名 第46回日本股関節学会学術集会.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中健之, 橋倉一彰, 金子泰三, 石倉久年, 浅井真, 茂呂徹, 田中栄
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切り術後の関節症性変化の画像的特徴 自然経過例との比較 .
3. 学会等名 第47回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋倉一彰, 田中健之, 浅井真, 金子泰三, 石倉久年, 茂呂徹, 田中栄
2. 発表標題 両側発育性股関節形成不全に対する片側RAO施行症例の検討.
3. 学会等名 第47回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中健之, 田中栄:
2. 発表標題 東大式RAOの変遷および早期回復と合併症低減.
3. 学会等名 第94回日本整形外科学会学術総会.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中健之, 橋倉一彰, 浅井真, 石倉久年, 茂呂徹, 田中栄
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切り術後のTHAは特に術後可動域のさらなる改善が求められる.
3. 学会等名 第48回日本股関節学会学術集会.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中健之
2. 発表標題 寛骨臼回転骨切り術の歴史と変遷、未来への展望.
3. 学会等名 第50回関西股関節研究会.
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	田中 栄 (Tanaka Sakae) (50282661)	東京大学・医学部附属病院・教授 (12601)	
研究分担者	杉田 直彦 (Sugita Naohiko) (70372406)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究分担者	茂呂 徹 (Moro Toru) (20302698)	東京大学・医学部附属病院・特任准教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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	岡 敬之 (Oka Noriyuki) (60401064)	東京大学・医学部附属病院・特任准教授 (12601)	
研究分担者	高取 吉雄 (Takatori Yoshio) (40179461)	東京大学・医学部附属病院・客員研究員 (12601)	

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