

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K18536

研究課題名（和文）高位脛骨骨切り術における荷重時CTを用いた3次元アライメント評価法の確立

研究課題名（英文）Establishment of a three-dimensional alignment evaluation method using weight-bearing CT in high tibial osteotomy

研究代表者

小林 真（Kobayashi, Makoto）

名古屋市立大学・医薬学総合研究院（医学）・准教授

研究者番号：50812228

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、術前、術後の患者で荷重時CTによる三次元的荷重軸を抽出し、術後の荷重時CTによる三次元的荷重軸の至適値の決定を目的とした。

膝周囲骨切り術患者を対象に、術前荷重-非荷重CT間の比較および荷重時CTと、立位全下肢単純X線の比較を行い、前額面で、二次元的X線評価法と三次元的CT評価法の高い相関、0脚の場合は荷重にて内反が増加し、矢状面では荷重にて屈曲が強まる傾向が認められた。三次元評価法は、二次元評価法と同等に有用で、屈曲伸展の評価も可能であった。

術前後の矢状面軸変化が膝屈曲拘縮角と相関し、術後荷重に伴う荷重点の内側移動が抑制されていたが、三次元的荷重軸の至適値の決定には至らなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現状での膝周囲骨切り術における冠状面のみの術前後評価に3次元要素を加えることにより、より効果的な手術計画や術後評価を目的とした。今まで機器の性能上行えなかった立位での3次元的な評価を、仰臥位で擬似荷重装置を使用してCT評価をすることで、立位と同等の状態を再現できることを証明した。これにより立位荷重状態での評価が可能になり、膝周囲骨切り術の発展に寄与すると考える。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to establish the evaluation method of three-dimensional loading axis using weight bearing computed tomography(CT) in pre- and postoperative patients, and to determine the optimal three-dimensional loading axis in high tibial osteotomy.

Preoperative weighted and non-weighted and weighted CT with plain X-rays of the entire lower limbs in a standing position in patients who had undergone osteotomy around the knee. High correlation between loading axis of two-dimensional X-ray evaluation and of three-dimensional CT evaluation in the coronal plane. Increased of leg inversion were observed with weight-bearing in the sagittal plane. The three-dimensional evaluation method was as useful as the two-dimensional evaluation method, and was also capable of evaluating flexion and extension.

The medial movement of the loading axis with weight bearing was suppressed after surgery, but the optimal three-dimensional loading axis in high tibial osteotomy was not determined.

研究分野：医学 膝関節

キーワード：膝周囲骨切り術 アライメント 3次元

1. 研究開始当初の背景

近年健康寿命の延長や高齢スポーツ人口の増加により、膝周囲骨切り術は変形性膝関節症の治療として見直され、急速に再普及している。これは、術後の活動制限の必要がないことが一要因となっている。現在一般的に行なわれている骨切り術の術前後評価は、30年以上前に考案された立位長下肢X線による2次元での評価法である。一方で、現在変形性膝関節症治療の主流をなしている人工関節分野ではCTを使用した3次元的な術前後評価が一般的に行われており、骨切り分野は遅れていると言わざるを得ない。そのため、骨切り分野でもCTを用いた3次元的な術前後評価の要望が高い。しかし、骨切り術の術前後評価は荷重位で行わなくてはならず、現在有用な方法がないのが現状である。そこでこの要望に基づいた荷重位CTによる術前計画、評価法の開発が有用であると考え、研究計画を作成した。

2. 研究の目的

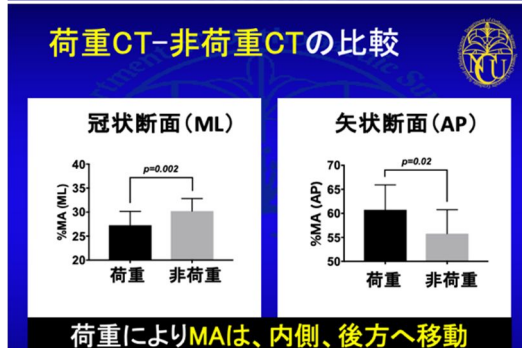
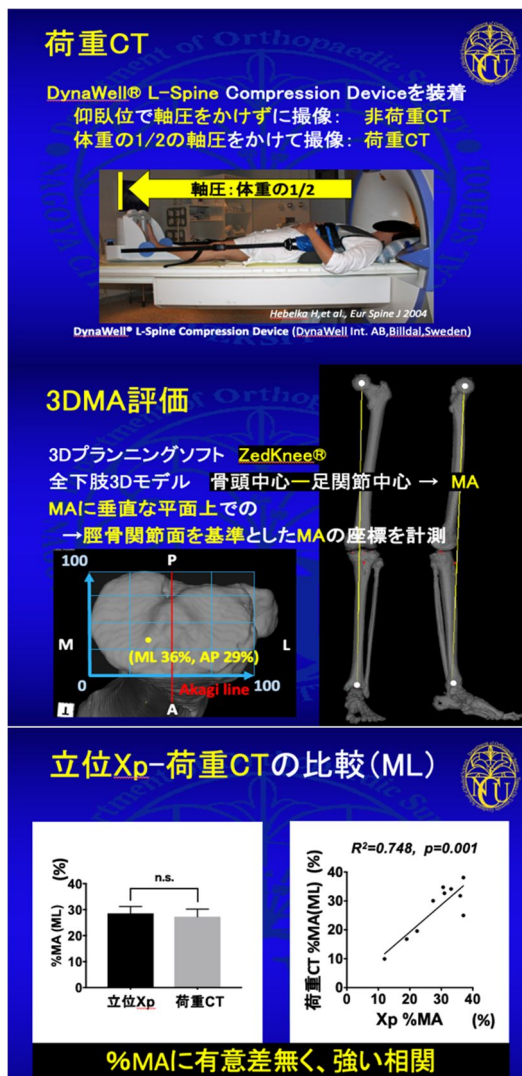
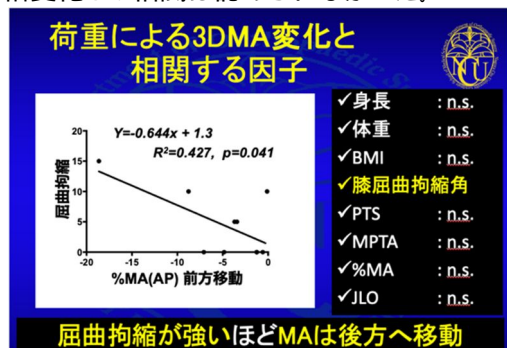
術前、術後1年の患者で荷重位CTによる3次元荷重軸(3DMA)を抽出し、従来の立位X線評価に基づく荷重軸と3次元荷重軸結果を比較すること、術後1年抜釘後の臨床成績と荷重位CTによる3次元荷重軸結果を比較し、3次元荷重軸の至適値を決定することを目的とする。

3. 研究の方法

年間約20名程度の膝周囲骨切り術を受ける患者の擬似荷重位及び通常仰臥位(非荷重位)での下肢全長のCTを撮像し、荷重軸を抽出する。撮像には腰椎の荷重評価装置であるDynaWell L-Spine¹を使用し荷重位、非荷重位CTと立位全下肢単純X線評価の比較による関連性の評価を行う。また、術後1年、抜釘術を終えた時点(完全に術前の活動に復帰可能であり、かつプレートが抜去され、CTでのハレーションがなくなる時期)の再度3次元荷重軸評価、2次元荷重軸評価、それに加え臨床成績をマッチングさせることで2次元、3次元評価での至適アライメントを導く。そして、導かれたアライメントと文献上の3次元理想アライメントとの相違を確認し臨床にフィードバックする。3次元荷重軸の抽出は3次元画像テンプレートソフトZed kneeを使用する。

4. 研究成果

立位X線評価に基づく荷重軸とDynaWell L-Spineを使用した3次元荷重軸結果の比較では、立位X線と荷重CTとの間に強い相関を認めた。荷重により、CTによる3次元荷重軸は前額面では内側へと移動する傾向を認めた。矢状面の荷重軸は荷重による有意な変化はなかった。前額面では%MAが大きいほど荷重による変化が小さい傾向を認めた($p=0.053$)。また、矢状面では身長が高いほど、また体重が重いほど荷重により屈曲方向に荷重軸がシフトする傾向を認めた(それぞれ $p=0.054$, $p=0.085$)。その他の項目では荷重による軸変化との相関は認められなかった。



術後 1 年抜釘後の臨床成績と荷重位 CT による 3 次元的荷重軸結果の比較では、術前、術後 1 年抜釘時の 3 DMA 値はいずれも高い相関を示し、（術前 $r=0.9152$, $p=0.0002$ 、術後 $r=0.7561$, $p=0.0114$ ）擬似荷重による 3 DMA は従来の X 線による 2 DMA 評価と同等に有用であることが示された。

また、術前と術後 1 年の 3 DMA の前額面での比較においては、術前の内反%MA 24.5 ± 14.0 は術後 1 年で%MA 57.2 ± 9.2 と有意に外板 ($p=0.002$) していた。しかしながら、矢状面での比較では術前%MA 64.0 ± 14.9 は術後 1 年で%MA 50.5 ± 17.8 と有意な変化はなかった。これは、現在の術式では矢状面アライメントの調整が不可能であることを示唆している。

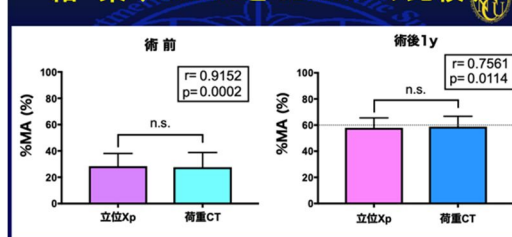
荷重による%MA の変化を前額面、矢状面及び、これらを合算した水平断面で比較したところ、前額面では術後 1 年時に内反方向への荷重による移動が抑制される傾向にあった ($p=0.0526$) が、その他は術前、術後 1 年の間で有意差はなかった。この結果は膝周囲骨切り術によって変形膝関節症のラテラルスラストが減少すると報告した中前らの報告²と同義であると考ええる。有意差が出なかったことは症例数が少ないことに起因していると考えられる。

また、臨床結果 (Lysholm スコア) と各パラメーターとの相関を調べたが、臨床結果の有意な改善 (術前 60.4 ± 18.2 、術後 93.7 ± 5.39 , $p=0.0007$) が認められるものの、各パラメーターとの相関はなく、3 次元指摘アライメントの確定には至らなかった。

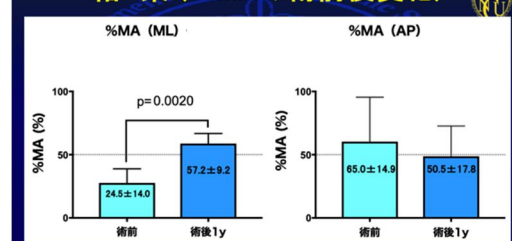
<参考文献>

1. Hebelka H et. al. Eur Spine J 2004
2. Nakemae T et. al. J Orthop Sci. 2006

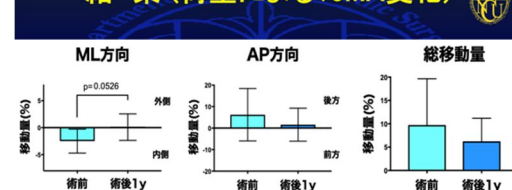
結果 (2D%MA と 3D%MA の比較)



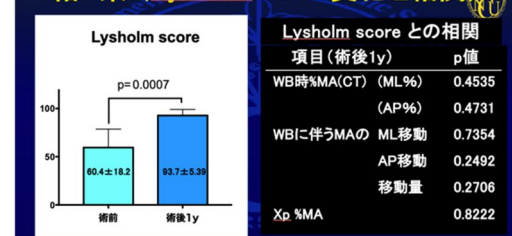
結果 (%MAの術前後変化)



結果 (荷重による%MA変化)



結果 (Lysholm score変化と相関)



| Lysholm score との相関 | | |
|--------------------|-------|--------|
| 項目 (術後1y) | | p値 |
| WB時%MA(CT) | (ML%) | 0.4535 |
| | (AP%) | 0.4731 |
| WBに伴うMAの | ML移動 | 0.7354 |
| | AP移動 | 0.2492 |
| | 移動量 | 0.2706 |
| Xp %MA | | 0.8222 |

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林真、野崎正浩、川西佑典、福島裕晃、加藤治朗、村上英樹 |
| 2. 発表標題 内側開大式骨切り術前後の 3次元下肢荷重軸の変化 |
| 3. 学会等名 第9回日本Knee Osteotomy フォーラム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林 真、野崎正浩、川西佑典、福島裕晃、吉田雅人、武長徹也、鷹羽慶之、黒柳 元、渡邊宣之、村上英樹 |
| 2. 発表標題 膝周囲骨切り術における 荷重時CTを用いた3次元荷重軸評価 -荷重による軸変化に影響する因子の検討- |
| 3. 学会等名 第34回日本整形外科学会基礎学術集会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林 真、野崎正浩、川西佑典、福島裕晃、吉田雅人、武長徹也、鷹羽慶之、村上英樹 |
| 2. 発表標題 膝周囲骨切り術における荷重時CTを用いた3次元荷重軸評価 術前荷重、非荷重の比較 |
| 3. 学会等名 第12回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会 第46回日本整形外科スポーツ医学会学術大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kobayashi M, Nozaki M, Kawanishi Y, Fukushima H, Yoshida M, Takenaga T, Takaba K, Kuroyanagi G, Murakami H |
| 2. 発表標題 A Three Dimensional Mechanical Axis Evaluation for Osteotomy Around The Knee Using Weight Bearing CT |
| 3. 学会等名 ORS 2020 Annual meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kobayashi M, Nozaki M, Kawanishi Y, Fukushima H, Yoshida M, Takenaga T, Watanabe N, Murakami H |
| 2. 発表標題 A 3D Post Operative Evaluation for the Osteotomy Around the Knee Using Weight Bearing CT |
| 3. 学会等名 第13回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会 |
| 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 |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|