

機関番号：84414

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20591795

研究課題名（和文） 人工股関節置換術インピンジメント関連合併症防止のための四次元シミュレーション研究

研究課題名（英文） 4-dimensional motion analysis for prevention of impingement related complications after total hip arthroplasty

研究代表者

三木 秀宣（MIKI HIDENOBU）

独立行政法人 独立行政法人国立病院機構大阪医療センター（臨床研究センター） 研究員

研究者番号：10335391

研究成果の概要（和文）：人工股関節全置換術において、患者日常生活動作中に骨盤用および大腿骨用インプラント同士が股関節内で衝突しないよう設置することが長期耐久性や脱臼などの合併症を防ぐために重要であるが、具体的な設置許容範囲については不明なことが多かった。本研究では新しい4次元動作解析とシミュレーション技術によって、現時点で大多数の患者においてインプラント同士の衝突を防ぐための目標角度は、きわめて狭い範囲にあることを確認し、その実現のためにはナビゲーション手術等の技術が必須であることを示した。

研究成果の概要（英文）：In total hip arthroplasty, implant orientation is important for avoiding prosthetic impingement. However, key information has lacked for optimal cup orientation such as patient hip range of motion needed for daily life, cup safe zone without prosthetic impingement among the range of motion and pelvic reference frame for cup implantation. We confirmed that cup safe zone was extremely narrow and that functional pelvic plane was suitable for reference frame for cup by using 4 dimensional motion analysis and simulation technique. We recommended using CT-based navigation system for minimizing risk of impingement related complications.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
20 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
21 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
22 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総 計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：股関節外科

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・整形外科学

キーワード：人工股関節、インピンジメント、合併症、シミュレーション、コンピュータ支援外科

1. 研究開始当初の背景

人工関節パーツ同士のインピンジメント（衝突）は人工関節パーツの破損、緩み、脱臼等、人工関節置換術の長短期成績を左右する最も重要な原因であるにもかかわらず解決されていない問題である。インピンジメントは理論上、人工股関節の機械的な可動域を患者

股関節可動域が超えた場合に発生するものであり、機械的可動域は、大腿骨側、臼蓋側のインプラントの三次元的相対角度関係、インプラントデザインにて決定される。また、大腿骨側インプラントの設置角度はセメントレス人工関節では骨格形状により規定されてしまう。したがって、大腿骨インプラン

トの設置角度ごと、インプラントデザインごとに最適な白蓋コンポーネントの設置角度は決定されることになる。この最適な白蓋コンポーネントの角度は人工関節にどれほどの機械的可動域を要求するかによって、その設置角度許容範囲は変化する。現在までにこの必要可動域は不明であったため、研究者ごとに推奨される白蓋コンポーネントの設置角度の範囲が異なる。最近、我々は手術中インプラント設置後の股関節角度を正確にナビゲーションシステムを測定ツールとして使用し評価し、この必要可動域は過去の研究で言われていたものより大きいため、設置許容範囲は極めて小さいことを報告した。しかし、術後の日常生活動作上実際に必要となってくる可動域については、未だ正確な手法で調査されておらず、まず、この点を明らかにすることが重要なテーマとなる。最適設置角度や範囲が決定されたのち、さらに骨盤のどの基準座標系に対して、その角度設置を実施するかが未解決な問題として残っている。現在までに推奨されている設置基準座標系としては、骨盤のランドマークから決定された骨盤座標 **Anatomic Pelvic Position (APP)**、臥位および立位の骨盤位置を基準に設定された骨盤座標 **Prone Functional Pelvic Position (PFPP)**、**Standing Functional Pelvic Position (SFPP)**の三種類が主流である。我々は過去に術前後のレントゲン計測研究から、**PFPP**での設置を推奨する報告をおこなっているが (**Nishihara CORR 2003; 411:140**)、ここで問題となるのは患者の静的肢位での研究結果であり動態を反映していないこと、および術前臥位での患者骨盤が平均的な肢位にある症例に対しては適応されるが、極端に臥位で前後傾している例、臥位と立位で骨盤位置が変化する症例については特にどの基準を用いて設置計画を行うべきか方法論的な限界のため不明のままであることである。

2. 研究の目的

人工関節の機械的可動域をどの程度の大きさに設定すべきかという動的必要可動域を導き出すこと。つぎに、その必要可動域内でインピンジメントを生じない最適白蓋コンポーネント設置角度目標と許容範囲をインプラントデザインごと、大腿骨コンポーネントの前捻角度ごとに、本システムの衝突判定プログラムで算出すること。さらに、この最適設置角度をどのような骨盤座標系に対して行うのが理想的であるかを、いくつかの骨盤基準座標系に対して白蓋コンポーネントを設置したコンピュータモデルを用い、患者日常生活動作をモデル上で再現させ、インピンジメントリスクが最も低い設置基準を4次元シミュレーション手法にて検証す

ること。

3. 研究の方法

我々は非侵襲的に安全に精度よく術後患者の骨格、人工関節動態を調査可能なリアルタイム四次元動作解析システムを開発、臨床応用しその実績は報告済みである。このシステムは患者の股関節周囲の画像情報(CT)から各患者の骨格形状、人工関節の設置条件をコンピュータ三次元モデル化し、かつ、三次元動作解析装置で測定した動作をそのモデルに連動させることにより、インピンジメント部位をコンピュータモデルで非侵襲的に患者個別に約5度以内の誤差でシミュレーション可能なシステムであり、コンピュータモデルを画面上でリアルタイムに取得した動作どおり鏡面表示し、患者の動作中にインピンジメントを起こす手前で警告を発することができる安全装置を有するものである。今回このシステムを用い、術後患者の日常生活必要可動域の評価を行い、これを人工関節の機械的可動域の必要条件とすることにより、大腿骨インプラントの設置角度ごと、インプラントデザインごとにこの必要可動域内でインピンジメントを起こさないための最適な白蓋コンポーネントの設置角度範囲を本システムの物理シミュレーションにて検証し、より正確な白蓋コンポーネントの最適設置角度基準を最初に検討する。

患者骨盤が臥位にて平均的な群、前傾群、後傾群、立位での変化の大きい群について、実際の術後患者の骨格動態を把握し、前述のどの設置基準座標を用いて設置した場合に患者動作中のインピンジメントリスクが最小となるかを判定する。

4. 研究成果

リアルタイム四次元動作解析システムを用い、立位、臥位、歩行のほか、大きな股関節運動を伴うインピンジメントのリスクを含むしゃがみこみ(Squatting)、椅子での起座動作、正座動作、立位での股関節伸展外旋動作などの動作について解析し、日常動作で必要となる可動域の設定として、われわれが過去に報告した術中ナビゲーションを用いて測定した臥位骨盤を基準(PFPP)とした患者股関節可動域で十分である可能性が高いことを確認し、とくに骨盤後傾患者では可動域が伸展側にシフトするもののこの可動域からは逸脱しないことが判明した。これらの必要可動域のもとに人工関節パーツの最適設置角度に関するシミュレーションを行い、インピンジメントを防止するためにはかなり狭い許容範囲内に設置する必要があることが確認された。

これらの許容範囲に従来のマニュアル手術で設置可能かどうかについて従来手術と

ナビゲーション手術でのカップ設置精度を比較し、マニュアル手術ではカップ設置精度が悪く、インピンジメントを防ぐためにはナビゲーション等の補助的手段が必要であることを報告した。

さらに近年使用可能となった大径骨頭ではこの許容範囲が広がる傾向がありとくにメタルオンメタルカップでは非常に広がることを示した。しかしながら、近年インピンジメント防止の観点以外に急峻なカップ外転角設置によるメタルイオン関連合併症が報告されており、その使用については否定的な意見が多くなっている。したがって広く使用されているメタルオンポリエチレン、セラミックオンポリエチレン、セラミックオンセラミックの機種においては、現行の大径骨頭を使用したとしても、カップ設置の許容範囲は従来のマニュアル手術では実現不可能であり、やはりナビゲーション手術の必要性が再確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

1 三木秀宣, 田村理, 許太如, 濱田英敏, 菅野伸彦, 日本人工関節学会誌 査読無 40 巻 Page16-17(2010.12) 人工股関節におけるソケット設置角を科学する 可動域シミュレーションからみた過小過大大腿骨前捻症例に対する大径骨頭インプラントの有用性

2 田村理, 濱田英敏, 三木秀宣, 菅野伸彦, Hip Joint 査読無 36 巻 Page 306-309 (2010.10)

大腿骨過大前捻、過小前捻の股関節に対する人工股関節全置換術における大骨頭径インプラントの有用性

3 三木秀宣, 許太如, 西原俊作, 菅野伸彦, 同じ三次元術前計画を用いた CT-based ナビゲーション使用、非使用 THA での術後アライメント比較 Hip Joint 査読無 36 巻 Page144-146(2010.10)

4 Hananouchi T, Takao M, Nishii T, Miki H, Iwana D, Yoshikawa H, Sugano N. Comparison of navigation accuracy in THA between the mini-anterior and -posterior approaches. Int J Med Robot. 査読有 5(1)20-25 2009

5 Otake Y, Suzuki N, Hattori A, Miki H, Yamamura M, Yonenobu K, Ochi T, Sugano N. Hip motion analysis using multiphase (virtual and physical) simulation of the patient-specific hip joint dynamics. Stud

Health Technol Inform. 査読有 132 339-344 2008

6 Sugano N, Takao M, Sakai T, Nishii T, Miki H, Nakamura N. Comparison of mini-incision total hip arthroplasty through an anterior approach and a posterior approach using navigation. Orthop Clin North Am. 査読有 40(3)365-370 2009

7 津田晃佑, 三木秀宣, 菅野伸彦, 人工股関節全置換術後の各種姿勢における骨盤後傾患者の骨盤傾斜角の変化と術後脱臼の予防について 日本人工関節学会誌 査読無 39 262-263 2009

8 津田晃佑, 三木秀宣, 菅野伸彦, 人工股関節全置換術後の各種姿勢における骨盤後傾患者の骨盤傾斜角の変化について HIP JOINT 査読無 35 574-577 2009

[学会発表] (計10件)

1 田村理, 三木秀宣 4次元動作解析を用いた人工股関節置換術における骨盤傾斜の検討 第41回日本人工関節学会 2011.2 東京

2 三木秀宣, THAにおける CT-based ナビゲーションのインプラント設置精度の検討、第37回日本股関節学会 2010.10 博多

3 三木秀宣, THAにおける CT-based ナビゲーションの設置精度の検討、第4回日本CAOS研究会 2010.4 東京

4 Miki H, Nishihara S The effect of a CT-based navigation system for orientation of prosthesis in total hip arthroplasty Asian Society for Computer Assisted Orthopedic Surgery 2009.4 Osaka

5 三木秀宣, パネルディスカッション2 人工股関節におけるソケット設置角度を科学する—可動域シミュレーションからみた過小過大大腿骨前捻症例に対する大系骨頭インプラントの有用性 第40回日本人工関節学会 2010.2 宜野湾市

6 三木秀宣, 西原俊作, 許太如, 菅野伸彦 同じ三次元術前計画を用いた CT-based ナビゲーション使用、非使用 THA での術後アライメント比較 日本股関節学会 2009.10 京都

7 三木秀宣 四次元動作解析システムの人工

股関節術後脱臼予防、治療への応用医工学治療学会（招待講演）2009.4 大阪

8 Miki, H; Nishihara, S; Otake, Y; Suzuki, N; Yonenobu, K; Sugano, N
The Effect of Modular Neck System on Prevention for Prosthetic Impingement
55th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society February 22 - 25, 2009 Las Vegas, Nevada

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三木 秀宣 (MIKI HIDENOBU)

独立行政法人国立病院機構（大阪医療センター臨床研究部）

研究者番号：10335391

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

菅野 伸彦 (SUGANO NOBUHIKO)

大阪大学・大学院医学研究科・教授

研究者番号：70273620