

令和 2 年 5 月 12 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01391

研究課題名(和文)次世代型長寿命人工股関節の開発のためのインピンジメント損傷抑制に関する研究

研究課題名(英文)A study on reducing impingement failure for improving longevity of hip prosthesis

研究代表者

趙 昌熙 (Cho, Changhee)

北九州市立大学・国際環境工学部・准教授

研究者番号：70364148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：人工股関節の臨床寿命を短縮する主要原因の一つであるネック・ライナーインピンジメント(neck-liner impingement)発生による超高分子量ポリエチレンライナーの摩耗や破損などの損傷を最小限に抑制するための設計改善策を提示した。特に本研究では、ライナーのリム部の形状パラメーターやリム部のデザイン、金属製カップとの固定のための溝の存在がライナーの損傷形態や臨床寿命に影響を及ぼす重要な因子であることと、これらの設計変更によるライナーのインピンジメント損傷低減の可能性を提示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工関節の摩耗発生問題は臨床現場から緊急な解決策が要求されている。摩耗発生問題が改善されれば、人工関節の更なる耐用性が確保できる。次世代型長寿命人工関節の開発が実現できれば、一回の置換手術のみで一生使用することが可能になり、再置換手術を受ける必要がなくなる。本研究の成果は、人工股関節の更なる耐用性確保および性能向上に結びつく。また、人工関節のインピンジメント現象に関する研究の活性化や、干涉部を有する機械部品の最適形状設計による損傷の低減化に関連する研究の発展に貢献できるものと確信する。

研究成果の概要(英文)：Wear and failure of ultra-high-molecular-weight polyethylene (UHMWPE) after total joint replacement are major factors restricting the longevity of artificial joints. In retrieved hip prostheses, the generation of neck-liner impingement is frequently observed on the rim of the UHMWPE liner. In this study, we focused on the shape parameter, design, and existence of grooves in and around the rim of the UHMWPE liner as factors influencing the wear and failure mechanism of the UHMWPE liner due to neck-liner impingement. Computer simulations of the neck-liner impingement using FEM were performed. The results of this study confirmed that the shape parameter, design, and existence of grooves are significant factors influencing the wear and failure of the UHMWPE liner in the hip prosthesis after total hip replacement. Therefore, it is necessary to change design of the rim in order to decrease the wear and failure of the UHMWPE liner and to increase the longevity of hip prosthesis.

研究分野：生体機械工学

キーワード：人工股関節 UHMWPE インピンジメント 有限要素法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

臨床用人工関節の摺動部材料としては、金属と超高分子量ポリエチレン (ultra-high molecular weight polyethylene, 以下 UHMWPE と略称) の組み合わせが主流となっており、UHMWPE は、人工関節の接触面の片方にベアリング材料として使用されている唯一の高分子材料である。しかし、人工関節置換術後に金属部品との繰り返し接触により UHMWPE 部品の摩耗や破損が発生する。生体内で発生した UHMWPE の摩耗粒子は骨溶解や人工関節のゆるみなど、多くの副作用を引き起こし、人工関節の臨床寿命を短縮する。このように、UHMWPE 部品の摩耗や破損が、臨床用人工関節の長寿命化および高性能化における大きな問題となっている。関節リウマチや変形性関節症などにより歩行の困難な高齢者において、人工関節置換術は日常生活動作の改善に非常に大きな役割をもつ。しかし、現在の臨床用人工関節の問題点の一つに耐用年数がある。人工関節の更なる耐用性を確保するためには、UHMWPE 部品の摩耗や破損を限りなく減少させる必要がある。

摘出人工股関節 UHMWPE ライナーの摩耗特徴の観察では、部品同士のインピンジメント発生によるライナーの激しい摩耗や破損が多く観察され、この現象が人工股関節の臨床寿命を短縮する主要原因の一つであると推測された。臨床現場では、このようなインピンジメントが原因でライナーが破損・摩耗し、結果的に再置換手術が必要になる症例が多く発生しており、この問題に対する有効な解決策が切望されている。しかし、人工股関節のインピンジメント発生の原因やライナーの損傷に及ぼす影響については、現在まで国内外で体系的な研究がほとんどなされていない。従って、人工股関節の長寿命化・高性能化を実現するためには、インピンジメント発生の原因やライナーの損傷に及ぼす影響を明らかにし、損傷を最小限に抑えるための改善策を検討し、人工股関節の設計と製作に反映する必要がある。

2. 研究の目的

人工関節の長期使用において、接触面の摺動部材である超高分子量ポリエチレンの摩耗や破損が大きな問題となっている。本研究課題では、人工股関節の部品同士が衝突および干渉 (接触) するインピンジメント (impingement) 発生が、人工股関節の臨床寿命を短縮する主要原因の一つであることを明確にする。特に本研究課題では、更なる摘出症例の調査・分析や数値解析を行い、人工股関節におけるインピンジメント発生の原因や人工股関節の UHMWPE ライナーの摩耗や破損などの損傷に及ぼす影響を明らかにする。また、これらの結果に基づいて、人工股関節のインピンジメント損傷抑制のための設計改善策を提示する。この研究目的を達成するために、研究期間内に以下を明らかにする。

- (1) インピンジメント損傷の統計学的調査・分析：更なる摘出症例の集積を行い、インピンジメントによる損傷の発生率や摩耗・破損などの損傷の特徴を統計学的に調査・分析する。また、摘出症例の各部品の寸法および幾何学的形状を測定し、データベースを構築する。
- (2) インピンジメント発生の原因および UHMWPE ライナー損傷への影響の明確化：摘出症例の実測値に基づいて力学的挙動解析のためのモデルを作成し、有限要素法によるインピンジメントの数値解析を行う。摘出症例の調査・分析や数値解析の結果に基づいて、インピンジメント発生の原因 (特に UHMWPE ライナーのデザインの影響) や UHMWPE ライナー損傷への力学的影響を明確化する。
- (3) 人工股関節のインピンジメント損傷抑制のための設計改善策の提示：上記(1)と(2)の結果を踏まえて、インピンジメント損傷抑制のための人工股関節の UHMWPE ライナーの最適形状設計を行い、インピンジメントによる摩耗や破損が発生しにくい UHMWPE ライナーの設計改善策を提示する。また、デザインの改善案に対して、数値解析を用いた最大可動域を測定し、インピンジメント抑制性能を検証する。

3. 研究の方法

まず本研究課題では、顕著な摩耗や破損が生じ、再置換を行うために生体内から摘出された人工股関節の UHMWPE ライナー 33 例に対して、摩耗面や破損部の観察を行い、ネック・ライナーインピンジメント (neck-liner impingement) の発生による損傷 (摩耗、破損、塑性変形) の発生率を調べた。摘出例全体の生体内での平均使用期間は 193.8 ヶ月 (75 ~ 290 ヶ月) であった。摘出されたすべての UHMWPE ライナーは、様々な形状と寸法のリム部を有しており、これらのリム部には、様々な角度と寸法で面取り加工が施されていた。また、解析用モデル作成のために、インピンジメントによる損傷が発生した UHMWPE ライナーに対して寸法や形状の測定を行った。

次に、インピンジメントの発生が UHMWPE ライナーの力学的状態や損傷に及ぼす影響を調べるために、有限要素法 (finite element method; FEM) を用いたステムネックと UHMWPE ライナーとのインピンジメント発生のシミュレーションを行った。そのために、摘出人工股関節各コンポーネントの寸法や形状の実測値に基づいて 2 次元および 3 次元有限要素モデルを作成した。UHMWPE ライナーはポアソン比 0.45 の弾塑性体と仮定し、2 次元および 3 次元構造ソリッド要素でモデリングし、金属製のアセタブラーカップと接触する下部 (背面) の全自由度を拘束した。金属製のヘッド (人工骨頭) とステムネックは単純化した形状で解析的剛体としてモデリングし、ヘッドの中心に摘出人工股関節の可動域を超える屈曲角度 (回転変位) を与えてステムネックを UHMWPE ライナーのリム部に押し付ける弾塑性接触解析を行い、UHMWPE ライナーの力学的状態 (接

触応力および塑性変形量)を調べた。本研究課題で用いた摘出症例はライナーのみまたはライナーとヘッドのみの再置換であったため、ステムネックの形状や寸法の測定ができなかった。したがって、ステムネックの形状はすべてストレートタイプ (straight type) と仮定してモデリングし解析を行った。また、ステムネックと UHMWPE ライナーとの接触面間の摩擦係数は 0.1 に設定した。

UHMWPE ライナーのリム部に対しては、ステムネックと接触する部分の形状を従来の面取り (chamfering) からフィレット (fillet) にデザインを変更し、ヘッド (人工骨頭) とステムネック部に対しては、寸法の変更により head-neck ratio を増加させた人工股関節の有限要素モデルを作成してインピンジメント発生の有限要素法シミュレーションを行い、このようなコンポーネントのデザイン変更による人工股関節の可動域増大およびインピンジメント損傷低減の可能性について検討を行った。次に、解析モデルから UHMWPE ライナーのリム部の面取り角度、面取り寸法、面取り角度と面取り高さ、面取り角度と面取り高さとしリム高さを変えながら接触解析を行い、これらの形状パラメーターの変更が UHMWPE ライナーの力学的状態やインピンジメント損傷の発生に及ぼす影響について検討を行った。

さらに、本研究課題では、UHMWPE ライナーを貫通するほどの極端な摩耗とともにライナーのリム部が大きく摩耗または破損した数例の摘出症例に対して、このような極端な摩耗や破損の原因を調べるために摘出 UHMWPE ライナーと金属製コンポーネントとの接触状態の有限要素解析を行った。この解析では、金属製ヘッドと UHMWPE ライナーと金属製アセタブラーカップ (acetabular cup) の三つのコンポーネントの接触解析を行った。金属製アセタブラーカップには、骨盤との固定のための三つのネジ穴を設けた。また、UHMWPE ライナーをアセタブラーカップに固定するための回旋防止タブ (anti-rotational tabs) とロッキングリング (locking ring) を有するタイプの人工股関節で多く発生していた UHMWPE ライナーのリム部のクラックや部分的破損の原因を調べるために、UHMWPE ライナーのリム部に回旋防止タブとロッキングリングをはめ込むためのリムノッチ (rim notch) とロッキングリンググルーブ (locking ring groove) を設けた有限要素モデルを作成し、ステムネックと UHMWPE ライナーとのインピンジメント発生の有限要素シミュレーションを行い、ライナーのリムに存在する切り欠き部がその力学的状態やインピンジメント損傷に及ぼす影響についても検討を行った。

本研究課題で行った有限要素法シミュレーションにおける UHMWPE ライナーの材料モデルとしては、先行研究で作成された UHMWPE の真応力 - 真ひずみ曲線 (縦弾性係数 = 498 MPa, 降伏応力 = 13.3 MPa, 破断応力 (引張強さ) = 167.6 MPa) を使用した。また、モデルの作成および解析には、汎用有限要素法解析ソフトウェアである ANSYS (ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania, USA) を使用した。

4. 研究成果

摘出された UHMWPE ライナー 33 例のうち 24 例から、人工股関節のネック・ライナーインピンジメント発生による摩耗、破損、塑性変形などの損傷が観察された。本研究課題で観察された 33 例の摘出 UHMWPE ライナーにおけるインピンジメント損傷 (摩耗、破損、塑性変形) の発生率は 72.7% であった。

人工股関節におけるコンポーネントインピンジメントの有限要素解析では、インピンジメント発生による損傷の低減を目的として、UHMWPE ライナーのリム部のデザイン (形状) 変更や head-neck ratio の増加による可動域の増大を試みた。特に UHMWPE ライナーのリム部に対しては、面取りの角度や寸法による影響をなくし、塑性変形が一方に偏らず両方に分散され、従来の面取りモデルで発生していた過大塑性変形が発生しにくくするために、ステムネックと接触する部分のデザイン (形状) をフィレット (fillet) に変更した。その結果、人工股関節の可動域は、UHMWPE ライナーのリム部のフィレット半径の増加とともにほぼ線形的に増加した。また、head-neck ratio が大きいモデルの方が head-neck ratio が小さいモデルより可動域が大きかった。ステムネックとの接触により UHMWPE ライナー内部で発生する接触応力は、UHMWPE ライナーのリム部のフィレット半径の増加とともに非線形的に著しく減少する傾向が見られた。一般に、ステムネックと UHMWPE ライナーのリム部が接触するインピンジメントが起こる直前までが人工股関節を比較的安全に使用できる可動域であり、正常人の場合、日常生活動作を行うためには、股関節は屈曲角度 120 度以上の可動域を必要とする。今回の解析条件下では、人工骨頭の直径 30 mm、ステムネックの直径 10 mm、head-neck ratio=3.0、UHMWPE ライナーの厚さ 5 mm、UHMWPE ライナーのリム部のフィレット半径 5 mm で作成した有限要素モデルにおいて、屈曲角度 120 度以上の可動域が得られ、このときの UHMWPE ライナー内部の接触応力も UHMWPE の降伏応力を下回る解析結果が得られた。

人工股関節ポリエチレンライナーのリム部の面取り角度や寸法がインピンジメント損傷に及ぼす影響の検討では、面取り角度を 35 度から 60 度に大きくするだけでもネックとの接触面での最大接触応力が 61.3%、最大塑性変形量が 34.6% 低下した。また、面取り寸法を大きくするとネックとの接触面での最大接触応力と最大変形量がほぼ線形的に低下することが確認できた。さらに、面取り角度を 35 度から 50 度に大きくするとともに、面取り高さとしリム高さを両方ともに 4.4 mm から 3.5 mm に減少させることによってネックとの接触面での最大接触応力を 35.4%、最大塑性変形量を 51.0% 低下させることができた。以上のように、摘出ライナーの当初の面取り角度、面取り寸法、リムの寸法などのリム部の形状パラメーターを変更することにより接触応

力と塑性変形を低下させ、摘出ライナーで起きていたインピンジメント損傷をより低減できる可能性があることが示唆された。今回検討された摘出例の場合は、ライナーの当初の面取り角度を増加または面取り寸法を変更、面取り高さとしム高さを同時に減少させることによって接触応力と塑性変形を低下させ、インピンジメント損傷をより低減できる可能性があることが確認できた。

極端な摩耗が生じた摘出人工股関節ポリエチレンライナーの接触状態の有限要素解析では、骨盤側の金属製アセタブラーカップに骨との固定のためのネジ穴を有しているタイプの人工股関節では、ネジ穴の中へのコールドフロー（塑性変形）の発生が確認された。有限要素法による接触解析の結果、コールドフローの発生により UHMWPE ライナーの背面上に形成された凸部の周りに応力集中が発生し、周囲より大きい接触応力が発生することが確認された。さらに、隣接する凸部の周りに発生する接触応力が重なり合うことにより、凸部と凸部の間に局所的に非常に高い接触応力が発生することが確認された。この重なり合った高接触応力発生部はヘッドと接触するライナーの接触面にまで広がっており、ライナーの摩耗挙動に大きな影響を与えたと推測された。UHMWPE ライナーの摩耗や破損をさらに減少させるためには、コールドフローの発生による切欠き効果（応力集中）を低減させる必要があることが示唆された。

リムの切り欠きが人工股関節ポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響の検討では、有限要素法によるステムネックと UHMWPE ライナーとの接触解析の結果、ステムネックとのインピンジメントが発生した部分やその付近に存在するリムノッチとロッキングリンググルーヴに UHMWPE の降伏応力をはるかに上回る局所的な高接触応力とともに高塑性ひずみが発生することが確認された。これらの発生位置は、摘出 UHMWPE ライナーのリム部で観察されたクラックや部分的破損の発生位置とほぼ一致した。また、高接触応力の発生領域は、摘出症例でのクラックや破損の発生範囲とほぼ一致した。今回の検討では、ステムネックと UHMWPE ライナーとのインピンジメント発生時の屈曲角度が大きければ大きいほどリム部の切り欠きでの切り欠き効果（応力集中）が大きくなり、インピンジメント損傷が激しくなることが確認された。したがって、UHMWPE ライナーの耐用性をさらに向上させるためには、ライナーのリム部に存在する切り欠きを可能な限り無くす必要がある。しかし、切り欠きを無くすことは、ライナーとアセタブラーカップ間の固定力を弱めることに繋がり緩み発生のリスクを高める可能性がある。したがって、切欠き効果の低減と固定力確保の両方の条件を満たす設計改善とともに十分な可動域の確保も必要であると判断された。

さらに、本研究課題では、ネック・ライナーインピンジメントとともにアセタブラーカップのねじ穴の存在によって発生する UHMWPE ライナーのねじ穴の中へのコールドフロー（塑性変形）が UHMWPE ライナーの摩耗や破損などの損傷をさらに加速・増大させることが確認され、今後、この現象の影響についても更なる研究を行う予定である。

<引用文献>

- 趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，人工股関節におけるコンポーネントインピンジメントの有限要素解析，臨床バイオメカニクス，Vol.38，2017，275-283
- 趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，人工股関節ポリエチレンライナーのリム部の面取り角度や寸法がインピンジメント損傷に及ぼす影響，臨床バイオメカニクス，Vol.39，2018，21-30
- 趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，極端な摩耗が生じた摘出人工股関節ポリエチレンライナーの接触状態の有限要素解析，臨床バイオメカニクス，Vol.40，2019，159-165
- 趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，リムの切り欠きが人工股関節ポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響，臨床バイオメカニクス，Vol.41，2020，掲載確定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 | 4. 巻 39 |
| 2. 論文標題 人工股関節ポリエチレンライナーのリム部の面取り角度や寸法がインピンジメント損傷に及ぼす影響 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス | 6. 最初と最後の頁 21-30 |
| 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 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 | 4. 巻 38 |
| 2. 論文標題 人工股関節におけるコンポーネントインピンジメントの有限要素解析 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス | 6. 最初と最後の頁 275-283 |
| 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 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 極端な摩耗が生じた摘出人工股関節ポリエチレンライナーの接触状態の有限要素解析 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス | 6. 最初と最後の頁 159-165 |
| 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 Cho Changhee, Mori Toshiharu, Kawasaki Makoto | 4. 巻 36 |
| 2. 論文標題 Finite Element Simulations for Investigating the Cause of Catastrophic Wear and/or Failure of Polyethylene Acetabular Cup Liner in Hip Prosthesis | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Computer Methods, Imaging and Visualization in Biomechanics and Biomedical Engineering | 6. 最初と最後の頁 539-549 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-030-43195-2_44 | 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 趙 昌熙、森 俊陽、川崎 展 | 4. 巻 41 |
| 2. 論文標題 リムの切り欠きが人工股関節ポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス | 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 - |

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Changhee Cho, Toshiharu Mori, Makoto Kawasaki |
| 2. 発表標題 Neck-liner impingement and cold flow induce catastrophic wear and failure of polyethylene acetabular cup liner in total hip arthroplasty |
| 3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井上晴喜, 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 |
| 2. 発表標題 リムデザインが人工股関節ポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州支部北九州講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 |
| 2. 発表標題 極端な摩耗が生じた摘出人工股関節ポリエチレンライナーの接触状態の有限要素解析 |
| 3. 学会等名 第45回日本臨床バイオメカニクス学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 廣田善紀, 趙 昌熙, 河島銀次 |
| 2. 発表標題 人工股関節におけるネック・ライナーインピンジメントの有限要素法シミュレーション |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第50回卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 安藤武浩, 趙 昌熙, 永留美冴 |
| 2. 発表標題 人工股関節におけるアセタブラ カップのねじ穴がポリエチレンライナーの損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第50回卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Changhee Cho, Toshiharu Mori, Makoto Kawasaki |
| 2. 発表標題 Influences of Component Impingement and Cold Flow on the Wear And/or Failure of Polyethylene Liner in Hip Prosthesis |
| 3. 学会等名 The 30th Annual Congress of the International Society for Technology in Arthroplasty (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 |
| 2. 発表標題 人工股関節ポリエチレンライナーのリム部の面取り角度や寸法がインピンジメント損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第44回日本臨床バイオメカニクス学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 川添 拓磨、工藤 滉司、趙 昌熙 |
| 2. 発表標題 人工股関節ポリエチレンライナーのデザインがインピンジメント損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第49回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山脇 大地、柴田 聖矢、趙 昌熙 |
| 2. 発表標題 人工股関節におけるhead-neck ratioがポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第49回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Changhee Cho, Toshiharu Mori, Makoto Kawasaki |
| 2. 発表標題 Finite element simulations for investigating the cause of catastrophic wear and/or failure of polyethylene acetabular cup liner in hip prosthesis |
| 3. 学会等名 16th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering and the 4th Conference on Imaging and Visualization (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takuma Kawazoe, Changhee Cho |
| 2. 発表標題 Influence of Grooves on the Wear and Failure of Polyethylene Liner in Artificial Hip Joint |
| 3. 学会等名 The 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展 |
| 2. 発表標題 リムの切り欠きが人工股関節ポリエチレンライナーのインピンジメント損傷に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第46回日本臨床バイオメカニクス学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 河上拓稔, 趙 昌熙, 中澤美帆 |
| 2. 発表標題 人工股関節のポリエチレンライナーにおけるコールドフロー発生の三次元有限要素解析 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第51回卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 鳥丸皓平, 趙 昌熙, 村上翔洋 |
| 2. 発表標題 人工股関節におけるネックとライナーのインピンジメント発生の三次元有限要素解析 |
| 3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第51回卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020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 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|