

令和 6 年 5 月 7 日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12689

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コールドフロー損傷抑制に関する研究

研究課題名（英文）A study on reducing cold flow damage 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・教授

研究者番号：70364148

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000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コールドフロー（cold flow）の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、アセタブラーカップにおけるねじ穴の存在有無、ねじまたはキャップの使用有無、ねじ穴部分の状態、コールドフローとインピンジメントの同時発生、ライナーの厚さおよび厚さの増加方法、アセタブラーカップのねじ穴の直径がライナーの損傷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コールドフロー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

人工股関節の摩耗や破損などの損傷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。この問題が改善されれば、人工股関節の更なる耐用性が確保できる。次世代型長寿命人工股関節の開発が実現できれば、一回の置換手術のみで一生涯使用することが可能となり、再置換手術を受ける必要がなくなる。またこれは、患者の肉体的・精神的・経済的な負担の軽減にもつながる。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貢献できるものと確信する。また、人工股関節におけるコールドフロー発生に関する研究の活性化や、最適形状設計による人工股関節の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 UHMWPE after total joint replacement are major factors restricting the longevity of artificial joints. Generations of cold flow into screw holes are frequently observed in retrieved UHMWPE liners of hip prostheses. In this study, we focused on the existence of screw hole in the acetabular cup, use of screw or cap, condition of screw hole, simultaneous occurrence of cold flow and impingement, polyethylene thickness, and screw hole diameter as factors influencing the wear and failure of the liner due to generation of cold flow. Computer simulations of the generation of cold flow using the finite element method were performed. The results of this study confirmed that these are significant factors influencing the wear and failure of the liner in the hip prosthesis after total hip replacement. Therefore, it is necessary to change designs related to these factors in order to decrease the wear and failure of the 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ライナー コールドフロー（cold flow）有限要素法

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、金属材料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製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、背面でのコールドフロー (cold flow) 発生によりライナーを貫通するほどの激しい摩耗やクラック発生などの損傷が多く観察され、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判断した。臨床現場では、このようなコールドフロー発生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、人工股関節における UHMWPE ライナーのコールドフロー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、コールドフロー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、この現象による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、アセタブラーカップに骨盤との固定のためのねじ穴を有する人工股関節の UHMWPE ライナーの背面で発生するねじ穴の中への塑性流動現象を意味するコールドフロー (cold flow) の発生が、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、UHMWPE ライナーのコールドフロー損傷の発生メカニズムの究明のために更なる摘出症例の調査・分析や数値解析による力学的評価を行い、コールドフロー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、人工股関節のコールドフロー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) 人工股関節のコールドフロー損傷の統計学的調査・分析：更なる摘出症例の集積を行い、コールドフローによる摩耗や破損などの損傷の発生率や損傷の特徴を統計学的に調査・分析する。また、摘出症例の各コンポーネント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) 人工股関節におけるコールドフロー発生の原因および UHMWPE ライナー損傷への影響の明確化：構築した摘出症例のデータベース (寸法・幾何学的形状の実測値) に基づいて力学的挙動解析のための三次元 CAD モデルや有限要素モデルを作成し、有限要素法によるコールドフロー発生の数値解析を行う。摘出症例の調査・分析の結果や数値解析の結果に基づいて、コールドフロー発生のメカニズムやコールドフローによる損傷発生に影響する因子 (特に UHMWPE ライナーやアセタブラーカップの寸法・形状) UHMWPE ライナーの力学的状態 (接触応力と塑性変形の発生) への影響を明確化する。
- (3) 人工股関節のコールドフロー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、コールドフロー損傷抑制のための人工股関節の UHMWPE ライナーやアセタブラーカップの最適形状設計を行い、コールドフローによる摩耗や破損などの損傷が発生しにくい人工股関節の設計改善策を提示する。また、設計改善案に対して、有限要素法を用いたコールドフロー発生量を解析し、コールドフロー損傷抑制性能を検証する。

3. 研究の方法

まず本研究課題では、顕著な摩耗や破損などの損傷が生じ、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41 例に対して、摩耗面や破損部の目視観察を行い、コールドフロー (cold flow) の発生による UHMWPE ライナーの損傷 (摩耗、破損、塑性変形) の発生率を調べた。摘出症例全体の生体内での平均使用期間 (埋植期間) は 199.1 ヶ月 (75 ~ 389 ヶ月) であった。摘出された人工股関節の UHMWPE ライナーやアセタブラーカップの形状と寸法は様々であり、摘出されたすべてのアセタブラーカップには骨盤との固定のためのねじ穴が存在していた。また、解析用モデル作成のために、コールドフローによる顕著な損傷が発生した摘出人工股関節の UHMWPE ライナーやアセタブラーカップなどの各コンポーネントに対して寸法や幾何学的形状の測定を行った。

次に、コールドフローの発生が UHMWPE ライナーの力学的状態や損傷の発生に及ぼす影響を調べるために、有限要素法 (finite element method; FEM) を用いた人工股関節におけるコールドフロー発生シミュレーションを行った。そのために、摘出された人工股関節各コンポーネントの寸法や幾何学的形状の実測値に基づいて、より厳密に人工股関節の形状を再現した 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 3 次元構造ソリッド要素でモデリングした。また、UHMWPE ライナーと接触する金属製のアセタブラーカップとヘッド (人工骨頭) は解析的剛体としてモデリングした。解析条件としては、ヘッドと UHMWPE ライナーとの接触面間および UHMWPE ライナーとアセタブラーカップとの接触面間の摩擦係数を 0.1 に設定した。また、荷重の負荷方向は、コールドフローが最も発生しやすいねじ穴の中心方向に設定した。

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。

本研究課題の 1 年目には、主に人工股関節のアセタブラーカップにおけるねじ穴の存在有無、ねじまたはキャップの使用有無、ねじ穴のエッジ部とねじの頭部またはキャップとの間の段差の高さ、ねじ穴の位置 (配置) の変化などのねじ穴部分の状態や、アセタブラーカップの骨盤への設置角度の変化が UHMWPE ライナーの力学的状態 (接触応力分布) やコールドフロー発生に及ぼす影響について有限要素解析を行い、これらの解析結果の分析および検討を行った。これらの解析では、摘出時の患者の体重の約 5 倍に相当する押し付け荷重をヘッドの中心からねじ穴の中心方向に与えてヘッドをライナーに押し付けることによってライナーとねじ穴を有するアセタブラーカップとの接触を誘発させ、ヘッドとライナーとアセタブラーカップとの弾塑性接触解析を行った。

本研究課題の 2 年目には、UHMWPE ライナーに摩耗による貫通孔とともにリム部の破損の発生が確認された摘出症例の各コンポーネントの形状や寸法の実測値に基づいて人工股関節の有限要素モデルを作成し、UHMWPE ライナーにおけるコールドフローおよびインピンジメントのそれぞれの単独発生やこれらの同時発生の有限要素解析を行い、UHMWPE ライナーの力学的状態 (接触応力分布) や損傷に及ぼす影響について比較および検討を行った。この解析では、摘出時の患者の体重の約 5 倍に相当する押し付け荷重をヘッドの中心からねじ穴の中心方向に与えてヘッドをライナーに押し付けることによってねじ穴の中へのライナーのコールドフローを誘発させた。また、同時にステムネックを鉛直方向から反時計回りに 65 度回転 (強制変位) させて、ネックとライナーのリム部との接触 (衝突) を誘発させることによってインピンジメントの発生をシミュレーションした。ステムネックはヘッドと一体になっており、荷重の負荷方向と回転方向以外のすべての自由度を拘束した。

本研究課題の 3 年目には、摘出症例の目視調査において、コールドフロー発生部付近で激しい摩耗や破損の発生が多く観察され、UHMWPE ライナーの厚さの不足やアセタブラーカップのねじ穴の直径の大きさによるコールドフローの発生およびそれに伴う力学的状態の変化がこのような損傷の発生原因であると推測された。そこで 3 年目には、摘出人工股関節の各コンポーネントの形状や寸法の実測値に基づいて人工股関節の 3 次元有限要素モデルを作成し、UHMWPE ライナーの厚さとアセタブラーカップのねじ穴の直径の大きさを最初の実測値から変化させながらコールドフロー発生の有限要素法シミュレーションを行い、これらの変化が UHMWPE ライナーの力学的状態 (接触応力分布) に及ぼす影響について検討を行った。この検討では、UHMWPE ライナーの厚さを最初の実測値から 0.5 mm 刻みで増加させながら、さらに、ねじ穴の直径を最初の実測値から 1.0 mm 刻みで減少させながら解析を行った。UHMWPE ライナーの厚さを増加させる方法としては、ライナーの内径とヘッドの直径を固定し、ライナーの外径とアセタブラーカップの直径を増加させる方法と、ライナーの外径とアセタブラーカップの直径を固定し、ライナーの内径とヘッドの直径を減少させる方法の二通りの方法で有限要素モデルを作成しそれぞれの解析を行った。

4. 研究成果

摘出された人工股関節では、アセタブラーカップと接触していた UHMWPE ライナーの背面でねじ穴の中へのコールドフローの発生が多く観察された。本研究課題で行った目視調査では、摘出された UHMWPE ライナー 41 例のうち 35 例からコールドフローの発生が確認され、その発生率は約 85.4 %であった。また、摘出症例 41 例のうち 27 例からはコールドフローおよびインピンジメントの同時発生が確認され、これらの両方の同時発生率は約 65.9 %であった。

本研究課題 1 年目の有限要素解析では、アセタブラーカップにねじ穴が存在する場合はねじまたはキャップの使用有無に関わらず、ねじ穴のエッジ付近の UHMWPE ライナーで応力集中が発生することが確認された。さらに、隣接するセンターホールやねじ穴の周りに発生する接触応力が重なり合うことにより、ねじ穴とセンターホールの間やねじ穴とねじ穴の間に局所的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の位置は、摘出症例で観察された極端な摩耗による貫通孔の発生位置とほぼ一致していた。この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、ライナーの摩耗や破損などの損傷

に大きな影響を与えると推察された。また、ねじ穴にねじが挿入されている場合やコールドフロー発生防止のためにキャップを用いて蓋がされている場合でも、ねじ穴のエッジ部とねじの頭部またはキャップとの間に僅かでも段差がある場合には、その隙間の中へのコールドフロー、応力集中、UHMWPE の降伏応力を超える高接触応力が発生することが確認された。さらに、ねじやキャップの締結用穴の中へのコールドフローの発生による応力集中や高接触応力の発生も確認された。このような UHMWPE ライナーにおけるコールドフローの発生は、その発生部位付近の UHMWPE の構造的弱化や厚さの減少、ねじ穴のエッジ部付近での応力集中をもたらし、UHMWPE の内部応力および塑性ひずみ量を増加させ、ついには UHMWPE ライナーの摩耗や破損の発生を加速させる可能性がある。またこの解析では、ねじ穴のエッジ部とねじの頭部またはキャップとの間の段差が小さいときには、ねじ穴にねじまたはキャップが挿入されていない場合よりコールドフローの発生量や接触応力が低くなるが、この段差の高さが一定値以上になるとねじ穴にねじまたはキャップが挿入されていない場合と同レベルのコールドフローや接触応力が発生し、ねじまたはキャップのコールドフロー発生防止効果がなくなることが確認された。その他にも、アセタブラーカップにおけるねじ穴の配置間隔の増加とともに、ねじ穴付近の UHMWPE ライナーの接触応力が減少する傾向が確認された。また、アセタブラーカップの骨盤への設置角度の増加とともにねじ穴付近の UHMWPE ライナーの接触応力が増加する傾向が確認された。

本研究課題 2 年目の有限要素解析では、人工股関節におけるコールドフローおよびインピンジメントの同時発生が UHMWPE ライナーの力学的状態に及ぼす影響について検討を行った。その結果、コールドフローやインピンジメントのそれぞれの単独発生時の接触応力の分布は、摘出症例の全体的な摩耗や破損の発生部位（発生状況）とは一致していなかった。しかし、コールドフローおよびインピンジメントの同時発生により UHMWPE ライナーに発生する接触応力の分布は、摘出症例で観察された極端な摩耗や破損の発生部位とほぼ一致していた。また、摩耗による貫通孔の発生位置は、コールドフローの発生による接触応力とインピンジメントの発生による接触応力とが重なり合う部分とほぼ一致していた。また、コールドフローおよびインピンジメントの同時発生時の高接触応力の発生領域は、これらそれぞれの単独発生時のそれよりも広がった。以上の解析の結果から、摘出症例で観察された UHMWPE ライナーの極端な摩耗や破損は、コールドフローおよびインピンジメントの同時発生による高応力発生領域の拡大がその発生原因であると推察された。したがって、人工股関節のさらなる耐用性の確保のためには、コールドフローとインピンジメントが同時に発生しないように各コンポーネントの形状や寸法を設計する必要があると判断される。しかし、この解析結果は生体内での人工股関節の設置条件や部品の形状を十分反映していない初期段階の解析結果であるため、コールドフローおよびインピンジメントの同時発生がライナーの力学的状態や損傷に及ぼす影響をより厳密に検討するためには、今後、これらの条件や形状をより厳密に考慮・再現した解析モデルを開発し長期間の繰り返し接触解析を行う必要がある。

本研究課題 3 年目の有限要素解析では、UHMWPE ライナーの厚さとアセタブラーカップのねじ穴の直径が人工股関節用 UHMWPE ライナーの力学的状態に及ぼす影響について検討を行った。その結果、UHMWPE ライナーの厚さおよび厚さの増加方法、アセタブラーカップのねじ穴の直径が、UHMWPE ライナーの摩耗や破損などの損傷に影響を及ぼす重要な因子であることが確認された。ライナーの内径とヘッドの直径を固定し、ライナーの外径とアセタブラーカップの直径を増加させる方法でライナーの厚さを増加させる場合には、厚さが増加するにつれてねじ穴付近のライナーで発生する最大応力の値が減少する傾向がみられた。これはライナーの厚さの増加とともに構造的剛性が増加し、コールドフローが発生しにくくなったためであると推察された。これに対して、ライナーの外径とアセタブラーカップの直径を固定し、ライナーの内径とヘッドの直径を減少させる方法でライナーの厚さを増加させる場合には、厚さが増加するにつれてねじ穴付近のライナーで発生する最大応力の値が増加する傾向がみられた。これはライナーの厚さの増加にともなう構造的剛性の増加の影響よりもライナーの内径とヘッドの直径の減少にともなう主接触面の接触面積減少、すなわち接触面圧増加の影響が大きいためであると推察された。このような解析結果は、UHMWPE ライナーの厚さの増加方法がその摩耗や破損に影響を及ぼす重要な因子の一つであることを示唆している。またこの解析では、UHMWPE ライナーで発生する最大応力の値は、ねじ穴の直径の減少とともに減少する傾向がみられた。その原因は、ねじ穴の直径の減少とともにセンターホールのエッジとねじ穴のエッジ間の距離が大きくなり、応力集中部の干渉現象による応力の上昇が小さくなったためであると推察された。また、ねじ穴無しでセンターホールのみが存在する場合の最大応力の値が最も低かった。その理由は、応力集中部の干渉現象がなくなったためであると推察された。したがって、UHMWPE ライナーの厚さおよび厚さの増加方法、アセタブラーカップのねじ穴の直径は、人工股関節の形状寸法設計において重要な設計パラメーターであり、これらのパラメーターの調整で UHMWPE ライナーのコールドフロー損傷をより低減できる可能性があることが確認できた。

さらに、本研究課題では、人工股関節におけるコールドフロー (cold flow) とインピンジメント (impingement) の同時発生が、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、この問題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, アセタブラーカップにねじ穴を有する人工股関節のポリエ

チレンライナーの力学的状態，臨床バイオメカニクス，Vol.43，2022，125-132

趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，コールドフロー及びインピンジメントの同時発生が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響，臨床バイオメカニクス，Vol.44，2023，109-115

趙 昌熙，森 俊陽，川崎 展，ポリエチレンの厚さとアセタブラーカップのねじ穴径が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響，臨床バイオメカニクス，Vol.45，2024，掲載確定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 43
2. 論文標題 アセタブラーカップにねじ穴を有する人工股関節のポリエチレンライナーの力学的状態	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 125-132
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 44
2. 論文標題 コールドフロー及びピンピンジメントの同時発生が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 109-115
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 45
2. 論文標題 ポリエチレンの厚さとアセタブラーカップのねじ穴径が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 掲載確定
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13件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Changhee Cho
2. 発表標題 Influence of difference in level between screw hole and screw head in acetabular cup on mechanical state of polyethylene liner of hip prosthesis
3. 学会等名 9th World Congress of Biomechanics (WCB 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 趙 昌熙、森 俊陽、川崎 展
2. 発表標題 コールドフロー及びインピンジメントの同時発生が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響
3. 学会等名 第49回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森光 理貴、趙 昌熙
2. 発表標題 人工股関節用ポリエチレンライナーの厚さがその力学的状態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本機械学会 第33回バイオフィロンティア講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古川 琢朗、趙 昌熙
2. 発表標題 人工股関節用ポリエチレンライナーにおけるコールドフロー発生に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第54回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙 昌熙、森 俊陽、川崎 展
2. 発表標題 アセタブラーカップにねじ穴を有する人工股関節のポリエチレンライナーの力学的状態
3. 学会等名 第48回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirotooshi KAWAKAMI, Changhee CHO
2. 発表標題 Influence of screw holes in the acetabular cup on the mechanical state of polyethylene liner in hip prosthesis
3. 学会等名 The 11th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小原 友誠、趙 昌熙、高城 響
2. 発表標題 アセタブラーカップのねじ穴が人工股関節のコールドフロー発生に及ぼす影響に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第53回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市来 良響、趙 昌熙、安延 侑真
2. 発表標題 人工股関節におけるコールドフローとインピンジメント発生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53回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Changhee Cho, Toshiharu Mori, Makoto Kawasaki
2. 発表標題 SIMULTANEOUS SIMULATION OF COLD FLOW AND IMPINGEMENT IN POLYETHYLENE LINER OF HIP PROSTHESIS
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering (CMBBE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lu Shen, Changhee Cho
2. 発表標題 DEVELOPMENT OF A FINITE ELEMENT MODEL FOR SIMULATIONS OF COLD FLOW AND NECK-LINER IMPINGEMENT IN HIP PROSTHESIS
3. 学会等名 XXIX Congress of International Society of Biomechanics (ISB) / XXIX Congress of Japanese Society of Biomechanics (JSB) : ISB/JSB 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙 昌熙, 森 俊陽, 川崎 展
2. 発表標題 ポリエチレンの厚さとアセタブラーカップのねじ穴径が人工股関節用ポリエチレンライナーの力学的状態に及ぼす影響
3. 学会等名 第50回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大藤 嵐土, 趙 昌熙
2. 発表標題 摘出人工股関節の形状測定に基づくコールドフロー発生の有有限要素解析
3. 学会等名 日本機械学会九州学生会第55回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 申 魯, 趙 昌熙
2. 発表標題 摘出人工股関節の形状測定に基づくコールドフロー及びインピンジメントの同時発生の有有限要素解析
3. 学会等名 日本機械学会九州支部第77期総会講演会
4. 発表年 2024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
研究協力者	森 俊陽 (Mori Toshiharu)		
研究協力者	川崎 展 (Kawasaki Makoto)		

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
---------	---------