

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03161

研究課題名（和文）埋植した人工股関節のin situ修復と長寿命化に関する基礎研究

研究課題名（英文）Basic research for the in situ treatment of the artificial hip joint

研究代表者

茂呂 徹（Moro, Toru）

東京大学・医学部附属病院・特任准教授

研究者番号：20302698

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、「生体内にある人工股関節の摺動面をMPCポリマーによって表面修飾するin situ法」を創出するための基礎研究を行うことである。本研究では、光反応性MPCポリマーの分子設計および高い反応性を有する分子形態を確立し、このポリマーによるポリエチレン表面の修飾方法を確立した。さらに、これらの表面処理を施したポリエチレン表面の耐摩耗性を摩耗・摩擦試験で評価し、摩擦係数が改善し、摩耗量が抑制されることを確認した。以上の基礎研究の成果は、埋植した人工股関節のin situ修復法の実現を推進するための確信を得るに十分な結果であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的には、ライナーの摺動面をin situで表面処理するというアイデアは、これまでに全く報告がない。また、従来は、侵襲の大きい再置換術以外に治療手段を持たなかった。これに対し、本研究は、低侵襲で行える新たな治療法の開発という点できわめて独創性が高い。社会的に考えると、人工股関節を使いながら生活する患者は急速に増加しており、再置換術の件数は今後急速に増加すると予想できる。したがって、低侵襲な手法によって、使用中の人工股関節を引き続き使用できる年数を延長することができれば、患者にとって大きなメリットになるとともに、医療資源の節約という点でも効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of present study is to design and develop the innovative technique for in situ treatment for a bearing surface of an artificial hip joint. In the present study, we first designed a molecular structure of the photoreactive MPC polymer with an effective photo-reactivity. And then, we developed a surface treatment technique using the photoreactive MPC polymer for the polyethylene liners. Furthermore, we evaluated the wear-resistance of the photoreactive MPC polymer treated polyethylene liner surface, and revealed that photoreactive MPC polymer treatment reduced the friction torque and improve the wear-resistance of the polyethylene liner surface.

In conclusion, we succeeded to create the novel technique for in situ treatment of the artificial hip joint by the photoreactive MPC polymer. In addition, the results of the present study suggest this technique will improve the longevity of artificial hip joints and therefore benefit public health substantially.

研究分野：医歯薬学

キーワード：医療・福祉 運動器 関節

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 社会的背景

人工股関節置換術は、変形性股関節症・関節リウマチ・特発性大腿骨頭壊死症・外傷などで機能を喪失した股関節を、高分子材料・金属・セラミックスで構成される人工股関節に置き換える手術であり、疼痛を寛解し、よりよいADL (activities of daily living)・QOL (quality of life)を獲得する優れた治療法として確立されている。原因疾患である股関節症や骨折の有病率を例にとると、社会の超高齢化に伴って増加している。このため、超高齢化が進行する我が国では、人工股関節全置換術の件数も年率約 10%で増加し、2014 年度には 12 万件を超している(矢野経済研究所,2015)。実用化から 50 年以上が経過し、材料・手術手技・術後管理・デザインなどの進歩により、その臨床成績は格段に改善されているが、インプラント周囲に生じる骨溶解 (osteolysis) と、これに続発する非感染性の弛み (loosening) は常にその長期予後を決定する深刻な合併症である。弛みを生じた人工股関節のインプラントは固定性を失い、疼痛や可動域制限のため、再置換手術が必要となる。したがって、人工股関節置換術を受けた患者は再置換術の潜在的な対象であるため、今後、人工股関節置換術件数の増加に伴って、再置換術の件数も増加し続けると予想される。また、再置換術は、体内で移動した人工股関節を入れ換える、骨溶解により吸収された骨を補填する必要があるなど、手術としての難度が高く、手術成績は初回手術より劣ることが多い。再置換術は侵襲が大きい手術であるため、侵襲が小さい方法で骨溶解や弛みの進行を阻止できれば、患者にとって大きな利益であるとともに、医療資源の節約になる。

(2) 国内・国外の研究動向及び位置づけ

人工股関節の摺動面には、部品としてポリエチレン (PE) 製のライナーが用いられている。関節運動に伴ってライナーはほぼ一定率で摩耗し、摩耗が進行すると、X線写真ではライナーの厚みの減少が見られるようになる。摩耗により生じるナノメートルサイズの微小な摩耗粉はマクロファージ (M ϕ) に異物として認識されることで貪食され、マクロファージは tumor necrosis factor- α (TNF- α)、interleukin-1 (IL-1)、IL-6 などのサイトカインやプロスタグランジン E2 (PGE2) を分泌する。これらの生体活性物質は周囲の間葉系細胞に作用し、破骨細胞分化因子・receptor activator of NF- κ B ligand (RANKL) の発現を誘導する。その結果、破骨細胞の形成・活性化が促進され、人工股関節周囲に骨溶解を生じる。この時期を過ぎると股関節の X 線写真で骨溶解像が見られるようになり、その範囲が拡大すれば人工股関節の弛みが起きる。こうした変化は潜行性であり、放置すると大きな骨欠損を生じる。骨欠損が大きくなるほど、自家骨や人工骨による補填など、対応できる手段が限定的になるため、より適切な時期に再置換術を行う必要がある。これまでの研究は、埋植された人工股関節へのアプローチ方法、インプラントの選択、三次元画像を用いた手術シミュレーション、再置換術の手技などに関して広く行われてきたが、体内にあるライナーに対して、原位置のまま操作を加える in situ 治療法は研究されてこなかった。

(3) 着想に至った経緯

申請者らは、生体の関節軟骨最表層のリン脂質層が潤滑動態を改善していることに着目し、生体親和性と潤滑特性に優れた合成リン脂質、2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン (MPC) を、ポリエチレン表面にグラフト重合させる技術 (PMPC 処理) を創出した。この「生体関節表面を模倣したバイオミメティック技術」を人工股関節に応用し、PMPC の微小粉が骨溶解を誘導しないこと、ポリエチレンの摩耗が顕著に抑制されることを明らかにした。すなわち、前述の骨溶解や弛みを抑制する画期的な技術であることを証明した。申請者らは、この技術を搭載した人工股関節を、2011 年に実用化した。治験症例は手術後 10 年以上を経過し、ライナー摩耗量は従来品と比較して顕著に抑制されており、PMPC に起因した合併症は生じていない。

こうした「これから人工股関節手術を受ける患者」に対する革新的な成果を踏まえ、申請者らは、「既に手術を受け、従来の人工股関節を使いながら生活している患者」に対して、この基盤技術・PMPC 処理を応用することを発想した。具体的には、「定期的な診察において、X線写真でライナーの摩耗を認めるが、弛みは起きていない患者」が対象である。この時点で、埋植されているライナーの潤滑特性を、低侵襲の方法でその位置のまま改善できれば、再置換術が必要になるまでの期間を大幅に延長できると考えるに至った。摩耗が進行したライナー表面を修飾するため、より高密度のポリマー鎖をグラフトする必要がある。我々はこの課題の克服のためには、反応が早く、反応効率が高い光反応系の応用が鍵になると判断した。すなわち、前述の「生体関節表面を模倣した PMPC 処理」を基盤技術として、「光反応性 MPC ポリマー」および「その表面処理方法」の創出により、「埋植された人工股関節の長寿命化を目指した in situ 治療法」を創出することを着想した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、既に生体内に埋植（設置）された人工股関節の耐用年数（寿命）を延長するイノベーションとして「生体内にある人工股関節の摺動面を MPC ポリマーによって表面修飾する in situ 法」を創出するための基礎研究を行うことである。この研究を基盤として、将来的には、侵襲が大きい入れ換えの再置換術に代わり、侵襲が小さい in situ 法によって、摺動面の耐摩耗性を飛躍的に高めることを目指すものである。

この目的の達成のため、本研究期間内に、具体的には以下の 3 つのサブテーマについて検討を行った。

（ 1 ）光反応性 MPC ポリマーの分子設計および高い反応性を有する分子形態の検討

側鎖末端に活性水素を有するメタクリル酸エステルを出発原料として、光反応性モノマーを高効率に合成する条件を確立した。また、光反応性 MPC ポリマーのモノマーユニット組成比、分子量などを制御できる重合条件を見いだした。

（ 2 ）光反応性 MPC ポリマーによる表面修飾方法の検討

光反応性 MPC ポリマーの架橋反応と積層の実現、ポリエチレン表面からの光開始グラフト重合を確立するとともに、ポリマー層の安定化を図った。また、ポリマー鎖の高密度化によって、潤滑特性が向上することから、光イニフーター系を適用してライナー表面に構築する方法（in situ MPC ポリマー処理）を確立した。

（ 3 ）In situ MPC ポリマー処理ポリエチレン表面の耐摩耗特性の検討

ポリエチレン表面のポリマー層が摩擦、摩耗に与える影響について、摩擦試験機、および手術後の歩行を再現する股関節シミュレーターにより評価した。

3 . 研究の方法

（ 1 ）光反応性 MPC ポリマーの分子設計および高い反応性を有する分子形態の検討

生体内に埋植したポリエチレンライナーを in situ で表面処理するためには、1) 低侵襲で処理できること、2) 生体親和性が高く安全な材料であること、3) 短時間で高効率に高密度の処理ができること、4) 生体内の狭いスペースで曲面のライナー摺動面に均一な処理をすることなどの特性が求められる。この課題の克服のため、本研究課題では、新たに光反応を用いた表面処理を応用することとした。このため、本サブテーマでは光反応性モノマーの分子設計を行い、その合成条件を検討した。さらに、生体親和性の高い MPC と重合し、効果的な光反応特性を発現する分子形態について最適化した。

申請者が実用化したポリエチレン表面の PMPC 処理（ 1（ 3 ）着想に至った経緯に記載）では、有機溶剤と重合開始剤（ベンゾフェノン）を用いてグラフト重合している。工場で製造する製品の場合、グラフト重合後に洗浄することで、有機溶剤と未反応の重合開始剤を除去しているが、in situ で同様の方法を適用する場合、有機溶剤と重合開始剤の有害性が問題となる。したがって、重合開始剤を用いず、ポリエチレン基材表面に MPC ポリマーを直接反応させる方法を目指して研究開発を行った。

（ 2 ）光反応性 MPC ポリマーによる表面修飾方法の検討

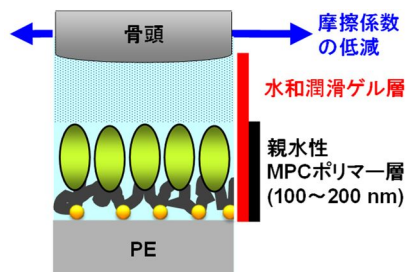
申請者が特許化・実用化したポリエチレンライナー表面の PMPC 処理（ 1（ 3 ）着想に至った経緯に記載）は、MPC 水溶液に浸漬して反応を行うものであり、生体内の人工股関節表面に応用できない。そこで、本研究では 3 -（ 1 ）で重合した光反応性 MPC ポリマーを低侵襲の操作で生体内のライナー表面に塗布・接着し、光照射装置によって表面処理をするための基礎検討を行った。ポリエチレン表面での水素引き抜き反応やラジカル生成反応を光照射により誘起し、ポリエチレンと光反応性 MPC ポリマーを共有結合させるとともに、ポリマー層内で橋かけ反応を生じさせることで、安定な人工股関節界面創製を目指して検討を行った。

申請者らは上述のポリエチレンライナー表面の PMPC 処理に関する先行研究において、人工股関節摺動面で効果的に耐摩耗性を発揮するための至適 MPC 水溶液濃度(J Biomed Mater Res A,2008)、処理時間(J Biomed Mater Res A,2007)、紫外線強度(J Biomed Mater Res A,2014)を確立し、この技術を搭載した人工股関節を実用化している。また、これらの研究を通じて、水溶液濃度と紫外線照射強度は PMPC の分子鎖の長さを、紫外線照射時間はグラフト鎖密度を規定すること等を明らかにしている。本研究ではこれらの基盤技術を用い、生体親和性、耐摩耗性を効率的に発揮するための光反応性 MPC ポリマーの最適な光反応プロセスを創出するための基礎検討を行った。

（ 3 ）In situ MPC ポリマー処理ポリエチレン表面の耐摩耗特性の検討

ポリエチレン表面は疎水性であるが、親水性の MPC ポリマーを用いた表面処理により関節摺動面に水和潤滑ゲル層が形成され、流体潤滑が生じる。この結果、摩擦係数が低減し、弛みの主

因となる摩耗粉の産生が期待できる。このため、本項では、3 - (1)(2)で創出した方法で表面処理を施したポリエチレンを、国際規格に準じた pin-on-disk/plate 型摩擦・摩耗試験機を用いた摩擦・摩耗試験、手術後の歩行を再現する股関節シミュレーターを用いた摩耗試験を行い、MPC ポリマー層の潤滑性・耐摩耗特性を評価した。

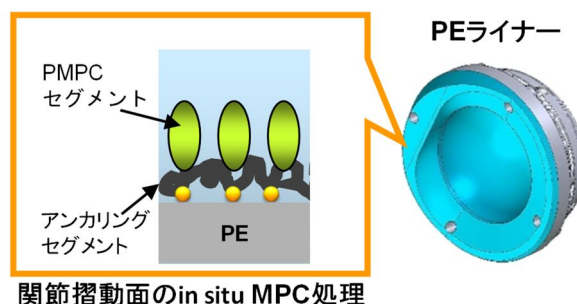


上記(1)(2)(3)のそれぞれの結果について互いにフィードバックを行いながら、生体内にある人工股関節の摺動面を MPC ポリマーによって表面修飾する in situ 法」を創出するための基礎研究を推進した。

4. 研究成果

(1) 光反応性 MPC ポリマーの分子設計および高い反応性を有する分子形態の検討

側鎖末端に活性水素を有するメタクリル酸エステルを出発原料として、光反応性基である a) フェニルアジド基、b) ケイ皮酸エステル(シンナモイル)基、c) ジフェニルケトン基(ベンゾフェノン構造)など、水素引き抜き反応やラジカル生成反応を照射により誘起する化合物(光反応基)を側鎖に導入した光反応性モノマーを、シヨッテン・パウマン反応を利用して高効率にて合成する条件を確立した。



関節摺動面のin situ MPC処理

の光反応性モノマーをポリエチレンと結合するセグメント(アンカリング)とし、これと MPC セグメントからなるブロックコポリマーをリビングラジカル重合にて合成した。光反応性ブロックコポリマーにおける MPC セグメントの割合、分子量などを制御できる重合条件を見いだした。

各セグメントの分子量を精密に制御しながら、MPC ポリマー鎖を安定かつ高密度にポリエチレン表面に導入できる新たなポリマーの分子形態を最適化した。

(2) 光反応性 MPC ポリマーによる表面修飾方法の検討

反応時間、ポリマー濃度、照射強度等を変化させて in situ MPC ポリマー処理を行い、試料表面を以下の方法で非破壊的に観察し、MPC ユニットの同定および処理率を計測した。a) X線光電子分光分析(XPS) b) 赤外分光分析(FT-IR) c) 透過型電子顕微鏡(TEM)による処理層の厚みの測定、d) 水の接触角の測定。

光反応性ポリマーの架橋反応と積層の実現、ポリエチレン表面からの光開始グラフト重合を確立するとともに、ポリマー層の安定化をすすめた。また、ポリマー鎖の高密度化によって、潤滑特性が向上することから、光イニフター系を適用してライナー表面に構築する方法を確立した。

耐摩耗特性に関する検討結果をフィードバックすることで、長期間ポリエチレンライナー表面にとどまり、耐摩耗性効果を発揮するための至適表面修飾法を検討した。光反応性ポリマーの分子量を制御し、このポリマー溶液の粘性とポリマー濃度を調節することで、高密度のポリマー鎖を形成する条件を確立した。

(3) In situ MPC ポリマー処理 PE 表面の耐摩耗特性の検討

Pin-on-disk/plate 型摩擦・摩耗試験機を用いた摩擦・摩耗試験

4 - (1)(2)の方法で、様々な条件下で in situ MPC ポリマー処理を施したポリエチレン表面の摩擦・耐摩耗特性を、米国材料試験協会(ASTM) F732 準拠に準拠した Pin-on-disk/plate 型摩擦・摩耗試験機を用いた摩擦・摩耗試験にて評価した。対向する材料には、人工股関節の骨頭としてポリエチレンと組み合わせて使用されているコバルトクロム合金を使用した。a) 摩擦係数の測定、b) 重量変化による摩耗量の測定、c) 表面および背面の走査型レーザー顕微鏡(LSM)、走査型電子顕微鏡(SEM)による解析を行い、静的、動的摩擦係数が改善すること、摩耗量が抑制されることを確認した。また、これらの結果を 4 - (1)(2)にフィードバックし、摩擦・

耐摩耗特性をより改善するため、分子設計、分子形態、重合条件、表面処理条件などを改良した。

股関節シミュレーター試験

手術後の人工股関節には、歩行周期に合わせ、様々な方向から、最大で体重の約5倍の負荷がかかるかとされている。そこで、手術後の患者の歩行を再現する股関節シミュレーターに用いて評価した。ポリエチレンライナーは、国内外で汎用されている架橋ポリエチレンの製品を用い、4 - (1) (2) の方法で、様々な条件下で光反応性 MPC ポリマー処理を施した。得られた光反応性 MPC ポリマー処理架橋 PE ライナーを、コバルトクロム合金製の骨頭と組み合わせて試験を行った。試験条件は国際標準化機構 (ISO) 14242-3 に準じて行った。Force curve は Double-peak Paul とし、最大荷重は 280 kgf、歩行周期は 1.0 Hz、カップの傾きは 23° とした。潤滑液には、生体内の関節液を模し、25%の仔ウシ血清溶液を使用した。a) ライナーの重量変化による摩耗量の測定、b) ライナー表面の三次元解析装置、走査型レーザー顕微鏡 (LSM) による解析、c) 走査型電子顕微鏡 (SEM) による骨頭の表面性状、表面粗さの評価、d) X線光電子分光分析 (XPS)、b) 赤外分光分析 (FT-IR) による MPC ポリマー処理効果残存の有無の判定、e) 潤滑液中の摩耗粉の回収及び解析による摩耗動態の分析を行った。この結果、光反応性 MPC 処理を施した架橋ポリエチレンライナーにおいて、摩耗量が抑制されることを明らかにした。また、これらの結果を 4 - (1) (2) にフィードバックし、耐摩耗特性をより改善するため、分子設計、分子形態、重合条件、表面処理条件などを改良した。

以上の基礎研究の成果は、埋植した人工股関節の in situ 修復法の実現を推進するための確信を得るに十分な結果であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 6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 石原一彦, 茂呂徹	4. 巻 35
2. 論文標題 流体潤滑機構を搭載した新しい生体親和型人工股関節の創出	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 バイオマテリアル	6. 最初と最後の頁 90-97
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 茂呂徹	4. 巻 34
2. 論文標題 運動器疾患に対する人工臓器の未来展開 人工股関節に関するバイオマテリアル開発の動向と未来像	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオマテリアル	6. 最初と最後の頁 332 ~ 335
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 -
1. 著者名 京本政之, 茂呂徹, 石原一彦	4. 巻 63
2. 論文標題 人工関節しゅう動表面の潤滑機能向上のための先端技術	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 トライボロジスト	6. 最初と最後の頁 741 ~ 747
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 -
1. 著者名 茂呂徹, 石原一彦, 高取吉雄	4. 巻 92
2. 論文標題 MPCポリマーと運動器疾患に対する応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本整形外科学会誌	6. 最初と最後の頁 765 ~ 776
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 -

1. 著者名 Kyomoto M, Moro T, Yamane S, Takatori Y, Tanaka S, Miyamoto H, Ishihara K	4. 巻 112
2. 論文標題 A hydrated phospholipid polymer-grafted layer prevents lipid-related oxidative degradation of cross-linked polyethylene.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biomaterials	6. 最初と最後の頁 122-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biomaterials.2016.10.021	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 Saiga K, Kyomoto M, Watanabe K, Taketomi S, Kadono Y, Takatori Y, Tanaka S, Ishihara K, Moro T	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of material thickness and surface modification of cross-linked polyethylene with poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on its deformation behavior, wear resistance and durability under repetitive impact-to-sliding motion.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Biotribology	6. 最初と最後の頁 35-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biotri.2017.03.005	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 Yamane S, Kyomoto M, Moro T, Hashimoto M, Takatori Y, Tanaka S, Ishihara K	4. 巻 106
2. 論文標題 Wear resistance of poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine)-grafted carbon fiber reinforced poly(ether ether ketone) liners against metal and ceramic femoral heads.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Biomed Mater Res B Appl Biomater	6. 最初と最後の頁 1028-1037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.b.33918 •	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 Kyomoto M, Moro T, Yamane S, Watanabe K, Hashimoto M, Tanaka S, Ishihara K	4. 巻 79
2. 論文標題 A phospholipid polymer graft layer affords high resistance for wear and oxidation under load bearing conditions.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Mechan Behav Biomed Mater	6. 最初と最後の頁 203-212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2017.12.036	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 Kyomoto M, Moro T, Yamane S, Watanabe K, Hashimoto M, Tanaka S, Ishihara K	4. 巻 35
2. 論文標題 A hydrated phospholipid polymer gel-like layer for increased durability of orthopedic bearing surfaces.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 1954-1963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b01494	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11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 茂呂徹
2. 発表標題 MPCポリマーと運動器疾患に対する応用
3. 学会等名 第90回日本整形外科学会学術総会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺健一, 京本政之, 雑賀健一, 山根史帆里, 石原一彦, 高取吉雄, 茂呂徹
2. 発表標題 PMPC処理ビタミンE添加ポリエチレンの衝撃摩耗特性
3. 学会等名 先端医療シーズ開発フォーラム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 茂呂徹
2. 発表標題 ナノテクノロジーを用いた新しい人工関節の開発・基礎研究.
3. 学会等名 バイオインテグレーション学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺健一, 京本政之, 雑賀健一, 山根史帆里, 大嶋浩文, 石原一彦, 茂呂徹
2. 発表標題 PMPC処理架橋ポリエチレンの耐摩耗性と耐変形性
3. 学会等名 先端医療シーズ開発フォーラム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 茂呂徹, 高取吉雄, 田中栄
2. 発表標題 人工股関節の材料特性に関する臨床上の課題と研究開発動向
3. 学会等名 第49回日本人工関節学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 茂呂徹
2. 発表標題 整形外科と工学の融合 生体親和性高分子バイオマテリアルの整形外科疾患に対する応用.
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 茂呂徹, 高取吉雄, 田中栄
2. 発表標題 「バイオマテリアル開発が手術にもたらした影響」 生体親和性MPCポリマーによる表面処理技術を応用した人工股関節
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 2019年

1. 発表者名 Yamane S, Watanabe K, Moro T, Saiga K, Kyomoto M, Takatori Y, Tanaka S, Ishihara K
2. 発表標題 Cartilage-like functional interface with hydrophilic phospholipid polymer for novel metal-free orthopaedic bearing.
3. 学会等名 3rd International Conference on BioTribology.
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Watanabe K, Kyomoto M, Saiga K, Yamane S, Takatori Y, Tanaka S, Ishihara K, Moro T
2. 発表標題 Evaluation of biotribological behaviour of phospholipid polymer-grafted cross-linked polyethylene using multidirectional pin-on-disc tester.
3. 学会等名 3rd International Conference on BioTribology.
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kyomoto M, Moro T, Ishihara K
2. 発表標題 Development of a novel hip joint replacement with biomimetic nanosurface technology.
3. 学会等名 11th International Symposium on Nanomedicine
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Moro T, Yamane S, Kyomoto M, Ishihara K, Tanaka S
2. 発表標題 Wear performance of damaged phospholipid polymer grafted highly cross-linked polyethylene liners.
3. 学会等名 ORS 2020 Annual Meeting
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
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)	
研究分担者	石原 一彦 (Ishihara Kazuhiko) (90193341)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究分担者	田中 健之 (Tanaka Takeyuki) (00583121)	東京大学・医学部附属病院・助教 (12601)	
研究分担者	橋本 雅美 (Hashimoto Masami) (20450851)	一般財団法人ファインセラミックスセンター・その他部局等・上級研究員 (83906)	
研究分担者	金野 智浩 (Konno Tomohiro) (80371706)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	