

医療機器開発推進研究事業(医療機器開発(ナノテクノロジー等)総合推進研究事業)  
「高齢者の寝たきり予防に役立つナノ表面構築型人工股関節の開発に関する研究」  
東京大学医学部附属病院 高取 吉雄

(研究期間:平成20年度～平成22年度)

## A. 研究目的

われわれが研究開発したMPCポリマーによる人工股関節のナノ表面処理技術を応用し、高齢者が寝たきりになることを防止し社会復帰を支援するために、安定性と耐久性に優れた革新的な人工股関節を開発すること

### 検討項目

- 1) 関節面のポリエチレンを薄くすること
- 2) 関節摺動面間の吸着性の向上
- 3) 耐摩耗能の向上
- 4) コンポーネント形状の改良

## B. 研究成果

### ① MPC処理の至適条件の検索

紫外線照射時間、強度等を変化させ、得られた試料表面を解析して至適条件を検索した。紫外線照射時間により表面に生成するMPC鎖の密度が制御でき、90分間において十分に高密度なMPC層で覆われたCLPE表面が創製できた。また、紫外線強度により表面に生成するMPC層の厚さと均一性が制御でき、3.5～7.5 mW/cm<sup>2</sup>において高密度で均質なMPC層で覆われたCLPE表面が創製できた。

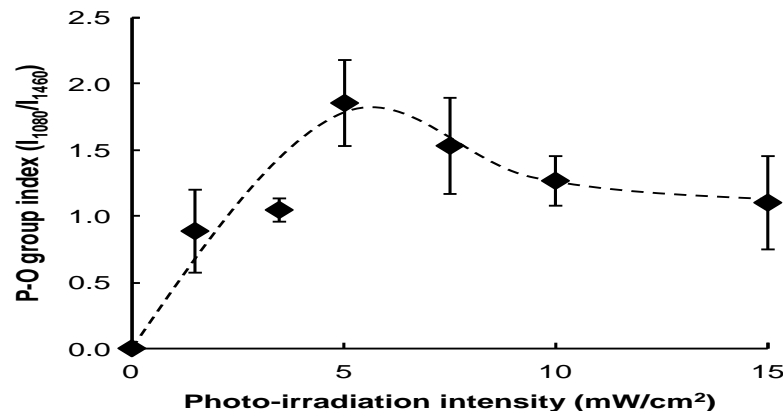


図1: 種々の紫外線強度にて処理したMPC処理CLPE(紫外線照射時間90分)表面のリン酸指数

紫外線強度の増加とともに、リン酸指数は増加し、紫外線強度5.0 mW/cm<sup>2</sup>のとき、最も高い値を示した。その後、紫外線強度10.0～15.0 mW/cm<sup>2</sup>において、リン酸指数は徐々に低下した。

### ② ポリエチレン厚がMPC処理効果に与える影響の検討

1) MPC処理を行ったCLPEの機械的特性の評価、2) 股関節におけるネックインピンジメントやマイクロセパレーションを想定した疲労特性試験、3) 股関節における摩擦摩耗動作を想定した摩耗特性(多方向摺動)試験、を行った。これらの結果、光開始グラフト重合は、基材となるCLPEの材料特性に影響を与えないことが明らかとなった。また、MPC処理により、CLPEの耐衝撃-摩耗特性が向上することが確認された。さらに、薄いCLPEにおいても重篤な欠陥は認められず、大径骨頭と組み合わせられる薄いCLPEライナーの適用の可能性が示唆された。

### ③ 摩耗抑制効果 (耐久性)の検討

手術後の歩行を再現する股関節シミュレーターを用い検討した。関節摺動面での摩擦トルクの測定、ライナーの重量変化による摩耗量の測定、ライナー表面の解析、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により、骨頭径を大きくしても、顕著な摩耗抑制効果が期待できること、仮に骨頭が粗面化した場合でも摩耗抑制効果の持続が期待できることが明らかとなった。

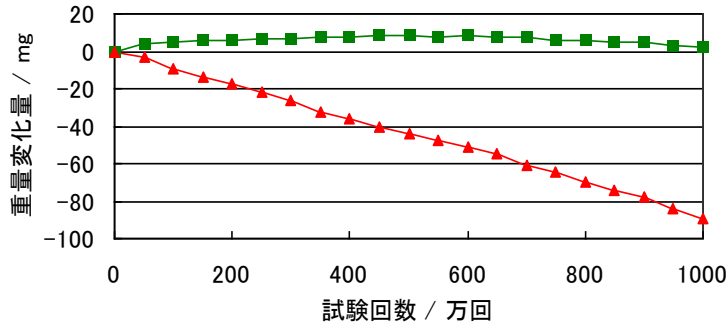


図2: 32 mmΦ CoCr骨頭に対する表面処理条件の異なるライナーの長期摩耗試験結果  
(■: MPC-CLPE, ▲: CLPE)  
MPC処理群で、摩耗が顕著に抑制された

### ④ 関節摺動面の安定性の検討

抗脱臼機構および関節可動域を検討するため、三次元積層造形法を用いて股関節の三次元モデルを作製した。また、下肢の自重によって骨頭が引き下げられライナー面から離れる「浮き上がり防止」について、ライナー摺動面-骨頭間の吸着力を指標として、MPC処理が与える影響を検討した。この結果、大径骨頭を用いた場合でも、MPC処理により関節摺動面の吸着力が増大することが示された。

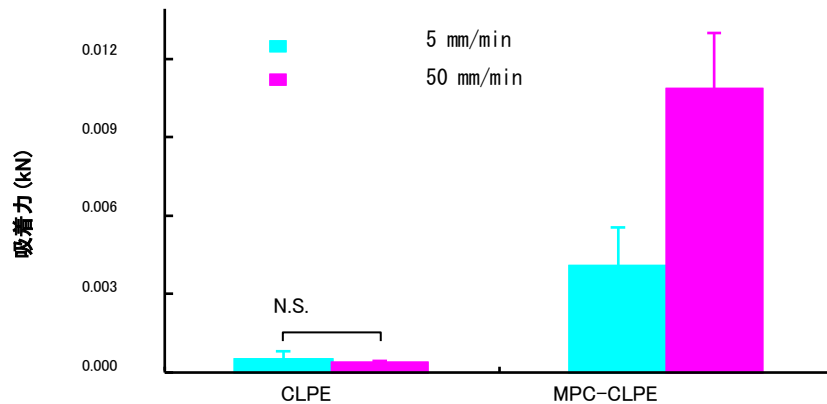


図3: ライナー摺動面-骨頭間の吸着力  
いずれの引き抜き速度においても、MPC処理により関節摺動面の吸着力が増大した

## C. 期待される効果

これらの研究の結果は、高齢者の寝たきり予防に役立つナノ表面構築型人工股関節の開発を推進しうるものであり、革新的な人工股関節の臨床応用が期待できる内容であった。高齢者の生活の質の維持・改善とともに支援介護費用までも含めた医療費の削減、労働力という社会資本の確保、当該分野での国際競争力の獲得に多大な貢献が期待できる。