

CLPE (3 mm)

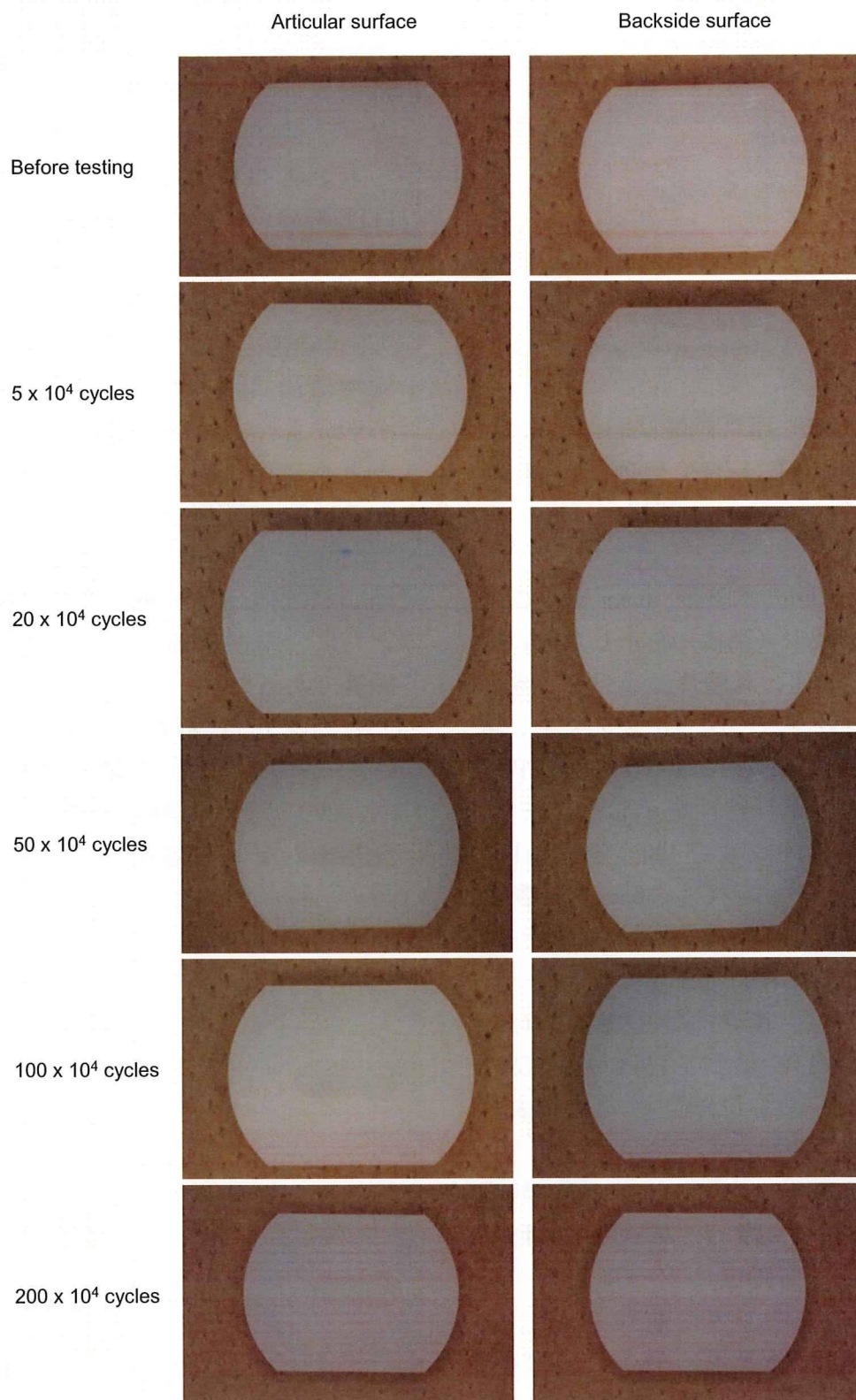


図 5-1. 衝撃-摩耗試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

PMPC-grafted CLPE (3 mm)

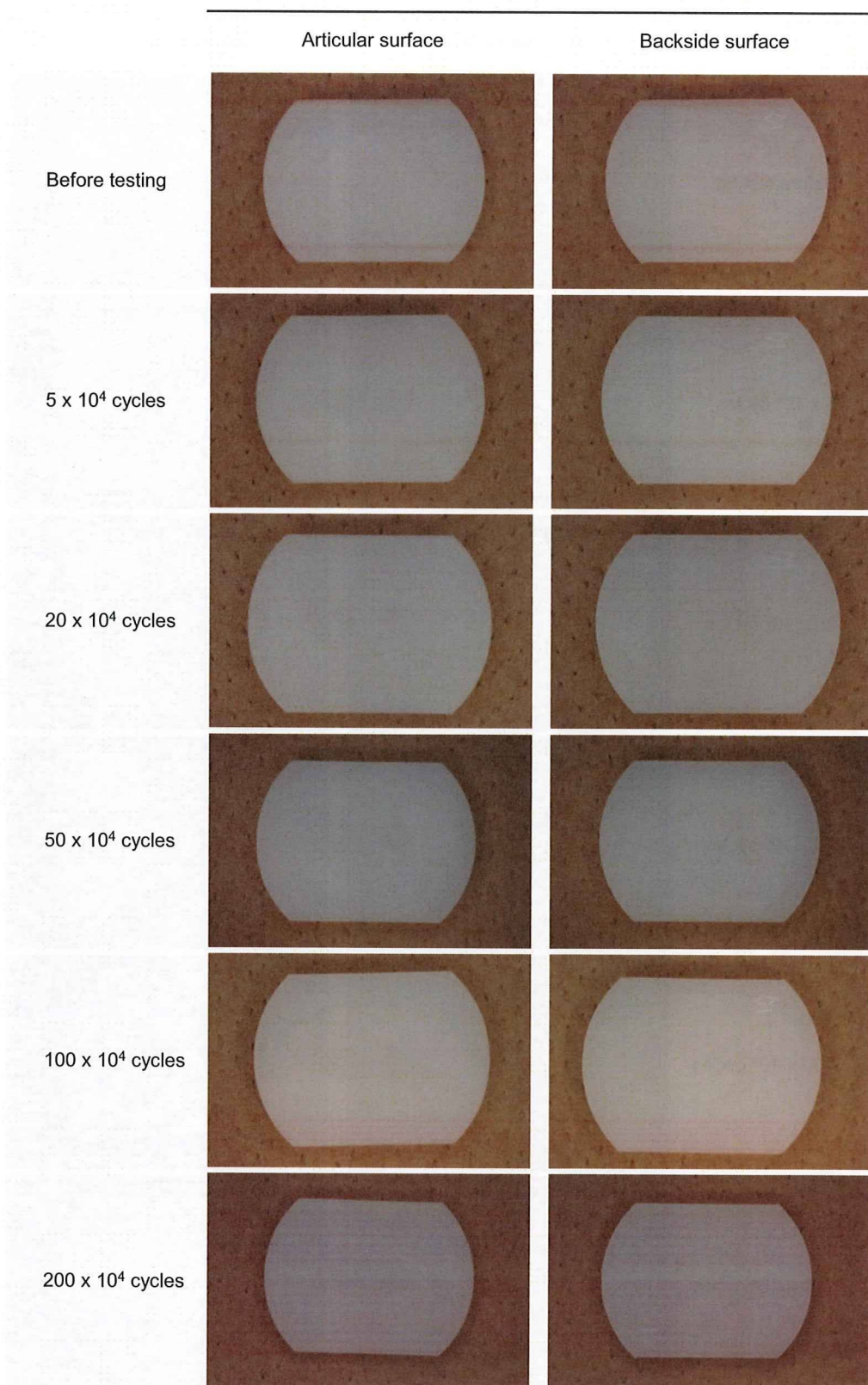


図 5-2. 衝撃-摩耗試験前後の PMPC 処理処理 CLPE (3 mm 厚) の外観写真

CLPE (6 mm)

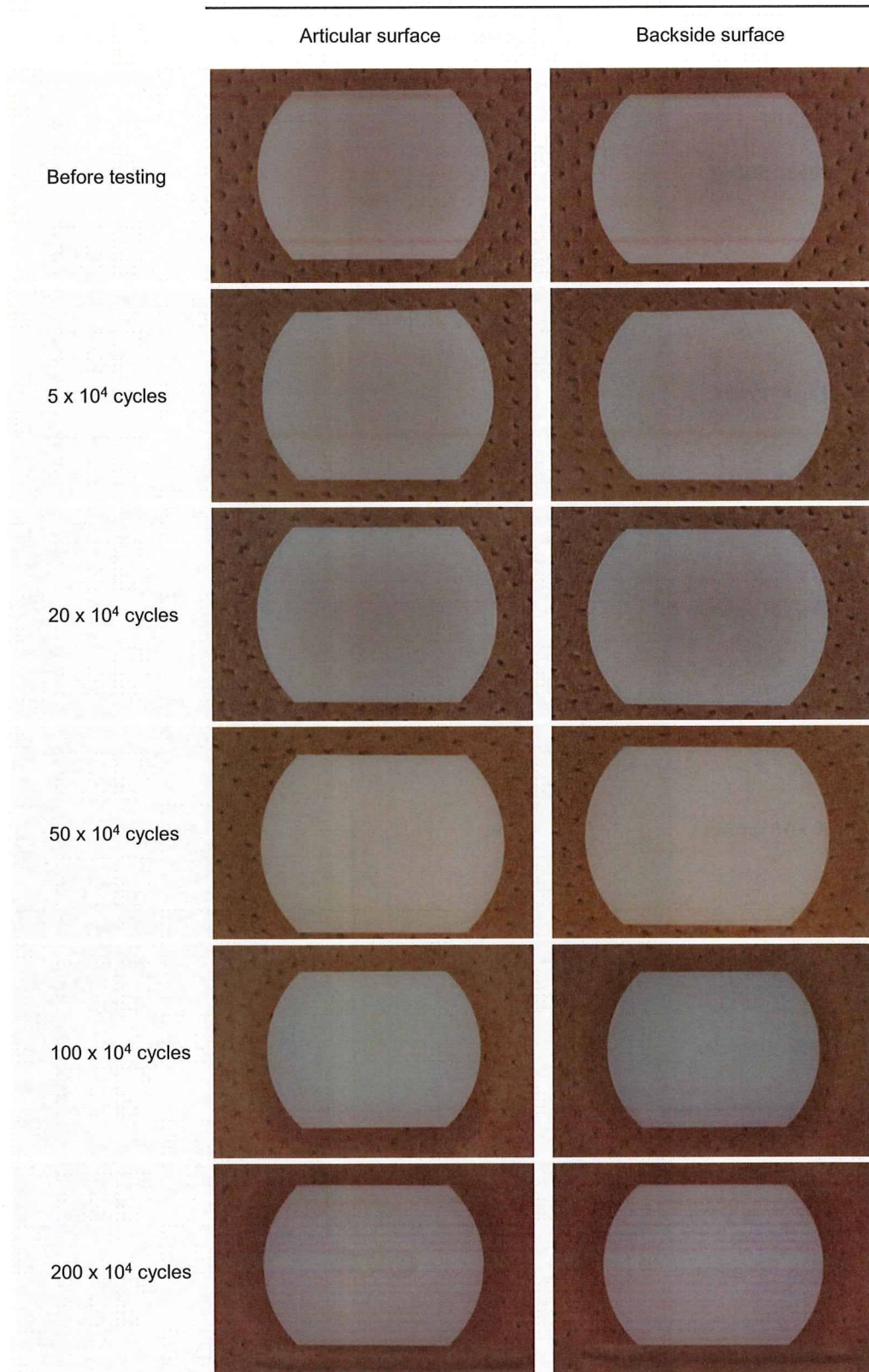


図 5-3. 衝撃-摩耗試験前後の未処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

PMPC-grafted CLPE (6 mm)

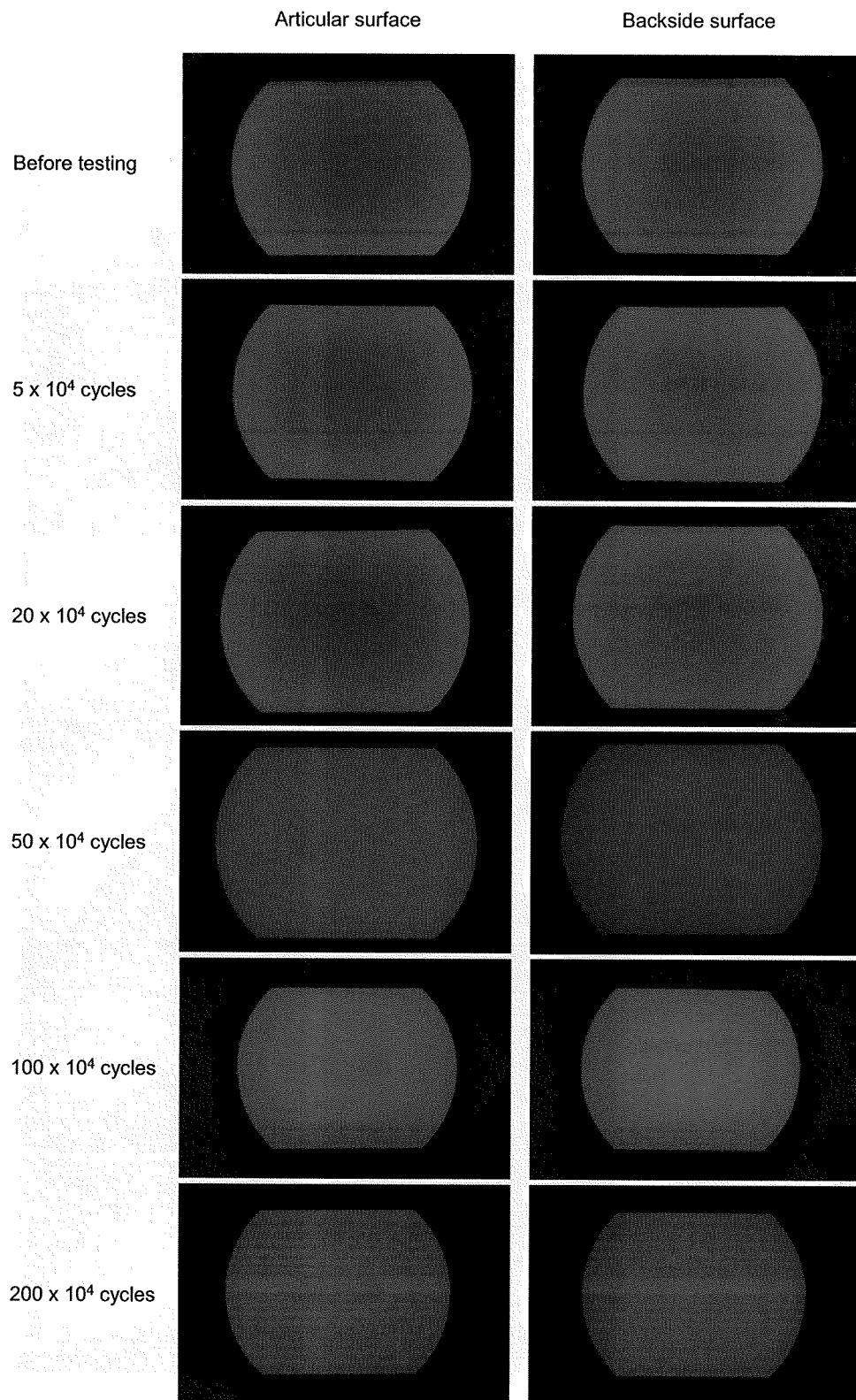


図 5-4. 衝撃-摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (6 mm 厚) の外観写真

CLPE (3 mm)

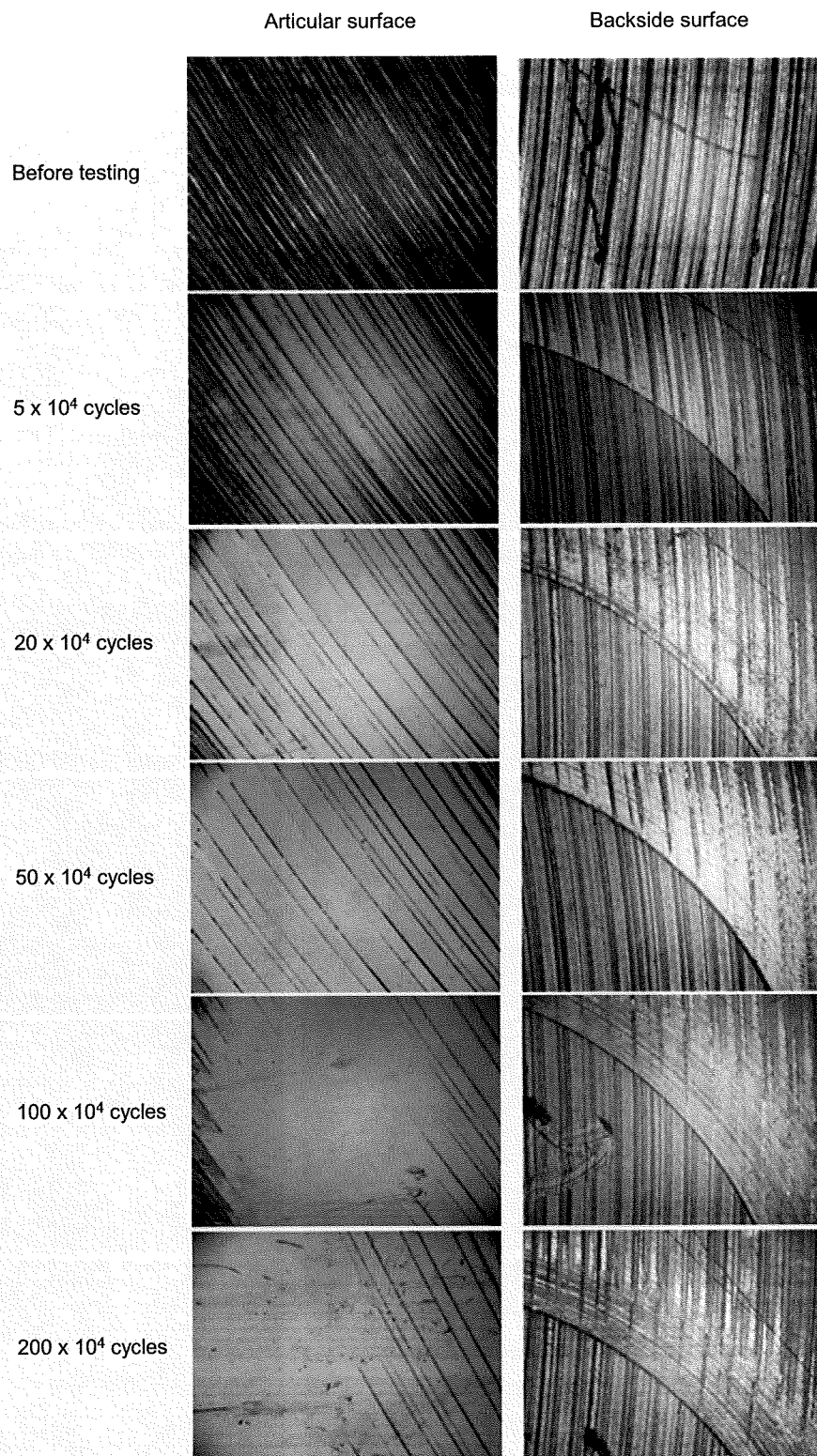


図 6-1. 衝撃-摩耗試験前後の未処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコープイメージ

PMPC-grafted CLPE (3 mm)

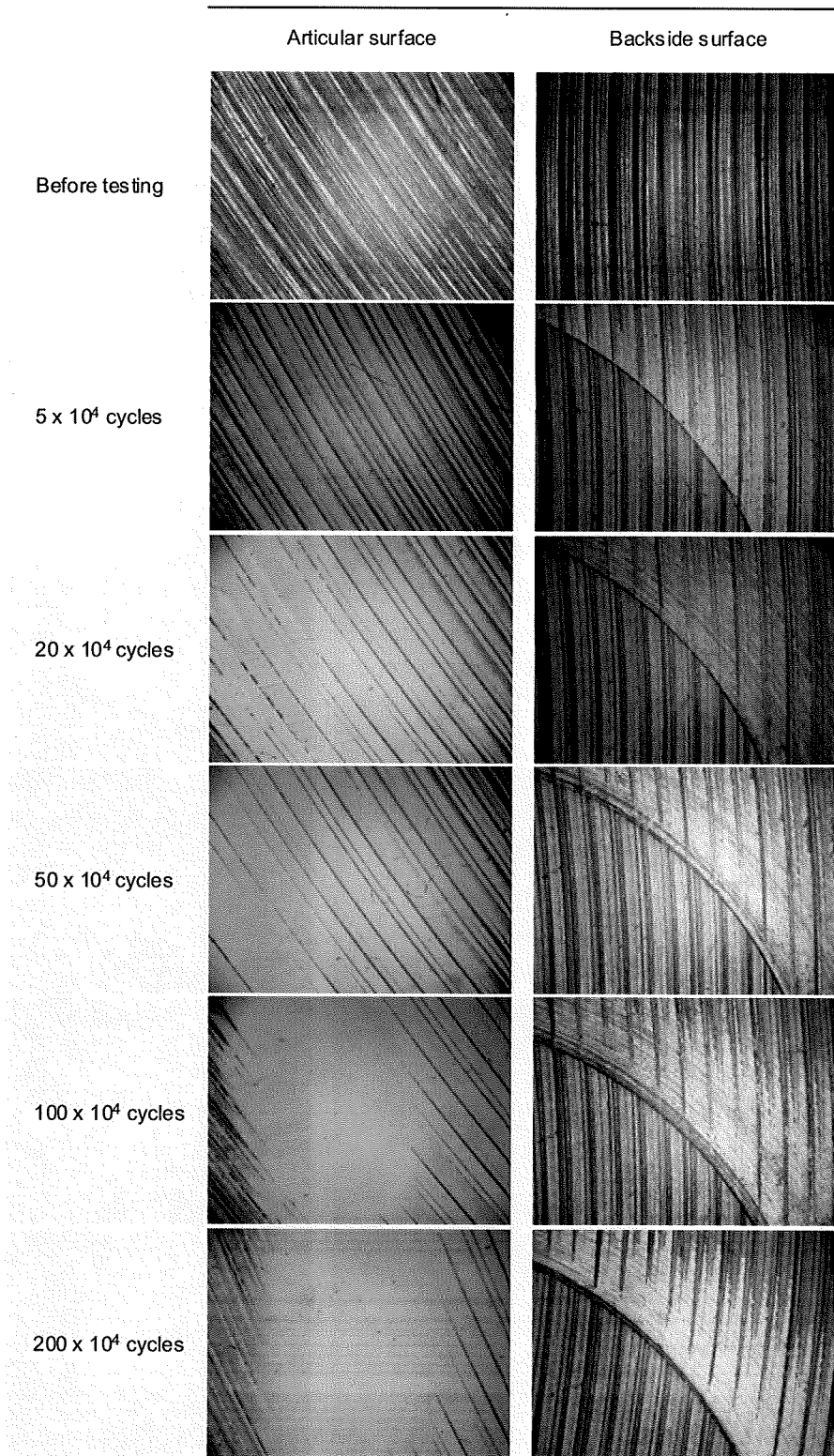


図 6-2. 衝撃-摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (3 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコピーイメージ

CLPE (6 mm)

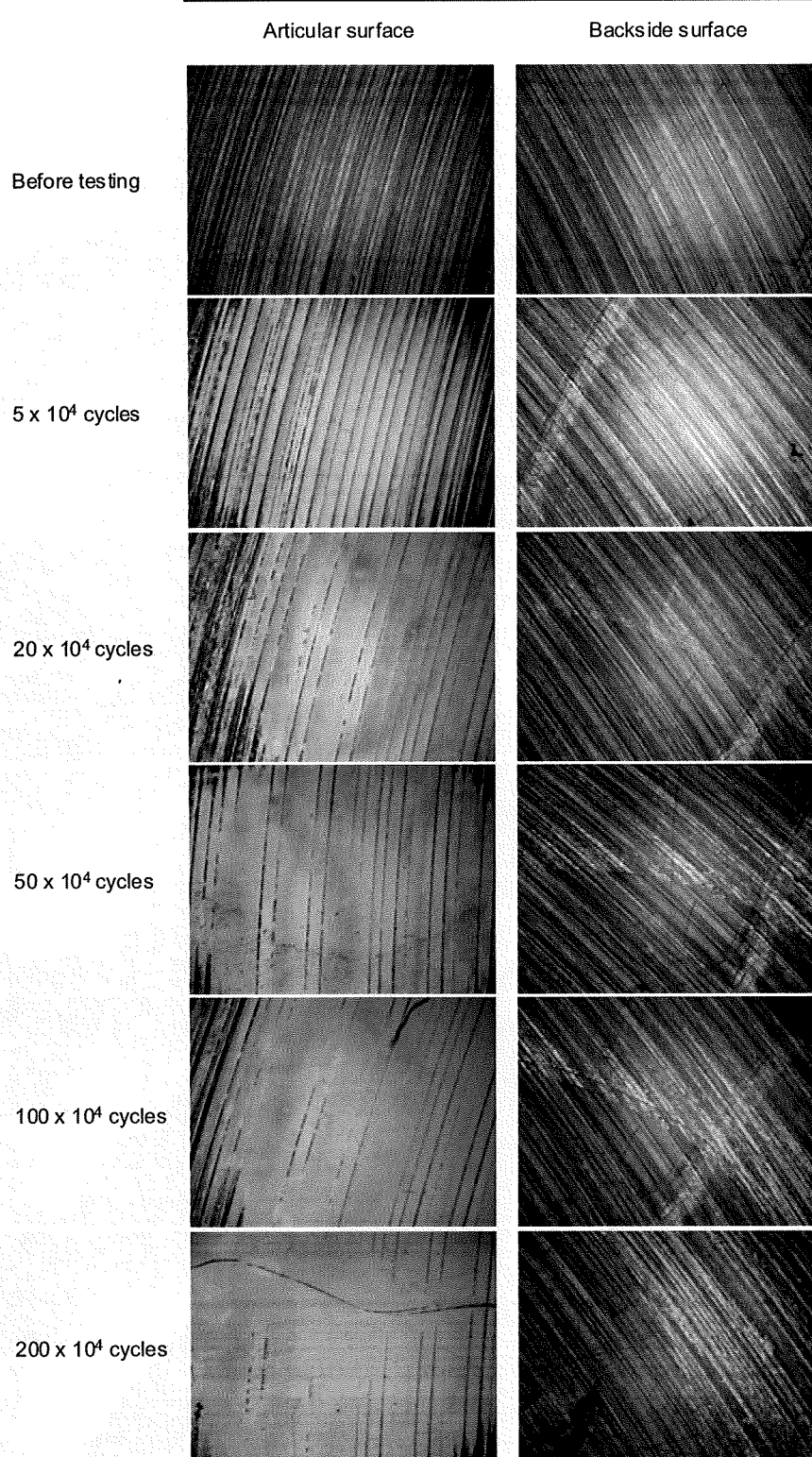


図 6-3. 衝撃-摩耗試験前後の未処理 CLPE (6 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコプイメージ

PMPC-grafted CLPE (6 mm)

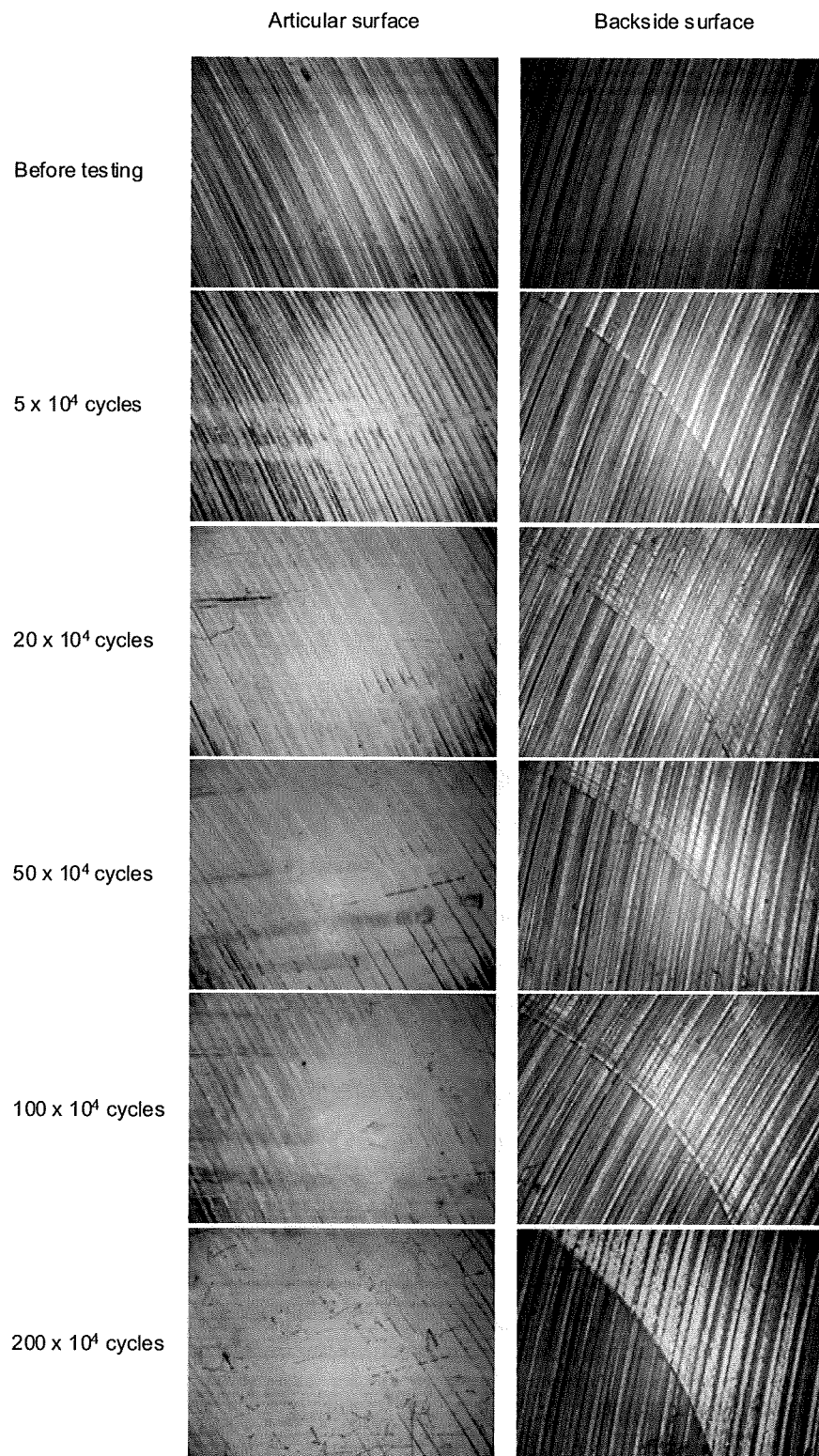


図 6-4. 衝撃-摩耗試験前後の PMPC 処理 CLPE (6 mm 厚) の摺動部および背面ホール部のマイクロスコピーイメージ

D. 考察

CLPE に対して PMPC 処理を行い、PMPC 処理 CLPE を得た。200 万回の衝撃-摩耗試験後、3 mm 厚の CLPE は重量減少（摩耗）を示したのに対し、その他の試験片は重量増加を示した。いずれの厚さにおいても、未処理 CLPE に比べ、PMPC 処理 CLPE は高い耐摩耗特性を示した。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、膝関節におけるリフトオフなどの負荷がかかる環境においても、PMPC 処理による耐摩耗特性の向上は有効であることが分かった。また、試験片の重量増加について、現在の科学技術水準では、摩耗試験中の CLPE 試験片の吸水重量を完全に再現することは難しく、「純粋な摩耗による重量変化量の値」を求めることは困難とされている。しかしながら、今回の衝撃-摩耗試験は、同一試験条件下における試験片群間の摩耗特性の比較という性質を持ち合わせており、コントロールサンプルの吸水重量による補正を含む試験は、試験片の摩耗特性の傾向を評価する方法として頻用されており、妥当であると考えられた。

未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE のいずれにおいても、6 mm 厚の試験片のほうが、3 mm 厚のそれに比べ、は高い耐摩耗特性を示した。また、背面摩耗 (back-side wear) の進行は、未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群ともに、厚さ 3 mm の Disc

試験片で顕著であった。セメント人工関節置換術において、PE ライナーを埋入する際に設置するシェルのスクリー穴部分でも同様の現象が起これることが報告されており、今回の結果は大径骨頭と組み合わせられる薄い PE ライナーのリスクの一つとして注意する必要があるといえる。

しかしながら、昨年度の報告書において、引張り降伏強度、衝撃強度、クリープ変形および硬度において、未処理 CLPE と PMPC 処理 CLPE との間に有意な差が認められず、CLPE 表面の PMPC 層は、紫外線を用いた光開始グラフト重合により形成されるが、この方法は基材となる CLPE の材料特性に影響を与えないと報告されている。未処理 CLPE 群および PMPC 処理 CLPE 群のいずれの試験片においても、200 万回の衝撃-摩耗試験終了時までデラミネーションや破損などの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。

E. 結論

本研究において我々は、関節面の耐摩耗性と機械的安定性を同時に達成できれば、良好な 10 年以上の長期臨床成績を達成し、高齢者の寝たきり予防に役立てることできると考え、PMPC 処理を行った CLPE の pin-on-disc 型摩耗試験装置を用いた疲労特性 (衝撃-摩耗) の評価を行

った。この衝撃-摩耗負荷がかかる環境においても、PMPC 処理による耐摩耗特性の向上は有効であることが分かった。PE が厚いほうが良好な耐衝撃-摩耗特性を示したものの、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。

F. 健康危険情報
特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kyomoto M, Moro T, Iwasaki Y, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Superlubricious surface mimicking articular cartilage by grafting poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on orthopaedic metal bearings. *J Biomed Mater Res A* 91(3): 730-41, 2009.
- 2) Moro T, Kawaguchi H, Ishihara K, Kyomoto M, Karita T, Ito H, Nakamura K, Takatori Y: Wear resistance of artificial hip joints with poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) grafted polyethylene: Comparisons with the effect of polyethylene cross-linking and ceramic femoral heads. *Biomaterials* 30(16): 2995-3001, 2009.
- 3) Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Hashimoto M, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Effects of mobility/immobility of surface modification by 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer on the durability of polyethylene for artificial joints. *J Biomed Mater Res A* 90(2): 362-371, 2009.
- 4) Kitano K, Inoue Y, Konno T, Matsuno R, Takai M, Ishihara K: Nanoscale Evaluation of Lubricity on Well-defined Polymer Brush Surfaces Using QCM-D and AFM. *Colloid Surf. B: Biointerface* 74(1): 350-357, 2009.
- 5) Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Self-initiated surface grafting with poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on poly(ether-ether-ketone). *Biomaterials* 31(6): 1017-1024, 2010.
- 6) Liu G, Iwata K, Ogasawara T, Watanabe J, Fukazawa K, Ishihara K, Asawa Y, Fujihara Y, Chung UL, Moro T, Takatori Y, Takato T, Nakamura K, Kawaguchi H, Hoshi K: Selection of highly osteogenic and chondrogenic cells from bone marrow stromal cells in biocompatible polymer-coated plates. *J Biomed*

Mater Res A 92(4): 1273-1282, 2010.

- 7) Kyomoto K, Moro T, Iwasaki Y, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, and Ishihara K: Lubricity and Stability of Poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) Polymer Layer on Co-Cr-Mo Surface for Hemi-arthroplasty to Prevent Degeneration of Articular Cartilage. *Biomaterials* 31(4): 658-668, 2010.
- 8) Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Cartilage-mimicking, high-density brush-like structure confers high durability to cross-linked polyethylene. *Clin Orthop Relat Res* (in press).
- 9) 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦, 京本政之, 中村耕三, 川口浩: 人工臓器 最近の進歩 人工関節. *人工臓器* 38 (3): 152-154, 2009.
- 10) 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦, 京本政之, 中村耕三, 川口浩: 変形関節症 Up-to-date 長寿命型人工関節の開発. *Clin Calcium* 19 (11): 1629-37, 2009.
- 成績. 第 81 回日本整形外科学会学術総会, 福岡, 2009. 5. 14-17.
- 2) 星野隆行, 金野智浩, 石原一彦, 森島圭祐: 細胞ナノシステムによるバイオハイブリッドナノマシン構築—ナノマシンの自己組織的組み立てに向けた細胞移動の制御—. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会. 2009. 5. 25-26.
- 3) 松野亮介, 後藤佑介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: 細胞内取り込み促進機能ペプチド担持量子ドット内包リン脂質ポリマーナノ粒子の創製と細胞内イメージング. 平成 21 年度繊維学会年次大会, 東京, 2009. 6. 10-13.
- 4) 齊藤あや, 金野智浩, 伊掛浩輝, 栗田公夫, 石原一彦: フェニルボロン酸基を有する細胞親和性リン脂質ポリマーによる可逆細胞接着表面の創製. 平成 21 年度繊維学会年次大会, 東京, 2009. 6. 10-13.
- 5) 金野智浩, 石原一彦: 自発形成-解離性リン脂質ポリマーハイドロゲルによる幹細胞保持と機能評価. 第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009. 9. 16-18.
- 6) 伊藤英也, 荻田達郎, 茂呂徹, 高取吉雄: ねじ込み式人工股関節寛骨臼コンポーネントに対する再置換術. 第 36 回日本股関節学会大会. 京都, 2009. 10. 30-31.
- 7) 豊本泰央, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: MPC ポリマー/HAp ハイブリッドマトリックスの創製と細胞応答. 第 31 回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.

2.学会発表

① 国内学会

- 1) 茂呂徹, 高取吉雄, 荻田達郎, 伊藤英也, 赤坂嘉之, 齊藤貴志, 中村耕三: 前・初期股関節症に対する寛骨臼回転骨切り術の術後 30 年

- 8) 金野智浩, 石原一彦: 細胞親和性ポリマーマトリックスを用いた均質細胞凝集塊形成とその機能. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
- 9) 磯江晋輔, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: ポリマーブラシ表面がタンパク質吸着に与える因子の解明. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
- 10) 徐知勲, 松野亮介, 金野智浩, 坂田利弥, 高井まどか, 石原一彦: バイオ分子・MPCポリマーコンジュゲートの光反応を利用した表面固定化と細胞パタン化への応用. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
- 11) 京本政之, 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦: ポリ芳香族ケトン表面からの自己開始光グラフト重合による生体親和性ポリマー層の構築. 第31回日本バイオマテリアル学会大会. 京都, 2009. 11. 16-17.
- 12) 伊藤英也, 荻田達郎, 茂呂徹, 高取吉雄: ねじ込み式人工股関節寛骨臼コンポーネントに対する再置換術. 第37回日本関節病学会. 東京, 2009. 11. 19-20.
- 13) 豊本泰央, 松野亮介, 金野智浩, 高井まどか, 石原一彦: MPCポリマー/ハイドロキシアパタイト複合体の作製. 第19回MRS-J. 横浜, 2009. 12. 9.
- 14) 伊藤英也, 荻田達郎, 高取吉雄, 茂呂徹, 角田俊治, 馬淵昭彦, 中村耕三: Metal-on-metal THAでhypersensitivityによる広範な骨溶解を生じた1例. **第40回日本人工関節学会**. 沖縄, 2010. 2. 26-27.
- 15) 高取吉雄, 茂呂徹, 荻田達郎, 伊藤英也, 赤坂義之, 角田俊治, 馬淵昭彦: Q5LPカップと摺動面を傷つけないライナー固定法の開発. 第50回関東整形外科学会. 東京, 3. 19-20, 2010.

② 国際学会

- 1) Moro T, Takatori Y, Kyomoto M, Ishihara K, Karita T, Ito H, Nakamura K, Kawaguchi H: Biocompatible Poly(MPC) Grafting on the Liner Surface of Artificial Hip Joints Enhances the Wear Resistance Independently of Femoral Head Material. 22nd Annual conference of the European Society for Biomaterials (ESB). Lausanne, Switzerland, 2009. 9. 7-11.
- 2) Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Yamawaki N, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Cross-linked brush-like structure of surface-modified layers gives high durability to joint replacement. 22nd Annual conference of the European Society for Biomaterials (ESB). Lausanne, Switzerland, 2009. 9. 7-11.
- 3) Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: High-density brush-like structure mimicking cartilage

- gives high durability to cross-linked polyethylene. 4th UHMWPE International Meeting. Torino, Italy, 2009. 9. 16-18.
- 4) Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Self-initiated surface graft polymerization of poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on PEEK and carbon fiber reinforced PEEK for orthopaedic and spinal applications. 56th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). New Orleans, USA, 2010. 3. 6-9.
 - 5) Kyomoto M, Moro T, Saiga K, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Biocompatible polymer layer on Co-Cr-Mo surface for hemi-arthroplasty prevents degeneration of cartilage. 56th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society (ORS). New Orleans, USA, 2010. 3. 6-9.
- ③ シンポジウム・招待講演
- 1) 茂呂徹, 高取吉雄, 石原一彦, 山脇昇, 京本政之, 川口浩: ミニシンポジウム「骨のバイオマテリアルと医工連携」MPC ポリマーのナノ表面修飾による新しい人工股関節の開発. **第27回日本骨代謝学会学術集会**. 大阪, 7. 23-25, 2009.
 - 2) 茂呂徹, 川口浩, 石原一彦, 京本政之, 雑賀健一, 山脇昇, 橋本雅美, 苅田達郎, 伊藤英也, 角田俊治, 中村耕三, 高取吉雄: シンポジウム「人工関節新規摺動面材料への挑戦」リン脂質ポリマーナノグラフトを基盤とした人工関節の長寿命化. **第31回日本バイオマテリアル学会大会**. 京都, 11. 16-17, 2009.
 - 3) 高取吉雄, 石原一彦, 茂呂徹, 金野智浩, 川口浩, 中村耕三; シンポジウム「医工連携の実践」医工連携—マテリアル工学と人工股関節での経験. **第18回日本コンピューター外科学会大会**. 東京, 2009. 11. 21-23.
 - 4) 高取吉雄, 茂呂徹, 石原一彦, 京本政之, 橋本雅美, 苅田達郎, 伊藤英也, 赤坂義之, 角田俊治, 雑賀健一, 川口浩, 中村耕三: シンポジウム「近未来の人工関節とは?～固定法、摺動面、デザインを科学する～」新しい摺動面への課題と展望. **第40回日本人工関節学会**. 沖縄, 2. 26-27, 2010.
 - 5) 茂呂徹: 関節摺動面の MPC ポリマー処理による新しい人工股関節の開発. **第29回整形外科セラミック・インプラント研究会**. 名古屋, 2009. 12. 12.
 - 6) 茂呂徹: MPC ポリマーナノグラフトを基盤にした新しい人工股関節の開発. **第5回超長期耐用をめざしたインプラントと骨との固着を語る会**. 大阪, 2010. 3. 20.
- H. 知的財産権の出願・登録状況
- 1) 特願 2009-242683 人工股関節用ライナー及びそれを用いた人工股

関節 2009年10月21日出願

- 2) 特願 2009-190852 高潤滑性摺動
部材およびそれを用いた人工関節
2009年6月24日出願
- 3) 国際特許 PCT/JP2009/71614 ポリ
マー摺動材料および人工関節部材
2009年12月25日出願
- 4) 国際特許 PCT/JP2009/69734 グラ
フト重合方法およびその生成物
2009年11月20日出願

厚生労働科学研究費補助金（医療機器開発推進研究事業）

分担研究報告書

MPC ポリマー処理した関節摺動面の耐摩耗性の評価

分担研究者 中村耕三（東京大学医学部附属病院 教授）
橋本雅美（財団法人ファインセラミックスセンター
材料技術研究所 副主任研究員）

研究要旨：高齢者に埋入しても脱臼が起こらない長寿命の人工股関節を開発するために、生体適合性ポリマーである2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン(MPC)ポリマーをクロスリンクポリエチレンライナー（CL-PE）にナノスケールで処理を施した表面を創製し、その耐摩耗特性を、股関節シミュレーターを用いて評価した。相手材の骨頭には、40 mm φの大径骨頭(アルミナまたはコバルトクロム合金)および26 mm φのアルミナ骨頭を使用し、骨頭の種類やサイズが摩耗量に与える影響を調べた。その結果、MPC ポリマー処理は、アルミナ骨頭の直径が増加しても、1,000 万回という長期試験においてCL-PE ライナーの摩耗を著しく抑制することが明らかになった。その抑制量は、1/170 程度の摩耗率を示すほど高かった。一方、コバルトクロム合金を使用した場合には、MPC 処理効果は150 万回程度までであり、アルミナ骨頭を使用した場合より、耐久性が低いことがわかった。本研究の結果より、安定性の高い長寿命型人工関節の開発が期待できる。

A. 研究目的

人工関節置換手術は、機能を喪失した関節を人工関節に置換し、関節機能の再建を図る手術である。今日では、人工股関節、人工膝関節を始めとして多種類の関節に対して臨床応用され、変形性関節症、関節リウマチ、外傷などにより荒廃した関節の疼痛を寛解し、よりよいADL（activity of daily living）・QOL（quality of life）の獲得

に大きな役割を果たしている。とくに我が国のような高齢社会では有病者が増加し、例えば人工股関節については、日本だけでも平成17年度には、年間7万9千件以上の手術が行われ、年率約10%の割合で増加している。しかし、その耐用年限（寿命）は一般的に約10年とされる。

人工関節の寿命を決める主因は、骨に固定された人工関節の部品の周囲

に骨吸収が起き、固定性が失われること（弛み：loosening）である。弛みを生じた人工関節は加速的に周囲の骨を吸収し、患者の QOL を著しく低下させる。人工関節の弛みを防止し、寿命を延長することは重要な課題である。

以前我々は、弛みの原因である関節摺動面を構成するポリエチレン（PE）摩耗粉の発生量を著しく減少させるために、生体適合性ポリマーである 2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン（MPC）ポリマーをナノスケールでポリエチレンに表面処理する技術を確立し、現状の人工股関節の寿命を飛躍的に延長させることに成功した。しかし、このような長寿命の人工股関節を高齢者に埋入した場合、高齢者の歩行能力を回復させ、将来寝たきりにならないためには、訓練（リハビリテーション）を早期に開始する必要がある。しかし、高齢者は筋力低下のために、関節を支持する力が弱い。その結果、脱臼の危険性が高くなり、関節の可動域の獲得も困難にしている。そのため、高齢者に埋入しても脱臼が起こらない安定性を持ち、弱い筋力でも可動域を獲得可能な人工股関節が必要である。

欧米では、人工股関節の安定性確保のために、骨頭の大径化が進められている。日本人の場合、体格が欧米人より小さいために、骨頭の大径化を行うと、ポリエチレンライナーを薄くする必要があるので強度や耐久性の低下が懸念される。また、骨頭とライナ

一の接触面積の増加のために、関節摺動面の摩耗の増加が予想される。

しかし、大径骨頭を相手材として使用した場合の、ポリエチレンライナーへの MPC 処理効果は未だ明らかにされていない。

そこで本研究では、股関節シミュレーターを用い、大径骨頭 MPC ポリマー処理を施した CL-PE 表面を組み合わせて耐摩耗性試験を行い、骨頭のサイズおよび種類が摩耗量に与える影響を調べた。

B. 研究方法

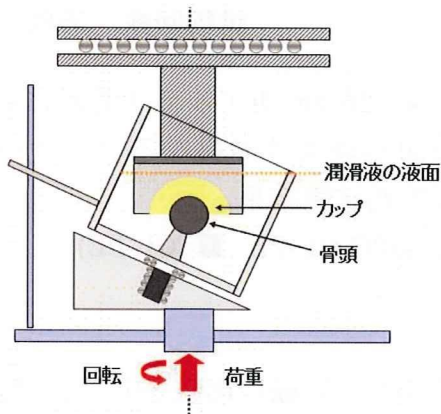
摩耗試験は、図 1(a)に示す MTS 社製の股関節シミュレーター（Multi-Station Hip Simulator）を用いて行った。

股関節シミュレーターを用いた摩耗試験の試験条件は ISO 14242-1 に準じ、潤滑液には 0.1%のアジ化ナトリウム（NaN₃）と 20 mM のエチレンジアミン四酢酸三ナトリウム（3Na-EDTA）を含有する 25%牛血清を用い、液量約 750 ml で、毎秒 1 回の歩行周期（1 Hz）に 1.8 と 2.7 kN の 2 つのピークをもつ Double Peak Paul の歩行条件（図 2）で、最大 1000 万回の摩耗試験を行った（図 1(b)）。

摩耗試験に関しては、50 万回毎に潤滑液の交換を行うと同時に、ライナーの回収、洗浄、乾燥、重量測定を行い、ライナーの乾燥重量の変化を計測した。



(a) 股関節シミュレーター全体像



(b) 摩耗試験時の試験片と環境槽

図1 シミュレーターの外観

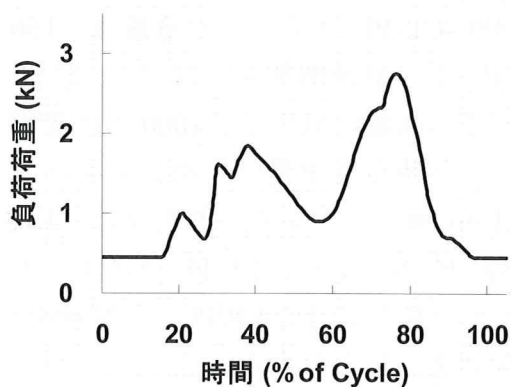


図2 荷重波形

試験部材のライナーには、(株)日本メディカルマテリアル製の CL-PE ライナーに MPC ポリマー処理を行ったライナー (MPC-CL-PE) を使用した。対照には CL-PE ライナーを用い、長期の摩耗特性の違いを評価した。試験部材の骨頭には、(株)日本メディカルマテリアル製の直径 40mm φ アルミナ骨頭を使用した。対照には、26mm φ のアルミナ骨頭および 40mm φ のコバルトクロム合金製 (CoCr) 骨頭を使用した。

C. 研究結果

直径 40 mm のアルミナ骨頭に対する、表面処理状態の異なるライナー (MPC-CL-PE、CL-PE) の長期摩耗試験の結果を図 3 に示す。その結果、MPC-CL-PE ライナーの重量は、150 万回まで単調増加をし続け、その増加量は、約 2.7 mg 程度であった。その後、重量はわずかに減少したが、1000 万回を終了した時点でも試験開始時より重量は増加し、その摩耗率は、500 万回までは $-0.4 \text{ mg}/10^6 \text{ 回}$ であり、500~1000 万回までは $-0.02 \text{ mg}/10^6 \text{ 回}$ であった。一方、対照の CL-PE では、最初から摩耗量が含水量を上回り単調減少し続けた。摩耗率は、 $1.1 \text{ mg}/10^6 \text{ 回}$ であった。

比較として、26 mm φ のアルミナ骨頭を使用した場合の摩耗試験結果を図 4 に示す。26 mm φ の場合も、MPC-CL-PE ライナーの重量は、150 万回まで単調増加をし続け、その後、

重量はわずかに減少したが、1000万回を終了した時点でも試験開始時より重量は増加し、その摩耗率は、 $-1.05 \text{ mg}/10^6$ 回であった。

これらの結果から、アルミナ骨頭の場合、MPCポリマー処理は骨頭径が26から40mmに増加しても1000万回試験後まで十分に残存し、摩耗を低減させる効果を持続しうることが明らかとなった。

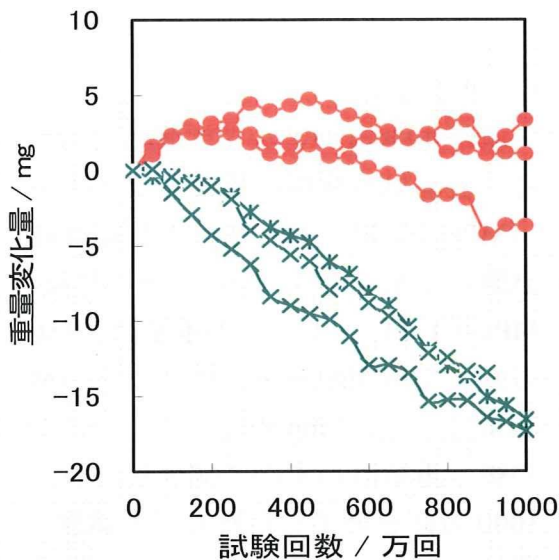


図3 40 mm Φ アルミナ骨頭に対する表面処理条件の異なるライナーの長期摩耗試験結果 (●: MPC-CL-PE, ×: CL-PE)

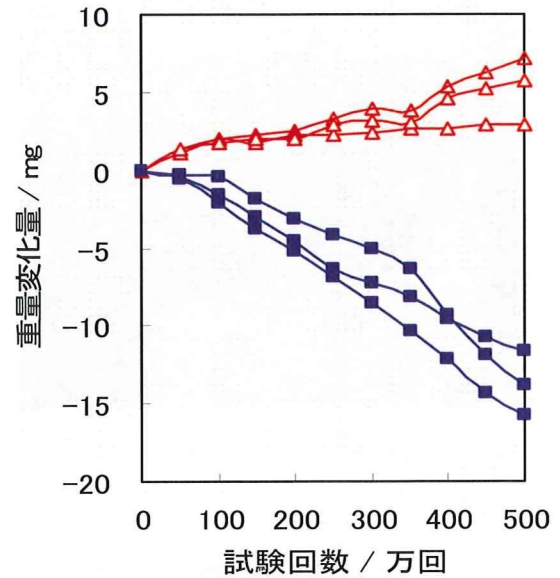


図4 26 mm Φ アルミナ骨頭に対する表面処理条件の異なるライナーの長期摩耗試験結果 (△MPC-CL-PE, ■: CL-PE)

また、同様に比較として、骨頭に直径40mmのCoCr合金を使用した場合、表面処理状態の異なるライナー(MPC-CL-PE、CL-PE)の長期摩耗試験の結果を図5に示す。CoCr合金を使用した場合には、MPC-CL-PEライナーの重量は、150万回まで単調増加をし続けたが、その後、重量は減少し、1000万回を終了した時点で重量は初めより平均で41mg減少していた。摩耗率は、 $4.12 \text{ mg}/10^6$ 回であり、CL-PEライナーを用いた場合の1/2.4程度しか摩耗抑制効果が見られなかった。

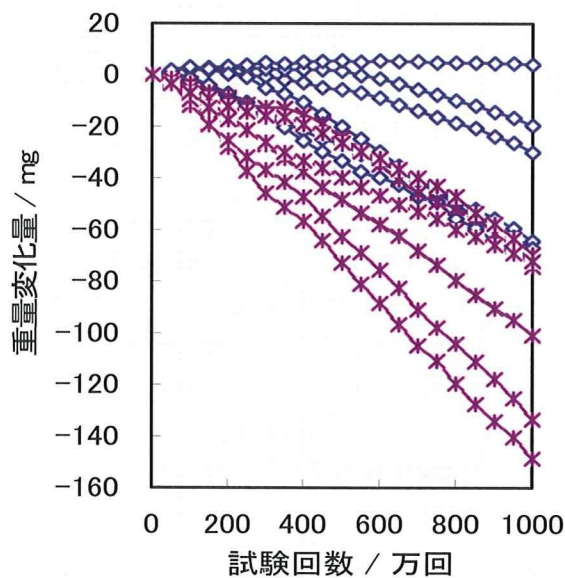


図5 40 mm Φ CoCr 合金骨頭に対する表面処理条件の異なるライナーの長期摩耗試験結果
(◇: MPC-CL-PE, *: CL-PE)

D. 考察

本研究では、安定性の高い長寿命の人工股関節を開発するために、大径骨頭と組み合わせたライナーの耐摩耗性評価を行った。股関節シミュレーターを用いて、生体適合性ポリマーである MPC ポリマーで表面処理を施した CL-PE ライナーの摩耗特性を評価した結果、40 mm ϕ のアルミナ骨頭を使用した場合には、26 mm ϕ の場合と同様に摩耗抑制効果が 1,000 万回まで続くことを明らかにした。一方、骨頭に 40 mm ϕ の CoCr 骨頭を使用した場合には、MPC 処理による摩耗抑制効果が低いことも明らかにした。これは、アルミナの方が超鏡面を創成しやす

いたために、大径骨頭を用いた場合でも、長時間耐摩耗性が維持されたと考えられる。

以上の結果から、大径骨頭、特にアルミナを用いることによる安定性と MPC ポリマー処理を行うことによる耐摩耗性をあわせ持つ人工股関節の開発の可能性が示された。これは、CL-PE ライナー表面に高密度に形成された MPC ポリマー層が非常に水との親和性が高いために潤滑作用を示し、吸着した水分子が相手材である骨頭と MPC ポリマー層との相互作用を減らすためと考えられる。

以上の結果から、MPC ポリマー処理は大径骨頭を用いた場合にも、長期間の摩耗試験後まで十分に残存し、摩耗を低減させる効果を持続しうるため、新規な安定性の高い長寿命型人工股関節部材として期待される。

E. 結論

臨床応用されている骨頭のサイズより大きい、直径が 40 mm のアルミナを用い、また CL-PE ライナーに生体適合性ポリマーである MPC ポリマーでナノスケールの表面処理を施すことで、摩耗量を著しく低減させることが可能となった。これらの研究成果は、高齢者の寝たきり予防に役立つ人工股関節部材の開発につながると期待される。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kyomoto M, Moro T, Iwasaki Y, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Superlubricious surface mimicking articular cartilage by grafting poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on orthopaedic metal bearings. *J Biomed Mater Res A* 91(3): 730-41, 2009.
- 2) Moro T, Kawaguchi H, Ishihara K, Kyomoto M, Karita T, Ito H, Nakamura K, Takatori Y: Wear resistance of artificial hip joints with poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) grafted polyethylene: Comparisons with the effect of polyethylene cross-linking and ceramic femoral heads. *Biomaterials* 30(16): 2995-3001, 2009.
- 3) Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Hashimoto M, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, Ishihara K: Effects of mobility/immobility of surface modification by 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine polymer on the durability of polyethylene for artificial joints. *J Biomed Mater Res A* 90(2): 362-371, 2009.
- 4) Hashimoto M, Mizuno M, Kitaoka S, Takadama H, Ueno M: Effect of lubricant on wear behavior of ultrahigh-molecular-weight polyethylene cups against zirconia Head in hip joint simulator: *Nano Biomedicine* 1(1), 41-50, 2009.
- 5) Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Self-initiated surface grafting with poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) on poly(ether-ether-ketone). *Biomaterials* 31(6): 1017-1024, 2010.
- 6) Liu G, Iwata K, Ogasawara T, Watanabe J, Fukazawa K, Ishihara K, Asawa Y, Fujihara Y, Chung UL, Moro T, Takatori Y, Takato T, Nakamura K, Kawaguchi H, Hoshi K: Selection of highly osteogenic and chondrogenic cells from bone marrow stromal cells in biocompatible polymer-coated plates. *J Biomed Mater Res A* 92(4): 1273-1282, 2010.
- 7) Kyomoto M, Moro T, Iwasaki Y, Miyaji F, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, and Ishihara K: Lubricity and Stability of Poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) Polymer Layer on Co-Cr-Mo Surface for Hemi-arthroplasty to Prevent Degeneration of Articular Cartilage. *Biomaterials* 31(4): 658-668, 2010.
- 8) Kyomoto M, Moro T, Takatori Y, Kawaguchi H, Nakamura K, Ishihara K: Cartilage-mimicking, high-density brush-like