

表面テクスチャリングによる人工関節の耐用年数の向上 Prolongation of service life in artificial joint by surface texturing

熊本大・工（正）*中西 義孝 熊本大・工（非）中島 雄太 九州産業大・工（正）日垣 秀彦

Yoshitaka Nakanishi*, Yuta Nakashima*, Hidehiko Higaki**

*Kumamoto University, **Kyushu Sangyo University

1. はじめに

関節リウマチや変形性関節症に対し、人工関節置換術が適用される。超高分子量ポリエチレンと耐食性金属やセラミックスの摩擦材料組合せが多く使われている。再置換を決定づける要因は骨融解などの周辺組織の変化であり、これはポリエチレン摩耗粉を貪食し、炎症性物質を産生するマクロファージの働きによるところが大きい。

本研究ではポリエチレンの相手材料の耐食性金属の表面テクスチャリングにより、摩耗粉発生個数や形態を変化させ、マクロファージが産生する炎症性物質産生量がどのように変化するのかを検証した。

2. 実験および方法

超高分子量ポリエチレンの摩耗粉発生にはピン・オン・ディスク試験装置^{1,2)}を用いた。ピンとディスクの相対摩擦条件などを図1に示す。ポリエチレンの相手面となるコバルト・クロム・モリブデン合金の表面プロファイルを図2に示す。表面テクスチャリングの方法としてマイクロスラリージェットエロージョン³⁾を利用した。潤滑液中の蛋白成分や脂質成分を除去し、穴径 100 μ m の予備濾過の後、穴径 0.2 μ m のフィルターにて摩耗粉を回収した。SEM 観察により、発生した摩耗粉数の予測と幾何学的パラメータ（D: 等価円直径, R: アスペクト比, C: 複雑度（周囲長を等価円円周で除したもの））を求めた。

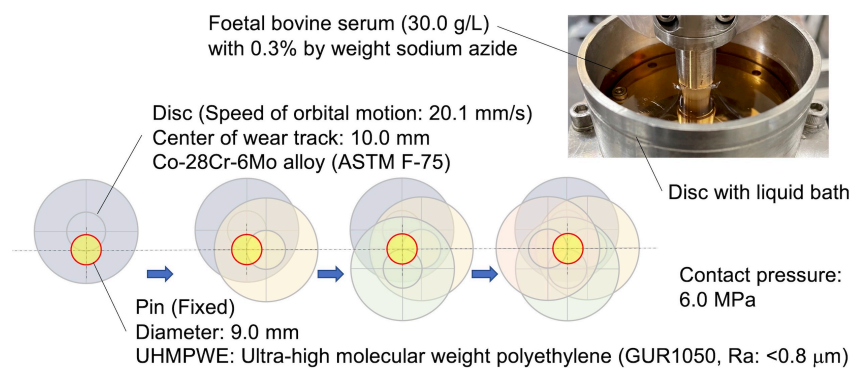


Fig.1 Pin-on-disc wear tester.

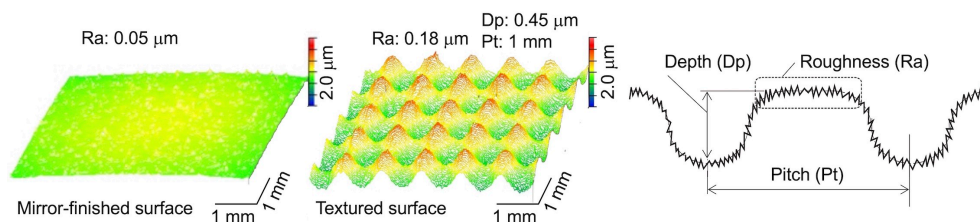


Fig.2 Surface profiles of Co-Cr-Mo alloy disc.

3. 結果および考察

発生したポリエチレン摩耗粉の予測個数と幾何学的特徴を図3に示す。表面テクスチャリングにより、発生摩耗粉数が減少した。また、表面テクスチャリングにより、摩耗粉の等価円直径（D）が大きくなり、アスペクト比（R）も高くなった。本報告で利用した表面テクスチャリングパターンはピッチ 1 mm で高低差 0.45 μ m のうねり面であり（図2）、コバルト合金表面の凸部にポリエチレンの移着膜の形成が促進され、移着膜が成長後に脱落するメカニズム^{1,2)}が発生していると考えられる。

摩耗粉をマクロファージに経時的に投与し続け、炎症性サイトカインの産生量の推移を分析⁴⁾した結果を図4に示す。マクロファージの活性度合いを調べるために LPS を投与した場合、投与開始初期から炎症性サイトカイン産生量が高くなった。一方、摩耗粉群は投与開始3時間以降よりサイトカインの産生が検出され始めた。LPS はマクロファージの表面細胞膜にあるレセプターと結合し、速やかなマクロファージからの応答がなされるが、摩耗粉はマクロフ

フェージに食食された後、応答が始まると考えられた。同じ投与数比率では表面テクスチャリング（橙色）よりも鏡面仕上げ（水色）の方がサイトカインの産生量が高くなる傾向となった。鏡面仕上げ同士では、発生した摩耗粉数に比例するように投与数を増加させるとサイトカインの産生量も増加する傾向となった（水色と青色）。

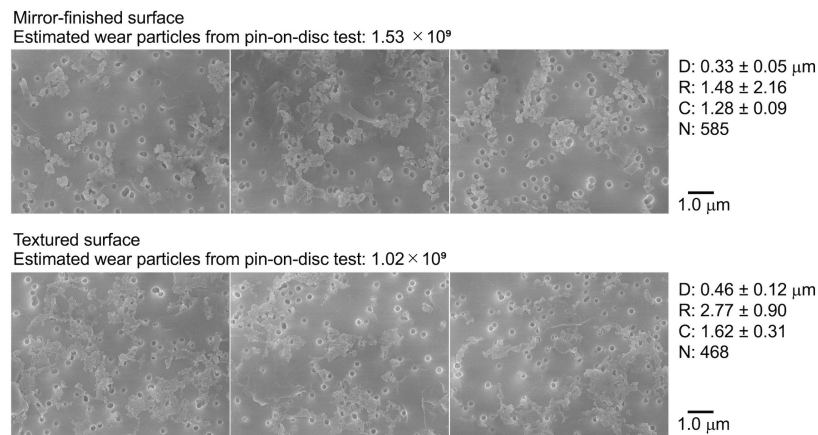


Fig.3 SEM images and morphological aspects of wear particles.

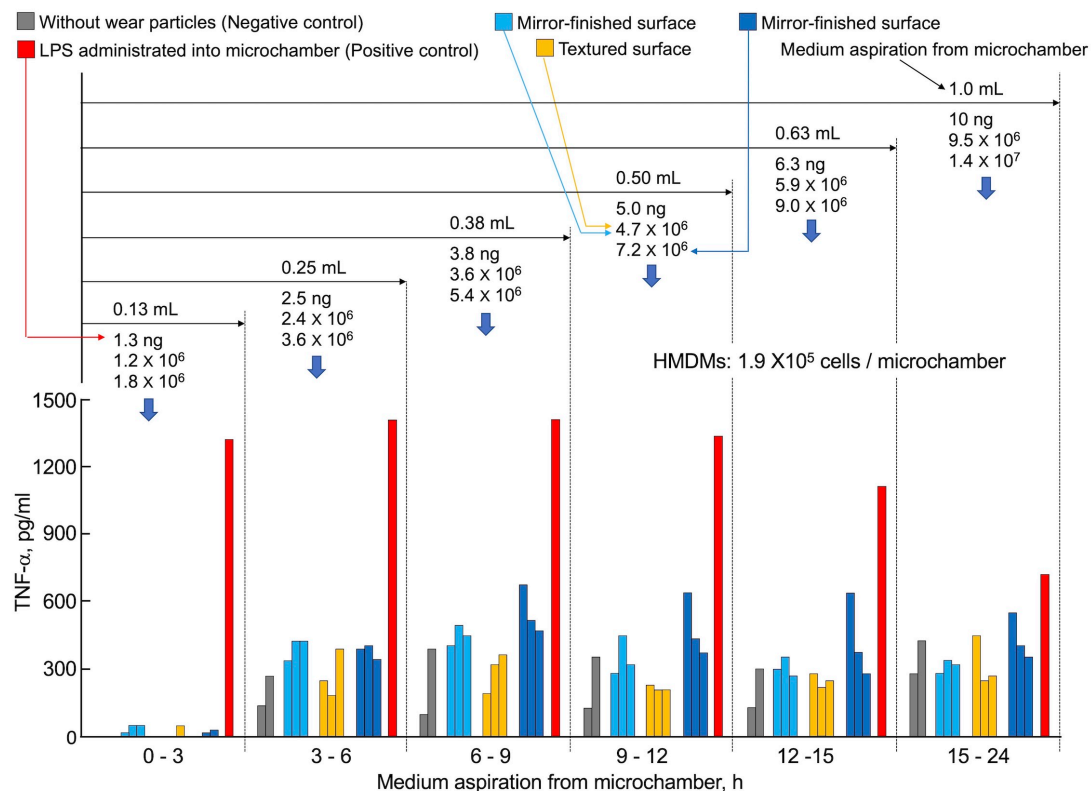


Fig.4 Inflammatory cytokine (TNF- α) secreted by human monocyte-derived macrophages (HMDMs).

4. おわりに

コバルト合金への表面テクスチャリングにより、ポリエチレン摩耗粉の発生個数が減少し、等価円直径とアスペクト比が増加した。マクロフェージからの炎症性サイトカインの産生も抑制される傾向となった。

本研究は科研費国際共同研究加速基金（国際共同研究強化 (B) 19KK0096）の助成を受け実施したことを付記する。

文献

- 1) Y. Nakanishi et al.: Microfluidic Device used for the Secretion of Inflammatory Cytokines from Human Monocyte-Derived Macrophages Stimulated by Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Particles, *Biotribology* 23 (2020) 100137.
- 2) Y. Nakanishi et al.: Influence of surface profile of Co-28Cr-6Mo alloy on wear behaviour of ultra-high molecular weight polyethylene used in artificial joint, *Tribology International* 118 (2018) 538–546.
- 3) 中西：機械的除去加工による表面テクスチャリング, *トライボロジスト*, 67, 5 (2022) 343-347.
- 4) Y. Nakanishi et al.: Generation of Nano/Microplastics for Immunological Assessments, *Biotribology* 33–34 (2023) 100235.