

学 位 論 文 の 要 旨

三 重 大 学

所 属	三重大学大学院医学系研究科 甲 生命医科学専攻 病態修復医学講座 運動器外科学分野	氏 名	三 浦 良 浩
<p>主論文の題名</p> <p>In-vivo degradation of middle-term highly cross-linked and remelted polyethylene cups: Modification induced by creep, wear and oxidation.</p> <p>主論文の要旨</p> <p>【目的】</p> <p>人工関節摺動面に使用されるポリエチレンは、生体内で力学的変化のクリープと摩耗、化学的変化の酸化で損傷する。その抑制のため、従来の超高分子量ポリエチレンにγ線あるいは電子線照射によって架橋構造を形成させたハイリークロスリンクポリエチレン (HXLPE) が作られた。HXLPEは耐摩耗能、耐酸化能を持つが、生体内に埋植後の変化は明らかでない。我々は、微小構造分析機器である共焦点ラマン分光分析器、フーリエ変換赤外線分析器を用いて、HXLPEの生体内での力学的・化学的変化について分析し、その結果について検討した。</p> <p>【方法】</p> <p>①対象HXLPEは、全て人工股関節置換術(THA)に使用する第1世代リメルト型HXLPEライナー、Zimmer製Longevityである。THA後に再置換術で摘出されたHXLPEライナー11個 [生体内期間0.5～11.4年、短期間7例(2週～8ヵ月)、中期間4例(4.1～7.2年)]をライナー鉛直に切断して、断面に対して共焦点ラマン分光分析を行った。抽出されたラマンスペクトルからクリープ変形を測定・評価し、骨頭penetration量とクリープ変形との差から摩耗を測定・評価した。</p> <p>②摘出HXLPE中期間例における酸化指数をフーリエ変換赤外線分析にて測定した。</p> <p>③各摘出HXLPEにおいて、抽出されたラマンスペクトルから結晶度を測定・評価した。酸化指数と結晶度の相関関係式から各摘出HXLPEにおける摩耗部と非摩耗部の酸化指数を算出した。</p> <p>④未使用HXLPEに対して、米国試験材料協会ASTM基準(F2003-0)に従った老化加速法による強制酸化実験を行った。フーリエ変換赤外線分析で酸化サンプルの酸化指数を、共焦点ラマン分光分析で結晶度を測定・評価した。</p> <p>【結果】</p> <p>①THA後1年までのbedding-in期間、その後の摩耗期間、全期間でみると、年間骨頭penetration量</p>			

は0.189 mm/年、0.027 mm/年、0.046mm/年、クリープ変形は0.189 mm/年、0.010 mm/年、0.026mm/年、摩耗は0.000 mm/年、0.022 mm/年、0.026mm/年であった。短期間例におけるクリープ変形は、その摩耗の少なさからほぼ骨頭penetration量と同量であった。生体内6.5カ月と8カ月の2個のサンプルにおいて、ライナー両端に高いクリープ変形を認め、基部との衝突が示唆された。また、低い外転角設置の症例サンプルは、荷重部に高いクリープ変形を認めた。中期間例では、荷重部に摩耗を認めた。

②摘出HXLPEでは、関節摺動面から深さ1 mm付近で最も高い酸化指数と結晶度を認めた。これらの結果から、Longevityにおける酸化指数と結晶度の間に相関関係を求めることができた。

③短期間例は低い酸化指数を認めた。中期間例は、酸化指数のピークを摩耗部で認め、非摩耗部よりも高かった。

④未使用HXLPEにおいて、老化時間とともに均一の酸化指数、結晶度の増大を確認した。

【考察】

人工股関節摺動面のポリエチレンライナーは、生体内挿入後初期のbedding-in期間でクリープを形成し、その後の摩耗期間で摩耗によって損傷していく。共焦点ラマン分光分析法は、非常にミクロな構造変化も分析可能であり、我々は、これまでの研究から、摘出HXLPEライナーのクリープ変形と摩耗、骨頭penetration量をそれぞれ算出できた。クリープ変形は、ほとんどがbedding-in期間で形成され、その後の摩耗期間ではわずかであった。生体内でHXLPEに発生したフリーラジカルは、酸化を誘導する。それによるポリエチレン鎖の破壊、短鎖化や分子運動増加は、再結晶と結晶度増加を引き起こすことが知られている。今回の実験で我々は、未使用HXLPEと生体内・外で老化したHXLPEを分析することによって、酸化指数上昇に従い結晶度が増加することを確認し、その間に明らかな相関を認めた。また、荷重のかかる摩耗部でより酸化と結晶度増加を認め、力学的負荷の影響が考えられた。

【結論】

HXLPE の変性に対して、我々は微細分析装置である共焦点ラマン分光分析器とフーリエ変換赤外線分析器を用いた分析を行った。摩耗は、0.026mm/年と低く、高い耐摩耗能を認めた。荷重部においてクリープ変形、摩耗は大きく、深さ1mm 付近で結晶度と酸化指数のピークを認めた。力学的負荷と化学的負荷の組み合わせによる HXLPE の変性促進が示唆された。生体内・外での HXLPE 変性に対して有用な情報を得られ、今後さらに多くのサンプルからの検証が望まれる。