

北海道大学工学部 ○比嘉昌 西村生哉 三田村好矩

東京電機大学 勇田敏夫

神戸製鋼 四方實人

要旨

我が国において、人工股関節全置換術 (Total Hip Replacement, THR) が普及してから十数年が経過したが、一方、長期使用による緩みのため、人工股関節再置換の報告も年毎に増加する傾向にある。その原因として関節摺動面での摩耗により生じる超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) 摩耗粉の影響が指摘されている。そこで本研究では摺動面での耐摩耗性向上を目的とした表面改質を行い、その有効性を検討した。

【はじめに】

股関節が変形性股関節症やリュウマチなどの病的疾患、あるいは外傷によりその機能を失うと、人間にとってもっとも基本的動作である歩くということが困難となる。そのような場合に股関節の機能回復を目的とし、THR が広く適用されている。THR は 1960 年代初頭に Chanley が成功して以来、本格的に発展し、普及していった。しかし一方で、摺動面における UHMWPE の摩耗により生じる摩耗粉の影響で人工股関節に緩みが生じ、その結果患者に大変負担のかかる再置換術が必要となってくる。すなわち人工股関節摺動面での UHMWPE の摩耗を抑制することによって、耐用年数の延長が期待できる。UHMWPE 摩耗に影響を与える要因として骨頭の材料、骨頭径、UHMWPE の厚さなどが挙げられ、現在それらの面から多くの研究がなされているが未だ満足のいく結果は得られていない。本研究では摺動面の形状に着目し、①骨頭の摺動部への凹パターン形成、②摺動面の高真円度化について、その有効性を検討した。

【本実験概要】

本実験では人間の歩行状態に近い状態で試験するために、歩行を模擬した、振り子式関節シミュレータ試験を行った。摺動部にかかる荷重は常時 200kgf とした。摺動は 20cycle/min の速度で、 10^6 回 (実生活の 1 年分に相当) 行った。振れ角は 60 度である。潤滑液は蒸

留水を用いた。

使用した試料の組み合わせを表 1 に示す。骨頭は市販品と比較して真円度の高いもの (真円度、約 $0.3\mu\text{m}$)、真円度の高いもの+凹パターン (直径 0.5mm 、ピッチ 1.2mm 、深さ 0.5mm) を施したものの。材質は全て Co-Cr 合金である。カップは真円度の高いもの (真円度約 $0.5\mu\text{m}$) を使用した。材質は超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) である。比較実験として市販品 (真円度約 $10\mu\text{m}$) の摺動試験も同時に行った。

耐摩耗性の評価は、摩擦係数の経時変化およびカップの摩耗量の測定と試験終了時の骨頭、カップ摺動面の顕微鏡観察、表面粗さ測定により行った。

	骨頭	カップ	骨頭へのパターン
Test1	真円度 $0.3\mu\text{m}$	真円度 $0.5\mu\text{m}$	有
Test2	真円度 $0.3\mu\text{m}$	真円度 $0.5\mu\text{m}$	無
Test3	市販品	市販品	無

表 1 試験に用いた試料

【試験結果】

摩擦係数の経時変化には、大きな差は見られなかった。それぞれの試料についての、摺動回数に伴う摩耗量の経時変化を図 1 に示す。総摩耗量は、市販試料で 23.1mg 、真球試料で 15.6mg 、凹パターン付き真球試料で 7.2mg となった。パターン付き真球試料の総摩耗量

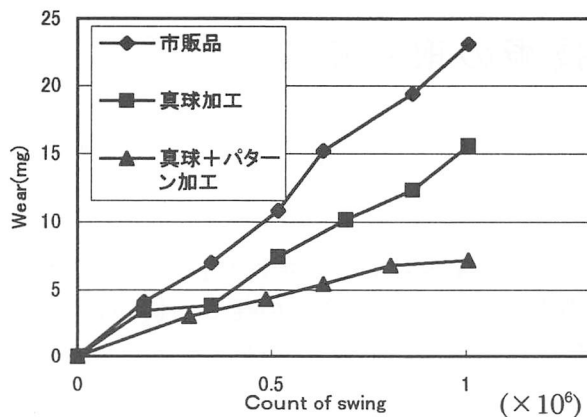


図1 摩耗量の比較

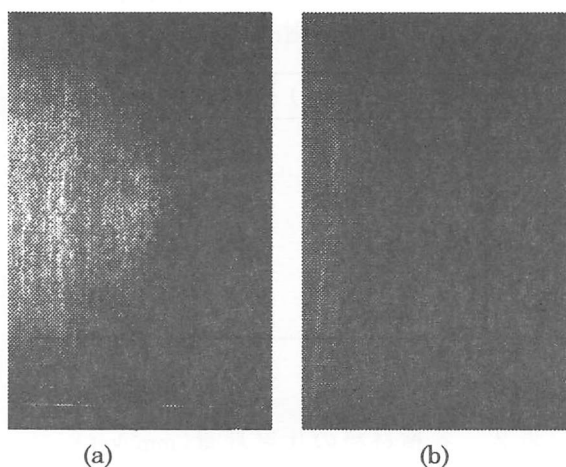


図2 試験終了後のカップ摺動面の顕微鏡写真
(a)市販品 (b)パターン付き真球試料

は、市販品の半分以下だった。試験終了後のカップの摺動面の顕微鏡写真を、市販品とパターン付き真球試料の2種類について図2に示す。表面形状を比較すると、真球試料、真球試料にパターンを施したものと共に市販品と比較して良好であった。

【考察】

本実験によって摺動面にパターンを施すことによってカップの摩耗量が減少し、潤滑性能が向上することがわかった。その定性的な理由として以下の2点が考えられる。1つは、パターン凹部への摩耗粉の取り込みである。摩耗粉が摺動面内に存在するとアブレシブ摩耗の原因となる。そのため摺動面内の摩耗粉は取り除くことが重要である。このことを裏付ける理由として、試験終了後、パターン凹部に摩耗粉が取り込まれてい

るのを、顕微鏡により観察した。もう1つの理由はパターン凹部からの潤滑液供給である。パターン内に溜まった潤滑液が、摺動面内に流れることによって、より流体潤滑に近い状態が期待できる。しかし本実験ではその効果を確認するには至っていない。

摩擦係数に差が見られなかった原因として、摺動部に荷重200kgfを負荷した状態で測定したため、摺動面が平滑化され、表面形状の違いが、摩擦係数の差となって現われなかったと考えられる。

【今後の予定】

本実験では、200kgf一定荷重で、潤滑液に蒸留水を用いた。この点において、本実験は人工股関節の使用される環境を正確には再現していない。そのため摩耗の特性も生体内とは、変わってくるものと思われる。荷重に関しては、より現実の歩行をシミュレートするためには、正弦波状の変動負荷で、かつ荷重域と非荷重域とが繰り返される周期的な負荷が要求される。そのため、現在当研究室の歩行シミュレータ装置を、上記のような変動荷重を負荷できるよう改造中である。変動荷重の場合、非荷重域において摺動面に潤滑液が供給されると考えられるため、より潤滑能力が向上し、摩耗量は本実験より減るものと思われる。

潤滑液に関しては、より生体内での環境を再現するため牛血清を用いて摺動実験を行うことが望ましい。

よって今後これらの条件をより生体内での環境を再現できるよう改良し、摺動実験を行う予定である。

【参考文献】

1. Willert, H.G. and Semlitsch, M., J. Biomed. Res. 11 (1977), 157
2. 四方, 西村他: 第36回日本ME学会大会論文集, 323(1977)