

人工股関節摺動面の表面改質

○西村生哉、比嘉 昌、三田村好矩
谷野弘昌、大水信幸
勇田敏夫

北海道大学
旭川医科大学
東京電機大学

要 旨

人工股関節カップの摩耗を減少させルーズニングを抑制するため、人工股関節摺動面の表面改質をおこなった。関節シミュレータによる摺動実験の結果、表面改質をおこなうことによって、カップの摩耗量を約 $\frac{1}{4}$ に抑えることが可能であることがわかった。

緒 言

1960年代初頭にイギリスの Charnley が股関節全置換術 (Total Hip Arthroplasty, THA) に成功して以来、人工関節は本格的に発展し、現在では世界中で年間 30 万例以上の THA がおこなわれている。THA 症例数の増加に伴って経年的なゆるみ (mechanical loosening) 例も増加しており再置換術がおこなわれるようになってきた。loosening が生じる原因は、摺動面における超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) の摩耗粉の発生である。すなわち loosening の防止には UHMWPE の摩耗を防止することが不可欠であり、それによって人工股関節の耐用年数の延長が期待できる。

本研究は、人工関節摺動面の表面改質をおこない、その潤滑性能の向上を図ろうとしたものである。人工股関節摺動面の形状精度を向上させ、凹凸パターンを形成することによって、UHMWPE 摩耗粉の発生を抑えることができたので報告する。

には蒸留水を用い、試料に加える荷重は 490N~1960N の変動荷重とした。破線で示したように、試料部が 60 度の角度で強制揺動させられる。揺動の周期は 1 往復につき約 2.7 秒である。

また、パターンによる流体潤滑性能向上を調べるために、Fig.4 で示した装置を用いて実験をおこなった。牛血清中で相対運動をする substrate と sample に力を加えてゆき、substrate と sample が接触したときの力の大きさを測定する。sample にはパターンを付加したものと付加しないものを用意した。

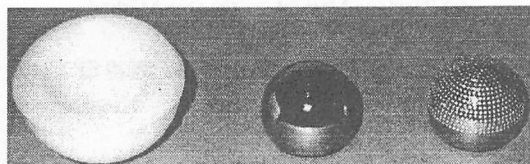


Fig. 1: Samples

試料および実験方法

人工関節シミュレータを製作して摺動実験をおこない、UHMWPE カップの摩耗量を測定した。使用した試料を Fig.1 に示す。Fig.1 は一般に臨床で使用されている人工股関節のカップ (図左) とボール (図中央) である。図右はボールの表面にエッチングによってパターンを付加したものである。パターンは円形凹型で、直径 0.5mm、ピッチ 1.2mm、深さ 0.1mm である。また、ボールとカップの形状精度を向上させた試料も用意した (Fig.2)。

関節シミュレータの概略図を Fig.3 に示す。潤滑液

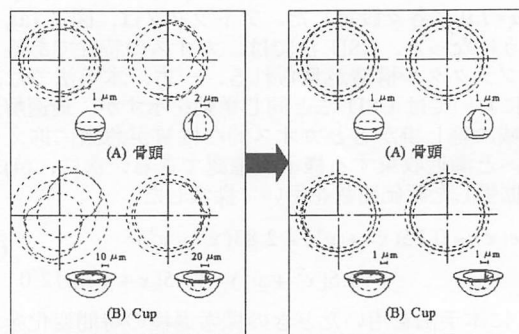


Fig. 2: 形状精度の向上

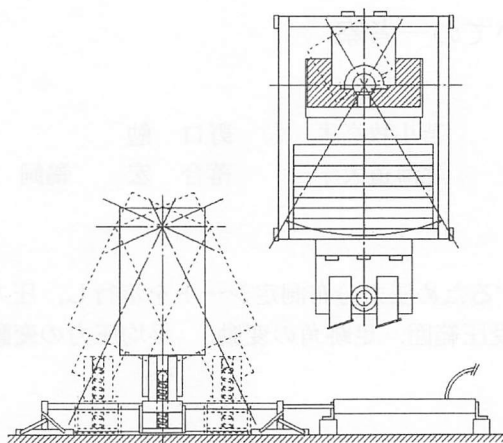


Fig. 3: 人工関節シミュレータ

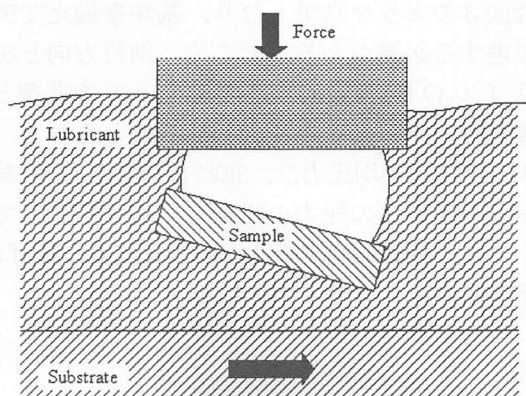


Fig. 4: パターンの効果の実験

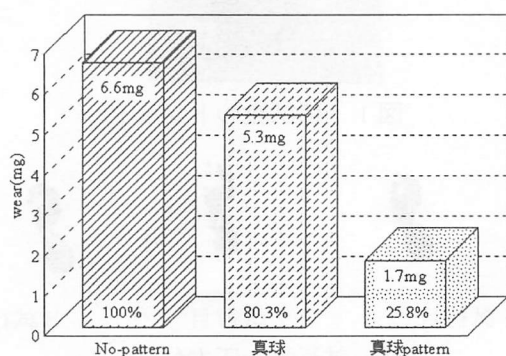


Fig. 5: カップの摩耗量

Table 1: 負荷荷重の大きさの違い ($p < 0.05$)

パターンあり	3.3Kgf
パターンなし	2.4Kgf

結果

測定された UHMWPE カップの摩耗量を Fig.5 に示す。図中 No-pattern としたものは市販試料をそのまま使用したもの、真球としたものは形状精度を向上させたもの (Fig.2 参照)、真球 pattern としたものは形状精度を向上させた上にパターンを付加したものである。人工股関節摺動面の形状精度を向上させるだけでカップの摩耗量は約 80 % に減少する。さらにパターンを付加することによって何も処置をしていない試料に比べて摩耗量は約 25 % にまで減少する。

パターンの有無による負荷荷重の大きさの違いを Table.1 に示す。

考察

関節シミュレータを用いた摩耗実験の結果、人工股関節摺動面の形状精度を向上させパターンを付加することによって、何も処置をしていない試料に比べて UHMWPE カップの摩耗量を 1/4 にまで減少させることができることがわかった。パターン付加による潤滑効果向上の理由としてパターン中への摩耗粉取り込みと、パターンからの潤滑液供給が考えられる。人工関節の潤滑状態は一般に境界潤滑 (流体潤滑 + 固体潤滑) となっており、境界潤滑のなかで流体潤滑の割合を増加させようとするのがパターンからの潤滑液の供給である。潤滑液内での固体の摺動は、最初は摺動面と摺動面との間には潤滑膜が存在し、摺動面同士は離れている流体潤滑状態であるが、徐々に荷重が加わると潤滑膜が薄くなりついには破断して試料同士の接触が生じ境界潤滑 (固体潤滑) へと移行する。そのときの荷重は摺動面にパターンを付加することによって約 1.4 倍に増加した。パターンを付加することによって流体膜 (潤滑膜) の受けることのできる荷重が増加したのである。このことから大きな荷重が加わって境界潤滑 (流体潤滑 + 固体潤滑) 状態になったとき、パターン付加によって流体潤滑で受ける荷重の割合が大きくなっているのではないかと考えられる。

結論

人工股関節摺動面の形状精度を向上させパターンを付加することによって、UHMWPE カップの摩耗量を大幅に減少させることができた。人工股関節摺動面の形状精度を向上させ、凹状パターンを形成することによって、人工関節の寿命を延長させることが可能であると考えられる。