8B-18 硬い材料同士の摩擦面を有する人工股関節の加工精度と流体潤滑性能

Effect of the surface polish on lubrication ability of hard on hard hip prostheses.

○学 平木 祐哉 (北里大学) 非 中川 博央 (奈良精工) 学 田中 健誠 (北里大学)
 非 酒井 利奈 (北里大学) 非 西浦 淳 (奈良精工) 正 馬淵 清資 (北里大学)

Yuya HIRAKI, 1-15-1 kitasato, minami-ku, sagami-hara-si, kanagawa, Kitasato University

Kensei TANAKA, Kitasato University

Rina SAKAI, Kitasato University

Sunao NISHIURA, Nara Seiko, INC, 3681, Ohbu, Sakurai-si, Nara

Hiroo NAKAGAWA, Nara Seiko, INC

Kiyoshi MABUCHI, Kitasato University

Key words : Hip prosthesis, Fluid film lubrication, Polishing

1. はじめに

人工関節の患者層の若年化に伴う長期使用例の増加に伴い人工関節の耐久性向上が急務となっている。人工関節の材料は、超高分子量ポリエチレンの人工臼蓋と、金属もしくはセラミックスを用いた大腿骨頭を組み合わせる方法が一般的であった。しかし、ポリエチレンの塑性変形や摩耗粉の有害反応の問題のため、金属同士を用いる方法が注目され、近年、症例数が増加傾向にある。ただし、金属の摩耗粉も有害な生体反応を起こすので、金属同士の固体接触による激しい摩耗を避けるのは、必須であり、それを実現するには安定した流体潤滑膜の形成が必要となる。人工関節の流体潤滑性能は、骨頭径、半径差などの摩擦面の全体形状とともに、表面粗さや真球度などの加工精度に左右される。

本研究においては、新たな加工技術によって金属球、金属カップの表面精度を向上させ、加工前後の表面形状及び摩擦係数を評価の尺度として比較検討し、安定した流体潤滑膜を形成することを目指した。

2. 方 法

従来、球面加工に用いられてきた斜軸研磨法などは、いずれも、加工面を回転させて研磨する方法であった。そうした方法では、回転中心軸上に、研磨の困難な部分が発生する。人工関節の臼蓋側の中心部は、人工関節の機能上、重要な部分でありながら、精度の高い加工が困難な部分になっている。この問題は、すりあわせ作業で最終仕上げを行うことで解決するしかない。ただし、その作業には、熟練の技が必要になる。特に、相対する面の中心軸合わせは、困難であった。

本研究では、こうした従来の研磨方法では困難であった臼蓋の中心と球の先端部の加工精度を向上させるために Fig.1 のように、アーム型ロボット (MITSUBISHI MELFA RV-M2) と振子装置を組み合わせた研磨システムを構築した。

対象試験片は、人工関節に一般的に用いられているコバルトクロムモリブデン合金を基材として、機械加工によって、直径 32 mm の球、臼蓋の外形を機械加工の後、斜軸研磨を行った。その後、金属球と金属カップの間に研磨剤を入れ、アーム型ロボットによって、振子を揺動させることで研磨を行った。揺動方向を、10 度ごとに 180 度まで変化させた。それにより、研磨方向による偏りを防いだ。

従来の方法によって、試作した試験片の Co-Cr-Mo 合金球は、骨頭径 31.9648mm、真球度 0.0028 μm 、臼蓋の内径は、31.9850mm、真球度は、0.0044 μm だった (Fig. 2)。押

Fig. 1 Polishing system collaborated by a pendulum and a robotic arm.

Fig. 2 Co-Cr-Mo alloy cup and ball.

しつけ荷重 100 N で、12 時間、総すべり距離 (中心付近) 120m の研磨を行った。

研磨の効果を評価するために、実体顕微鏡 (HiROX 社 DIGITAL MICROSCOPE KH-7700) を用いた表面の観察を行った。観察部位は特に摩擦に影響を及ぼす金属球先端部と、金属臼蓋中央部とした。

摩擦測定には、揺動振子法を用いた⁽¹⁾。Fig. 3 に示すよう

Fig. 3 Pendulum type friction tester.

Fig. 4 Surface figures. A and B are ball surfaces. C and D are cup surfaces. A and C are before polishing. B and D are after polishing.

な振子に揺動を与え、振幅の減衰の様子を検出して摩擦係数を求めた。振幅の検出には 2 軸傾斜センサ（パシコ貿易 NS-30/DMG-2）を用い、揺動方向によらない計測を可能にした。

センサからのデジタル出力を、振子上に設置したノートパソコン（ソーテック BX407A4）に USB を介して直接入力することで、計測システムを振子上に構築し、外部から独立させた。潤滑液は生理食塩水を用いた。荷重は、振子下部に設置した質量 60 kg の錘によって与えた。摩擦係数の測定は以下の式を用いて研磨前後に測定を行った。

ここで、 l [m] は、重心から支点までの距離、 $\theta_n - \theta_{n-1}$ [rad] は振幅の 1 回減衰量、 r [m] は、金属球の摩擦面半径とした。

$$\mu = \frac{l \cdot (\theta_n - \theta_{n-1})}{4r}$$

Fig. 5 Frictional coefficient measured for the evaluation on lubrication properties.

3. 結果

実体顕微鏡によって観察された表面は、Fig. 4 に示すように、研磨の前後で大きな差は見られなかった。粗さ計測の結果、金属臼蓋に表面粗さの減少が見られ、研磨前に、 Ra 20.1862 μm が、研磨後に 18.6624 μm になった。

静止荷重 600 N を加えた状態で、摩擦測定を 10 回繰り返した。その結果、Fig. 5 に示すように、研磨前の摩擦係数は 0.1456~0.1720、今回の研磨方法によって磨いた後の摩擦係数は 0.1250~0.1300 であった。

4. 考 察

今回の研究によって、表面形状の精密加工は人工股関節の流体潤滑性能に大きな影響を与えることが分かった。

今回、研磨時の荷重を増加させることで改善するが、金属球、金属臼蓋の表面形状が劣化すると考えたため、今回の研究では 100 N の荷重条件下で行った。磨耗量は荷重 N と総滑り距離が 60 m、Co-Cr-Mo 合金の比磨耗量が、 $10^{-10} \text{ m}^3/\text{N}$ であることから⁽¹⁾、0.0012 mm^3 であった。この点では、さらに研磨を加えることでの改善が期待できるはずである。

今回の研磨方法では臼蓋中央部に研磨効果が大きく表れた。摩擦係数の減少が見られたことから、今回確立した振子を用いた研磨法は、流体潤滑性能を改善するのに有用であると考えられた。

謝辞：本研究は、平成 21 年度奈良県戦略的基盤技術高度化支援事業の補助を受けたことを付記する。

文 献

- (1) 笹田、塚本、馬淵：バイオトライボロジー、産業図書、p.51-58, p.125, 1988.