

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560170

研究課題名(和文)人工股関節を流体潤滑する摩擦面形状の理論設計およびそれに準拠した試作と評価

研究課題名(英文) Shape design of sliding surfaces of hip joint prostheses, the trial manufacture and the evaluation of lubricating ability

研究代表者

馬淵 清資 (Mabuchi, Kiyoshi)

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号：70118842

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：人工関節の長期耐久性の獲得のために、金属同士の摩擦面を有する人工股関節においては、流体潤滑性能の確立が必須となる。本研究課題においては、流体潤滑の成立のために必要な人工股関節の骨頭球と人工臼蓋の間の半径差などの形状パラメータの最適値を、そして、その形状パラメータを実装する人工股関節を製作するために必要な真球度や表面粗さといった表面精度を実現する加工技術について検討した。種々の研磨法によって試作した球と臼蓋の潤滑性能を摩擦試験により評価し、流体潤滑の成否を判定した結果、可能な限りの技術をもって研磨した場合においても、金属同士の摩擦面を用いた場合は、流体潤滑の成立には至らないことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)： Fluid film formation is necessary for long term reliability of a total hip prosthesis because solid contact of the prosthesis induces serious wear. Radial clearance is an important factor. Which radial clearance is appropriate should be clarified. We prepared some specimens with high accuracy of polishing, which were balls and cups of the Co-Cr-Mo alloy with a common radius of 16 mm and several radial clearances. Their lubricating ability was evaluated by a friction test using a pendulum machine under the load of 600 N. As the results, the frictional coefficient was the minimum where the radial clearance was 20-30 micro meter. The lowest value of frictional coefficient was, however, measured over 0.1. This results showed that the lubricating ability is unfortunately insufficient under the appropriate conditions of the metal on metal articulation.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー 人工関節 流体潤滑 形状設計 半径差 摩擦測定

1. 研究開始当初の背景

人工関節の摩耗は、本体の損傷による機能低下を発生させる点では、一般の機械部品と同様である。その上に、体内に蓄積する摩耗粉の毒性が、深刻な合併症を発生させるという特有の問題がある。ヒトの体内という特殊性が、人工関節の摩耗を、単なる機械部品の損傷に止まらない問題を発生させるからである。この点で、人工関節の問題は、医工の接点をなす複雑な様相を呈している。

1950年代に人工関節が世に出た頃、人工関節の耐用年数は、10年程度であった。その当時 J. チャンレイが世に出したポリエチレンと金属の摩擦面の組み合わせは、十分な耐摩耗性を示し、ゴールデンスタンダードとなった。しかし、現在では、20年以上の長期臨床例が増加しており、耐久性の確保にさらなる耐摩耗性の向上が必要になってきている。

人工関節の潤滑には、ころがり機構が周囲条件の制約で難しいので、境界潤滑と流体潤滑の二種のモードのみが可能である。流体潤滑の潤滑効果は、境界潤滑より高く、摩耗はほぼ完全に防がれる。しかし、人工関節において、人間の体内という厳しい制約条件の下で、流体潤滑の構築に有利な、広い摩擦面、高い滑り速度、高粘度の潤滑剤といった条件を実現するのは、難しい。たとえば、関節部分の限定された空間で、サイズを増すことはできない。また、滑り速度は、低速運動と停止を繰り返す身体運動に支配される。しかも、潤滑剤は、粘性係数が数 mPas 程度の体液（二時関節液）に限定される。生体内環境特殊な条件からの生まれたこれらの制約から、流体潤滑の成立は困難と一般に考えられ、人工関節の摩耗対策は、摩擦面の材質の開発に集中して研究が行われてきた。

こうした背景の中、1980年代までは、申請者らの研究グループのみが、流体潤滑を主張していた（馬淵 1978, 図1）。近年になって、Jin ら（1997）を中心とした英国の研究グループが、人工関節の流体潤滑の問題に取り組み始めている。その背景には、金属同士やセラミックス同士といった硬い材料同士の摩擦面を有する人工股関節の潤滑において流体潤滑の役割が見直され、その必然性が一般に理解されるようになったことがある。

人工股関節の摩擦面形状は、球と臼蓋の組み合わせである。全体サイズに制約があるので、流体潤滑に有利な条件を得るには、適合性を増す方法しかない。すなわち、人工関節摩擦面に流体潤滑を実現する場合、臼蓋、骨頭の半径差を縮めるのが、基本の戦略となる。どの程度の半径差であれば、流体潤滑膜が形成できるのかという推定を、電算機シミュレーションで行った結果、半径差が 20 μm を下回ると、十分な流体潤滑効果が得られることが示された（図1）。この数字を実現することで、流体潤滑性能が得られると推定された。しかし、臼蓋と骨頭の半径差をこの値まで縮めるには、人工関節の加工精度、たとえば、

真球度、真円度、表面粗さなどを、十分に向上させる必要がある。もし、表面の精度が乏しい場合に、半径差を縮めると、骨頭表面が臼蓋にかみ込む（クランピング）という危険な状態になることがあり得る。

クランピングを避けるため、現在臨床に用いられている人工関節では、海外のメーカーでは、セラミックス同士で 30 μm 程度、金属同士の組み合わせの場合は、50 μm 程度となっている。ただし、日本製のセラミックス同士の組み合わせの人工股関節においては、高精度の表面加工により、半径差 20 μm 以下を実現している。

金属同士の組み合わせにおいて十分に小さい半径差が達成できていない理由は、半球窩と金属球という組み合わせの摩擦面が一般の機械軸受では用いられていない特殊な形状であり、既存の加工技術で十分な表面精度が得られないからである。高精度の加工技術の開発は、技術課題のひとつとなっている。

2. 研究の目的

人工関節の潤滑性能を実験的に評価する方法として最も信頼性が高いのは、人工関節シミュレータを用いた耐摩耗性試験である。しかし、シミュレータによる試験は、時間とコストを要するので、多くの試作品の試験は困難である。一方、摩擦測定は、簡便な装置で短時間に実施できる点で有用である。そのため、従来から、人工関節には揺動振子法の摩擦測定が応用されてきている。

揺動振子法において、摩擦速度や摩擦面の回転中心の位置の条件を、歩行と類似の力学条件として再現することが容易である。また、装置は簡便で、摩擦係数の算出が容易であるといった利点がある。しかし、従来の揺動振子法においては、自由揺動の振幅の正確な検出の困難であるため、摩擦抵抗が乏しい流体潤滑状態の試験片においては、異常な振れ回りが起きて、正確な測定が難しかった。

本研究課題においては、振幅の正確な自動計測が可能な振子摩擦測定装置を開発して用いた。そして、人工股関節の摩擦面となる金属球と臼蓋の表面加工技術を検討するた

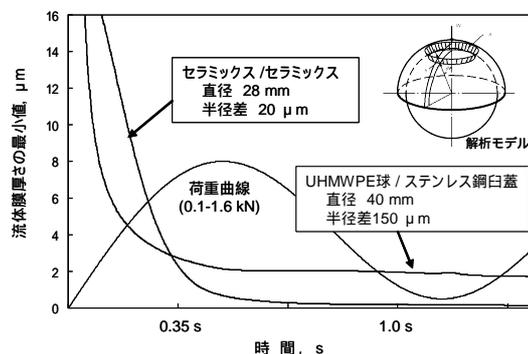


図1 歩行時のスクイズ潤滑流体膜厚さの解析結果（馬淵ら，1978） 潤滑液粘性係数: 0.015 Pas

めに, Co-Cr-Mo 合金を材料として, 高精度加工により, 半径差の異なる種々の人工股関節モデルを作成し, その摩擦面の潤滑性能評価を行った。



図2 人工股関節モデル試験片
Co-Cr-Mo 合金 骨頭径 32mm,
半径差 0.1 ~ 100 μm .

3. 研究の方法

微小な半径差を有する人工股関節を製作するためには, 骨頭球と臼蓋に求められる高精度の真球度, 表面粗さを実現する加工法が要求されるので, 円弧球芯型研磨機を用いて試験片の製作を行い, Co-Cr-Mo 合金製の骨頭 18 個と臼蓋 14 個を用意した. 骨頭の直径は, $31.9648 \text{ mm} \pm 0.0028 \mu\text{m}$, 真球度 $0.0004 - 0.012$, 表面粗さ $0.03 - 0.05$, 臼蓋の平均内径 $31.9850 \text{ mm} \pm 0.0044 \mu\text{m}$, 真球度 $0.0026 - 0.014 \mu\text{m}$, 表面粗さ $0.04 - 0.07 \mu\text{m}$ であった (図2).

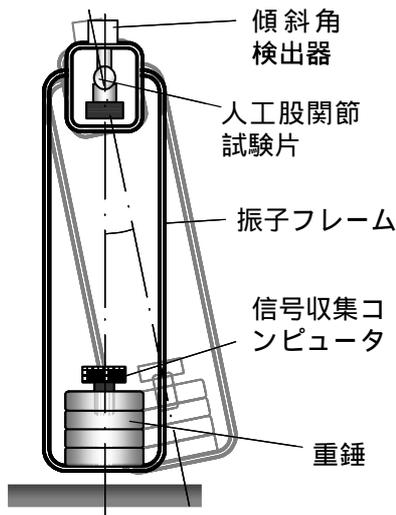


図3 振子式摩擦試験器

骨頭半径および臼蓋半径は, 三次元測定器 (LEGEX574, (株) ミットヨ) を使用し, 多点計測による最小二乗円作成後, その半径を利用した. スキャン測定ピッチ 0.2 mm , 計測精度 $0.35 \pm L/1000 \mu\text{m}$ (L : 測定長さ mm), 精度 $0.4 \mu\text{m}$ であった. これらの骨頭と臼蓋によって, 半径差の異なる 171 通りの組み合わせを作成した. 摩擦測定には, 揺動振子法を用いた. 図3に示すような振子の支点に試験片を設置し, 振子に強制振幅を与えて自由

揺動させ, 振幅の減衰の様子を検出して摩擦係数を求めた. 測定時の温度は室温 ($23 \sim 26$), 潤滑液に生理食塩液, 垂直荷重は 600 N 加えた. 振幅は, 二軸傾斜計 (NS-30/DPG2-RUN, Measurement Specialties, Inc.) で検出し, 測定結果を時系列データとしてデータ収集用コンピュータ (BX407A4, ソーテック) に取り込んだ.

得られた結果から振幅の減衰カーブを作成し, 次式により逐次摩擦係数 f を計算した.

$$f = \frac{l(\theta_n - \theta_{n+1})}{4r} \quad (1)$$

ここで l [m] は重心から支点までの距離, $[\text{rad}]$ は振幅の 1 回減衰量, r [m] は金属球の摩擦面半径とした. 読み取りは揺動が安定してから 10 点とした. 摩擦係数の測定は各組み合わせにおいて 5 回ずつ行なった. 同様な方法で製品化された金属対金属型人工関節の摩擦係数を測定した. A 社製は 3 層型のモジュラータイプで骨頭径 27.9838 mm , 半径差は 0.0477 mm , 骨頭の真球度・表面粗さ $0.0063 \mu\text{m} \cdot 0.0021 \mu\text{m}$, 臼蓋の真球度・表面粗さ $0.0037 \mu\text{m} \cdot 0.0005 \mu\text{m}$, B 社製, C 社製は 2 層型モジュラータイプで, 骨頭径 36.0147 mm , 31.9333 mm , 半径差 0.0418 mm , 0.0475 mm , 骨頭の真球度・表面粗さ $0.012 \mu\text{m} \cdot 0.0017 \mu\text{m}$, $0.003 \mu\text{m} \cdot 0.0021 \mu\text{m}$, 臼蓋の真球度・表面粗さ $0.0051 \mu\text{m} \cdot 0.0006 \mu\text{m}$, $0.0104 \mu\text{m} \cdot 0.005 \mu\text{m}$ であった.

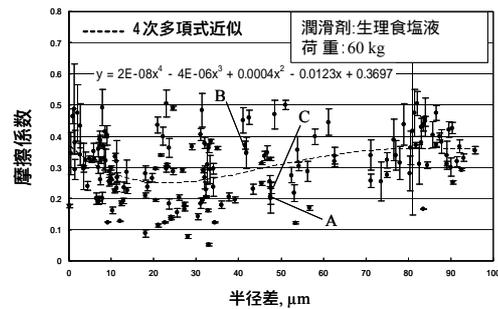


図4 種々の半径差の 171 の組み合わせの試験片について測定された摩擦係数. (A,B,C は, 市販製品)

4. 研究成果

半径差に対する摩擦係数のグラフは, 図4のように半径差が $20 \mu\text{m}$ 付近にて最小値を取り, それよりも半径差が開くと摩擦係数は徐々に上昇した. 製品版の測定結果も, およそ同様にプロットされた. 半径差が $20 \mu\text{m}$ よりも小さくなると, 摩擦係数が著しく上昇するという結果が得られた.

この結果, 金属同士の摩擦面を有する骨頭と臼蓋について, 半径差を $20 \mu\text{m}$ 程度とすることが潤滑性能の観点から最適であるということが示された.

一方, スクイズ潤滑の効果を示す, 荷重下

で摩擦面が垂直近接する際のスクイズ時間は、半径差の二乗に逆比例する。よって、半径差を縮めることが、潤滑性能の向上につながるはずである。しかし、本実験の結果では、半径差が 20 μm を下回っても潤滑性能は向上しなかった。これは、表面精度の限界により、凹凸が接触する影響と考えられた。骨頭と臼蓋の加工精度をさらに向上させることで、表面精度や真球度を上昇させ、表面粗さを低減させる必要があることがわかった。

製品版の骨頭と臼蓋の結果も、他の試験片と同様に位置したことから、半径差と摩擦係数の相関を示すことが出来た。さらに、表面精度の低い試作試験片の方が、精度の高い市販品よりも摩擦係数が低かったことから、潤滑性能は半径差に強く依存していると考えられた。

本研究課題で用いた荷重はヒトの平均体重に相当する 600 N である。これは、体重の 3 倍と推定されている人工股関節にかかる歩行時の荷重より小さい。一方、本研究で用いた潤滑液は生理食塩液であり、粘性係数は 0.001 Pa \cdot s である。これは、0.015 Pa \cdot s と推定されている人工関節に二次関節液の粘性係数よりかなり小さい。また、流体潤滑の効果は、流体の粘度に比例し荷重に反比例する。よって、本実験の条件は、人工股関節に予想される力学環境に等しい、あるいは、より厳しい条件を模擬したと考えられる。

可能な限り高い精度で研磨した、様々な半径差を持つ Co - Cr - Mo 製の骨頭と臼蓋の組み合わせにて、摩擦試験を行なった。半径差が 20 μm 付近にて摩擦係数が最小となり、それよりも半径差を大きくしていくと摩擦係数が徐々に上昇する傾向が示された。また、半径差を 5 μm よりも小さくしていくと、摩擦係数が著しく上昇する事から、骨頭と臼蓋の半径差と表面精度の兼ね合いから、流体膜の形成に最適な半径差を求める必要性が示された。ただし、本研究課題で求められた金属、金属人工股関節の摩擦係数は、最小でも 0.1 程度であり、流体潤滑性能が十分に得られてはいなかった。これは、金属人工股関節の現実の限界を表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

- 1) 長谷川航, 市島大地, 杉本和隆, 酒井利奈, 馬淵清資: 骨頭頸部接合面での摩擦. 臨床バイオメカニクス 34: 197-201, 2013. 査読有
- 2) 田中健誠, 内野正隆, 酒井利奈, 馬淵清資: 足関節外果骨折に対するフックを作製したプレートによる内固定法の力学的評価. 臨床バイオメカニクス 34: 101-105, 2013. 査読有
- 3) Tanaka K, Uchijima D, Hasegawa K, Katori T, Sakai R, Mabuchi K: Limitation of the lubricating ability of total hip prostheses with hard on hard sliding

material. Tribology Online, 8(5): 272-277, DOI 10.2474/trol.8.272, 2013. 査読有

- 4) 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: 繰り返し荷重による大変形を考慮した人工膝関節ポリエチレンインサートの塑性設計. 日本人工関節学会誌, 42, 553-554, 2012. 査読無
- 5) 内島大地, 香取丈寛, 平木祐哉, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工股関節の流体潤滑実現に要求される表面精度. 日本人工関節学会誌, 42, 721-722, 2012. 査読無
- 6) 内島大地, 酒井利奈, 香取丈寛, 馬淵清資: 流体潤滑に最適な人工股関節骨頭と臼蓋の半径差. 臨床バイオメカニクス, 33, 317-320, 2012. 査読有
- 7) Mabuchi K, Tanaka K, Uchijima D, Sakai R: Frictional coefficient under banana skin. Tribology Online, 7(3): 147-151, DOI 10.2474/trol.7.147, 2012. 査読有
- 8) 馬淵清資, 平木祐哉, 酒井利奈, 田中健誠, 中川博央: 人工股関節の流体潤滑性能に及ぼす加工精度の影響. 日本人工関節学会誌, 41: 504-505, 2011. 査読無
- 9) 田中健誠, 酒井利奈, 占部憲, 川崎康雄, 馬淵清資: 人工膝関節ポリエチレンインサートの圧縮強度特性. 日本人工関節学会誌, 41: 552-553, 2011. 査読無
- 10) 馬淵清資, 薬師神宏, 酒井利奈, 内田健太郎, 成瀬康治: インプラント界面に残留する定常荷重の骨組織への影響. 臨床バイオメカニクス, 32, 225-230, 2011. 査読無
- 11) 田中健誠, 松浦晃正, 酒井利奈, 馬淵清資: 鎖骨遠位端骨折に対する内固定法の固定性. 臨床バイオメカニクス, 32, 173-177, 2011.10. 査読有
- 12) 酒井利奈, 高平尚伸, 馬淵清資, 山本豪明, 内山勝文, 内田健太郎, 福島健介, 森谷光俊, 高相晶士: Duetto SI stem 周囲骨における骨密度と応力値の算出. バイオメカニクス学会誌 35(3): 191-196, 2011. 査読有
- 13) Sakai R, Uchiyama K, Yamamoto T, Itoman M, Maezawa H, Mabuchi K. Evaluation of a femoral stem with an intertrochanteric plate. ScienceMED Journal, 2(2):127-132.2011. 査読有
- 14) Sakai R, Steck R, Ueno M, Uchida K, Minehara H, Tanaka K, Takaso M, Itoman M, Mabuchi K, Schuetz M. Simulation of the effect of flexible and rigid plate designs on murine fracture healing. The Journal of Biomechanical Science and Engineering 321, 6(4), 311-321, 2011. 査読有
- 15) Sakai R, Kikuchi A, Morita T, Takahira N, Uchiyama K, Yamamoto T, Moriya M, Uchida K, Fukusima K, Tanaka K, Takaso M, Itoman M, Mabuchi K. Hammering sound frequency analysis and prevention of intraoperative

periprosthetic fractures during total hip arthroplasty. Hip International, 21(6):718-23, 2011. 査読有

16) Sakai R, Takahashi A, Takahira N, Uchiyama K, Yamamoto T, Uchida K, Fukushima K, Moriya M, Takaso M, Itoman M, Mabuchi K. Hammering force during cementless total hip arthroplasty and risk of microfracture. Hip Int. 21(3):330-335, 2011. DOI 10.5301 / HIP. 2011. 8408 査読有

〔学会発表〕(計 40 件)

- 1) 本名美佳, 小川登紀子, 森田真史, 馬淵清資: 微小振幅往復動摩擦に起因する人工関節用金属材料の耐食性低下. 第 5 回材料科学会医用・生体材料文化界講演会, 東京, 2014.3.8.
- 2) 田中健誠, 長谷川航, 酒井利奈, 馬淵清資, 占部憲: PS 型人工膝関節におけるポスの強度設計基準. 第 34 回バイオトライポロジシンポジウム, 京都, 2014.3.8.
- 3) 杉本和隆, 西法正, 坂本雅光, 三井博正, 佐和田桂一, 西野正洋, 北見聡史, 馬淵清資: 人工膝関節超長期成績: 西式はめ込み型人工膝関節の経験—術後 58 年から術後 35 年の 8 例—. 第 44 回日本人工関節学会, 那覇, 2014.2.21-22.
- 4) 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: PS 型人工膝関節におけるポリエチレンインサートの塑性設計. 第 44 回日本人工関節学会, 宜野湾, 2014.2.21-22.
- 5) 馬淵清資: 人工関節の基礎科学としての機械工学. 第 44 回日本人工関節学会, 宜野湾, 2014.2.21-22.
- 6) Nakao M, Sakai R, Mabuchi K: Stress analysis of femoral abduction osteotomy for osteoarthritis of the hip. The 15th International Conference on Biomedical Engineering, Singapore, 2013.12.6.
- 7) Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Plastic design of polyethylene inserts of knee prostheses. The 15th International Conference on Biomedical Engineering, Singapore, 2013.12.6.
- 8) Mabuchi K, Uchida K, Ito T, Sakai R, Naruse K: Response of a femoral bone to stationary and continuous load from within outward: The 15th International Conference on Biomedical Engineering, Singapore, 2013.12.5.
- 9) 長谷川航, 酒井利奈, 馬淵清資: 有限要素解析による金属臼蓋クランピング現象の発生条件の推定. 第 40 回日本臨床バイオメカニクス学会, 神戸, 2013.11.22-23.
- 10) Hasegawa K, Uchijima D, Sugimoto K, Mabuchi K: Fretting Corrosion at Head-Neck Junction in a Hip Prosthesis. 35th Annual International Conference of IEEE, EMBC'13, Osaka, 2013.7.4-7, (Trans. Jap. Soc. Med. Biol. Engg. Vol. 51 2013

Suppl. p. R-277)

- 11) Ito T, Mabuchi K, Sakai R, Nako M: Response of cortical bone on stationary load from an implant. 35th Annual International Conference of IEEE, EMBC'13, Osaka, 2013.7.4-7, (Trans. Jap. Soc. Med. Biol. Engg. Vol. 51 2013 Suppl. p. R-278)
- 12) Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Fracture parameter in the plastic design of polyethylene inserts of knee prostheses. 35th Annual International Conference of IEEE, EMBC'13, Osaka, 2013.7.4-7, (Trans. Jap. Soc. Med. Biol. Engg. Vol. 51 2013 Suppl. p. R-122)
- 13) Mabuchi K, Sudo H: Indication Parameters of the Preemptive Treatment against Aneurysm Rupture. 35th Annual International Conference of IEEE, EMBC'13, Osaka, 2013.7.4-7, (Trans. Jap. Soc. Med. Biol. Engg. Vol. 51 2013 Suppl. p. R-182)
- 14) 馬淵清資, 三澤有輝, 酒井利奈: 生物組織の摩擦における潤滑流体膜形成のメカニズム. 第 1 回ハイドロゲルの医用分野への応用研究セミナー, 東京, 2013.5.23
- 15) 長谷川航, 内島大地, 杉本和隆, 片山国昭, 馬淵清資: 人工股関節骨頭頸部における金属腐食発生原因の推定. 第 33 回バイオトライポロジシンポジウム, 東京, 2013.3.16.
- 16) 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工膝関節ポリエチレンインサートの塑性設計を目的とした有限要素解析. 第 43 回日本人工関節学会, 京都, 2013.2.22-23 (発表 2.23) (抄録 p.352)
- 17) 内島大地, 長谷川航, 酒井利奈, 馬淵清資: 骨頭頸部接合面における腐食過程. 第 43 回日本人工関節学会, 京都, 2013.2.22-23.
- 18) 長谷川航, 内島大地, 杉本和隆, 片山国昭, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工関節骨頭頸部の摩耗対策. 日本機械学会第 25 回バイオエンジニアリング講演会, つくば, 2013.1.9-11.
- 19) 内島大地, 長谷川航, 杉本和雄, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工股関節骨頭頸部接合面での摩擦. 第 39 回日本臨床バイオメカニクス学会. 幕張, 2012.11.10.
- 20) 中尾将輝, 酒井利奈, 成瀬康治, 高相晶士, 内田健太郎, 馬淵清資: インプラント界面に残留する定常荷重の骨組織への影響. 第 39 回日本臨床バイオメカニクス学会. 幕張, 2012.11.9.
- 21) Uchijima D, Katori T, Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Unavoidable necessity for fluid film lubrication of total hip prostheses. The 25th Annual Congress of the International Society for Technology in Arthroplasty, Sydney, 2012.10.5.
- 22) Sakai R, Takahira N, Uchiyama K, Yamamoto Y, Fukushima K, Tanaka K,

Uchijima D, Itoman M, Mabuchi K: Usefulness of hammering sound frequency analysis as an objective evaluation method for the prevention of fractures during total hip arthroplasty. The 25th Annual Congress of the International Society for Technology in Arthroplasty, Sydney, 2012.10.4.

23) Uchijima D, Katori T, Shimanaka H, Sakai R, Mabuchi K: Relationship between radial clearance and lubricating ability on hip prostheses. The 51st Annual Conference of Japanese Society for Medical and Biological Engineering, Fukuoka, 2012. 5. 9 - 11.

24) 内島大地, 香取丈寛, 平木祐哉, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工股関節の流体潤滑実現に要求される表面精度. 第 42 回日本人工関節学会, 宜野湾, 2012.2.24-25.

25) 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: 繰り返し荷重による大変形を考慮した人工膝関節ポリエチレンインサートの塑性設計. 第 42 回日本人工関節学会, 宜野湾, 2012.2.24-25.

26) 香取 丈寛, 内島 大地, 酒井 利奈, 馬淵清資: 人工股関節の流体潤滑のために必要な摩擦面の加工精度. 日本機械学会第 24 回バイオエンジニアリング講演会, 大阪, 2012.1.7-8.

27) 内島大地, 平木祐哉, 香取丈寛, 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: 人工股関節表面の研磨による流体潤滑性能の向上. 第 38 回臨床床バイオメカニクス学会, 神戸, 2011.11.18-19.

28) 田中健誠, 酒井利奈, 馬淵清資: せん断歪みを基準とした人工膝関節ポリエチレンインサートの塑性設計. 第 38 回臨床バイオメカニクス学会, 神戸, 2011.11.18-19.

29) 馬淵清資, 酒井利奈: 人工関節におけるバイオメカニクスの応用と問題点. 第 39 回日本関節病学会, 東京, 2011.11.13.

30) Mabuchi K, Katori T, Uchijima D, Sakai R: Lubricating effect by banana skin. The 6th Int. Biotribology Forum, Fukuoka, 2011.11.5.

31) Urabe K, Mabuchi K, Malkani Arthur L, Nakamura T, Naruse K, Uchida K, Fujita M, Aikawa J: Morphological difference of lateral and medial femoral condyles between American and Japanese females, evaluated by MRI in sagittal plane. The 6th Int. Biotribology Forum, Fukuoka, 2011.11.5.

32) Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Failure criteria of polyethylene insert of a knee prosthesis. The 6th Int. Biotribology Forum, Fukuoka, 2011.11.5.

33) Uchijima D, Hiraki Y, Katori T, Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Lubricating ability of hip prostheses influenced by the profile accuracy of sliding

surfaces. The 6th Int. Biotribology Forum, Fukuoka, 2011.11.5.

34) Mabuchi K, Tanaka K, Iwama A, Sakai R: Frictional coefficient under banana skin. ITC Hiroshima 2011, Hiroshima, 2011.11.3.

35) Mabuchi K, Hiraki Y, Katori T, Uchijima D, Tanaka K, Sakai R: Lubricating ability of hip prostheses depending on the profile accuracy of sliding surfaces. ITC Hiroshima 2011, Hiroshima, 2011.11.3.

36) Uchijima D, Katori T, Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Improvement of lubricating ability by the surface polishing of hip prostheses. 24th Annual Congress of ISTA, Brugge, 2011.9.20-23.

37) Tanaka K, Sakai R, Mabuchi K: Failure criterion of polyethylene insert of a knee prosthesis. 24th Annual Congress of International Society for Technology in Arthroplasty, Brugge, 2011.9.20-23.

38) 田中健誠, 酒井利奈, 占部憲, 川崎康雄, 馬淵清資: せん断ひずみを基準とした人工膝関節ポリエチレンインサートの塑性設計. 第 31 回バイオトライボロジシンポジウム, 東京, 2011.5.14.

39) 馬淵清資, 平木祐哉, 中川博央, 田中健誠, 酒井利奈, 西浦淳: 振り子装置を応用した金属製人工股関節の研磨法. 第 31 回バイオトライボロジシンポジウム, 東京, 2011.5.14.

40) 酒井利奈, 森田とわ, 菊地亜紀, 吉本真純, 山本豪明, 森谷光俊, 大山純一, 馬淵清資, 高平尚伸: 人工股関節置換術における術中骨折の予防のための客観的評価方法を目指したハンマリング音の周波数解析. 第 31 回バイオトライボロジシンポジウム, 東京, 2011.5.14.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 人骨へのステム挿入時の骨折防止システム及びこれに使用するプログラム

発明者: 酒井利奈, 高平尚伸, 山本豪明, 馬淵清資, 内山勝文, 内田健太郎, 立木隆広

権利者: 学校法人北里研究所

種類: 特許

特願 2013-34441,

出願日 2013 年 3 月 26 日

国内外の別: 国 内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

馬淵 清資 (MABUCHI, Kiyoshi)

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号: 70118842