

セメント固定THAステムにおいて polished surface が rough surface より長期成績良好な理由の考察 — バイオメカモデルの結果より —

a) 金沢医科大学整形外科 b) 石川県工業試験場
兼氏 歩 a), 山田兼吾 a), 廣崎憲一 b), 高野昌宏 b), 松本忠美 a)

(はじめに)

種々のセメント固定 THA ステムにおいて、ステムの表面加工差により長期耐用性が異なることが報告されている¹⁾²⁾。いずれも Polished surface が同形状の rough surface より良好な臨床成績をあげているがその詳細な理由は不明である。Kaneuji らは、polished tapered stem が経時的に沈下し、それとともに術後早期にみられた骨・セメント間の骨透過帯が徐々に減少していくことを報告しており³⁾、この骨・セメント界面の骨透過帯減少は Loosening と逆の現象であり、これが良好な長期成績と関連があると推察される。しかし、ステム表面加工差が骨・セメント界面にどのように影響するかは不明であり、これらの調査は Loosening の機序解明に大きな意義を持つと考えられる。そこで今回、バイオメカモデルを用いた実験で、ステム表面加工差による骨・セメント界面の力学差やステム沈下がセメントに及ぼす影響について検討した。

(対象と方法)

セメント固定ステムモデルを作製し実験した(図 1 a,b)。

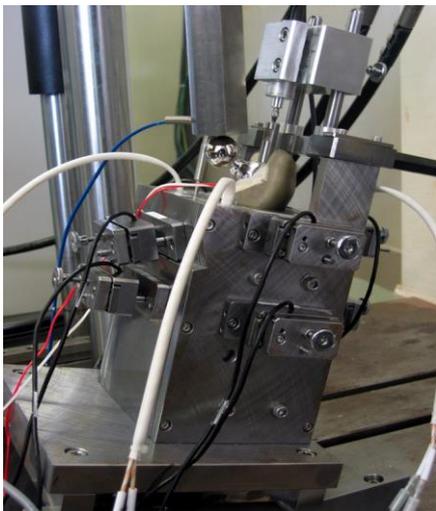


図 1a. 実験装置⁴⁾

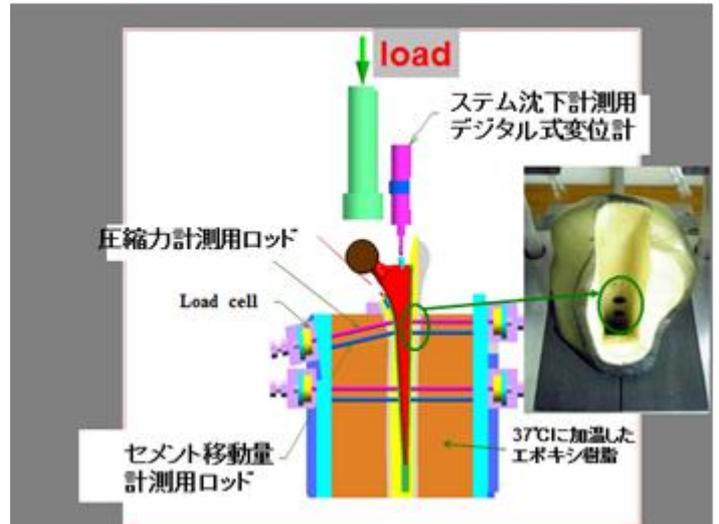


図 1b. 実験装置シエーマ⁴⁾

ステムを模擬骨にセメント固定し、荷重負荷をかけ、経時的なステム沈下を計測した。また、固定器からロッドを通し、骨・セメント界面に設置し、圧縮力とセメント移動量を計測した。模擬骨は前後面の近位、遠位にロッド挿入孔を作製した。その後、生体内環境に類似させるため植物油を 24 時間浸透させた。

ステムは臨床で用いられている polished 加工の CPT stem (Zimmer,USA)および CPT ステムを表面粗さ 5.3 ミクロンに rough 加工したステムを用いた(図 2)。それぞれ size2、3 の 2 サイズのステムで各々1 本ずつ実験した。荷重は 1 ヘルツの正弦波負荷をかけた。このような負荷を一日 16 時間、計 100 万回かけた。1 日 16 時間の負荷の後、8 時間無負荷期間を設定した。



図2 使用したステム⁴⁾
(結果)

両ステムとも時間経過とともに徐々に沈下しましたが、polishedがroughより多く沈下し、最終的にpolishedで約0.5から1.2mm沈下し(図3)、臨床とほぼ同様であった。

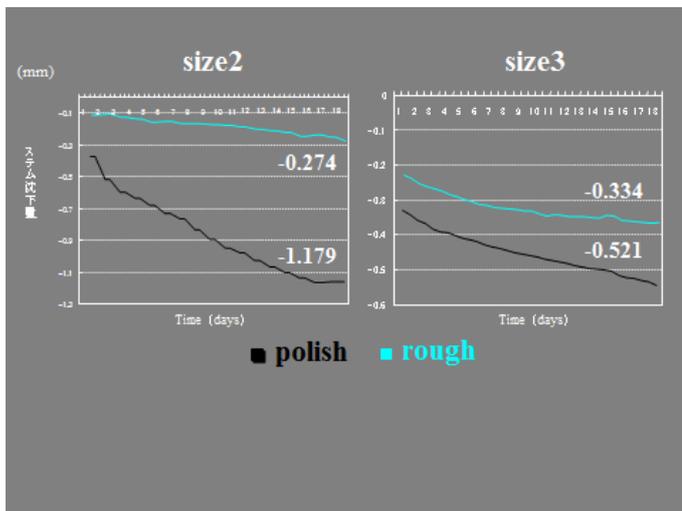


図3. ステム沈下推移

Polished stem は Rough stem よりも沈下が多かった。

骨・セメント界面の圧縮力は、近位内側と遠位外側部で多く変化を認めた。

最も圧縮力が大きかった近位内側部において polished は時間経過とともに骨界面への圧縮力が増加したが、roughの圧縮力は増加せず、size2 では徐々に減少する傾向があった。最終日の圧縮力は polished が rough より size2, 3 でそれぞれ 12 倍、3.3 倍と大きく異なった(図4)。次にセメント移動、すなわちクリーブ現象を検討した。

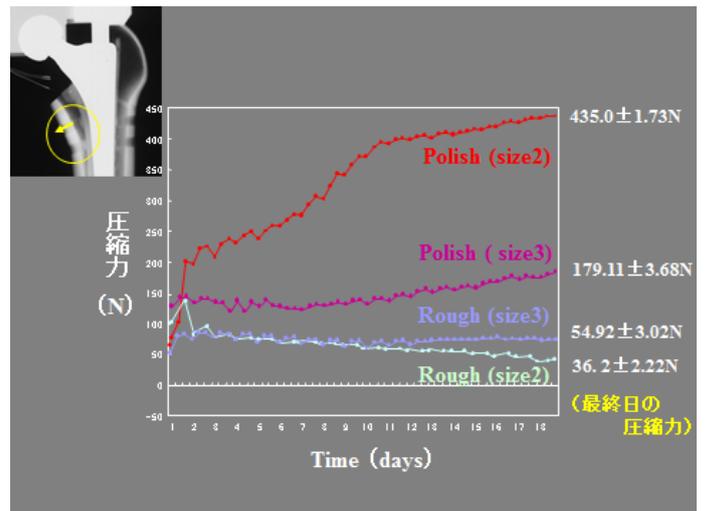


図4. 近位内側部における圧縮力の推移

Polished stem は経時的に圧縮力が増加した。一方、Rough stem は変化なしに減少した。

size2,3 とも polished が rough より大きく髓腔外方向へ移動した。最大は polished size2 の近位内側で約 215 ミクロンであった。近位内側部における stem 沈下と圧縮力の関係を見ると、polished は有意な正の相関、すなわちステム沈下により骨・セメント界面の圧縮力が増加する一方、rough では有意な負の相関があり、圧縮力が減少していた(図5)。また、圧縮力とセメント移動量の関係でも

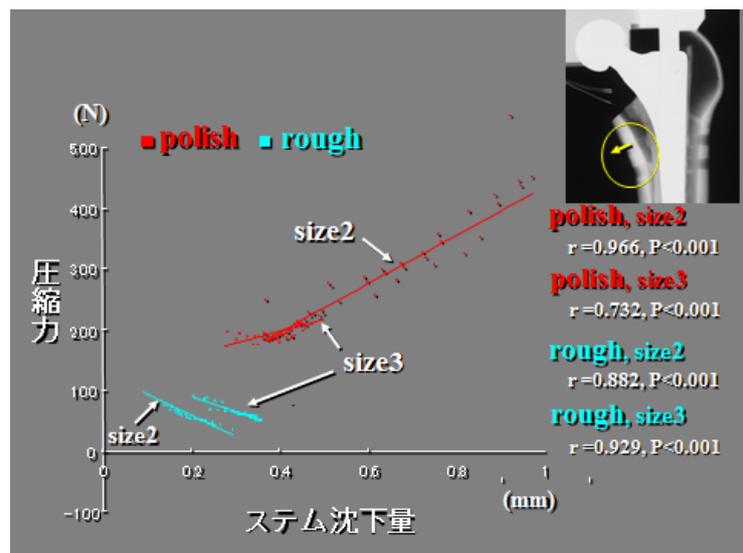


図5.近位内側部におけるステム沈下量と圧縮力の相関⁴⁾

Polished stem は有意な正の相関を認め、Rough stem は有意な負の相関を認めた。

polish では強く相関しており、圧縮力によりセメントが移動することが示唆された。一方 rough において相関は認めなかった。

(考察)

人工関節で用いる骨セメントはアクリルセメントであり、その特性として硬化後もゆっくりと圧により変形を生じる。今回このクリープ現象は polished stem で多く認めたことから力学動態を推察すると、Polish stem はステムがセメント内を slip するように沈下し、セメントの圧縮力やクリープが骨・セメント界面を刺激し、海綿骨の緻密化や骨梁の改善が生じ、骨・セメント界面の破綻が生じにくくなると考える。これは臨床で認めた骨透過帯減少の機序である可能性がある。一方セメント内で slip しにくい rough stem は、セメントとステムが一体となって沈下する力が働き、骨・セメント界面における圧縮力が低値のままもしくは引張り方向つまり髄内方向への力が働き、骨・セメント界面の固定性が破綻しやすい可能性が推察された。さらに詳細な検討を要するものの polished stem と rough stem で力学動態が異なることは長期成績差が存在することに大きく関与しているものと推察された。

(まとめ)

1, THA モデルにおいて、ステムの沈下、骨・セメント界面における圧縮力、セメント移動量はステム表面加工で異なった。

2, 骨・セメント界面の圧縮力は polished stem において時間経過とともに増加し、rough stem において減少した。

3 セメント固定式ステムの表面加工差による長期成績差はこのような力学動態の差が関連していると推察された。

(参考文献)

1) Dall DM, Learmonth ID, Solomon MI, et al. Fracture and loosening of Charnley femoral stems. Comparison between first-generation and subsequent designs. J Bone Joint Surg (Br) 1993; 75:259-65.

2) Howie DW, Middleton RG, Costi K. Loosening of matt and polished cemented femoral stems. J Bone Joint Surg (Br) 1998; 80: 573-6.

3) Kaneuji A, Sugimori T, Ichiseki T, et al. The relationship between stem subsidence and improvement in the radiolucency in polished tapered stems. Int Orthop 2006; 30:387-90.

4) Kaneuji A, Yamada K, Hirosaki K, et al. Stem subsidence of polished and rough double taper stems. In vitro mechanical effects on the cement-bone interface. Acta Orthop 2009; 80:270-6.