



図 4. ミツトヨ製 CNC 三次元測定器

また、ライナー摺動面について、図 5 に示す 4 方向 (0-180° 線、45-225° 線、90-270° 線、および 135-315° 線) に対し、0.2 mm 間隔にて中心位置から半径を測定した。得られた値と未使用ライナーの半径との差分を算出し、コンター図化した。

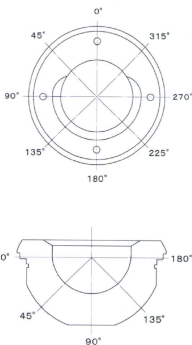


図 5. ライナー測定箇所

③ 骨頭解析

人工股関節シミュレーション試験後の骨頭について、表面粗さ測定、表面観察を行った。

表面粗さ測定は、粗さ測定計を用い、骨頭天頂部、赤道部の算術平均粗さ (Ra) および最大高さ (Rmax) を測定した。観察部位は、天頂部 A 点と 45° 部 B 点の 2 箇所とした (図 6)。

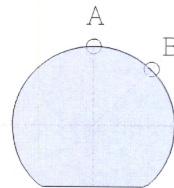


図 6. 表面粗さ測定部位

骨頭の表面観察は、走査型電子顕微鏡 (SEM) にて行った。測定倍率は 2000 倍、10 kV の加速電圧とした。

C. 研究結果

1. 大径骨頭の影響

① 表面 LSM 観察

図 7 に、シミュレーション試験前の未処理 CLPE ライナー (32 mm および 40 mm) 摺動表面 LSM 像を示す。未処理、PMPC 処理 (未掲載) に関わらずシミュレーション試験前のライナー摺動表面には、全域に機械加工によるマシンマークが見られた。

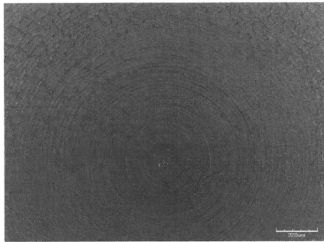


図 7-A. シミュレーション試験前の未処理 CLPE ライナー (32 mm) 摺動面の LSM 像

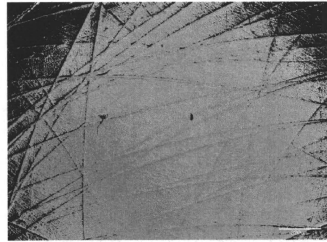


図 8-A. シミュレーション試験 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

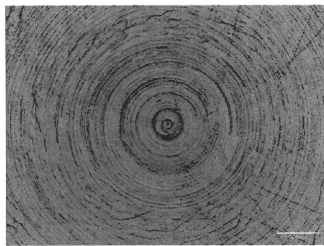


図 7-B. シミュレーション試験前の未処理 CLPE ライナー (40 mm) 摺動面の LSM 像

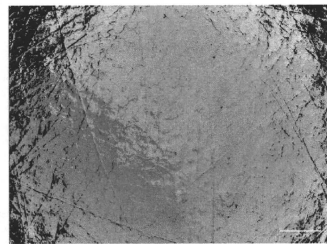


図 8-B. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

図 8 に、シミュレーション試験 1000 万回後の未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像を示す。

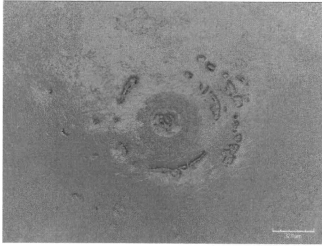


図 8-C. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

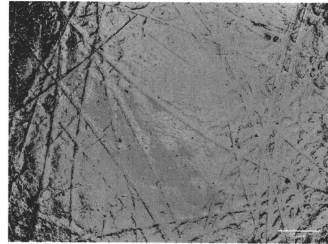


図 8-E. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

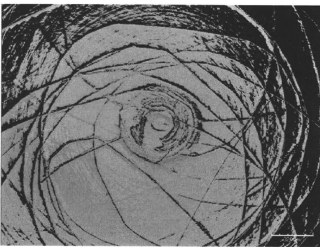


図 8-D. シミュレーション試験 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

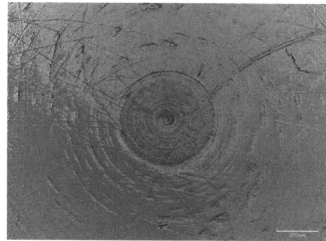


図 8-F. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

1000 万回のシミュレーション試験後、32 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーでは、摩耗（クリープ変形を含む）により、マシンマークが部分的に消失していた。しかし、天頂部において若干のマシンマークの残存が確認された。これに対し、未処理 CLPE ライナーでは、マシンマークは完全に消失していた。

40 mm Co-Cr 骨頭と対合したライナーでは、未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE のいずれにおいても、マシンマークは完全に消失していた。これに対し、40 mm Al₂O₃ 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーでは、摩擦により、マシンマークが部分的に消失していたが、天頂部において若干のマシンマークの残存が確認された。未処理 CLPE ライナーでは、Co-Cr 骨頭と対合したライナーと同様にほとんどのマシンマークが消失していた。

②3 次元形状測定

図 9 に、コンター図の色調見本(以下に示すコンター図は全てこれに従う)、図 10 に、シミュレーション試験前の未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図を各々示す。

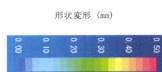


図 9. コンター図色調見本

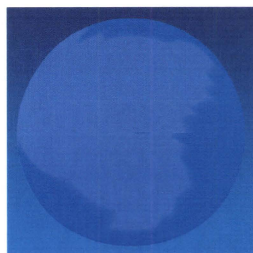


図 10-A. シミュレーション試験前の未処理 CLPE ライナー (32 mm) の摺動面コンター図

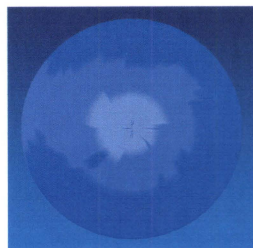


図 10-B. シミュレーション試験前の未処理 CLPE ライナー (40 mm) の摺動面コンター図

図 11 に、シミュレーション試験 1000 万回後の未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図を各々示す。

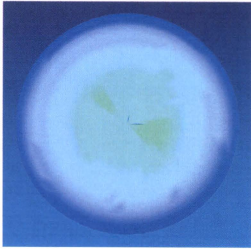


図 11-A. シミュレーション試験
1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対
合した未処理 CLPE ライナーの摺動
面コンター図

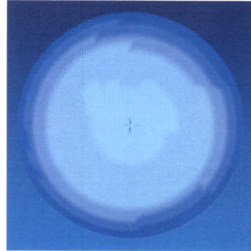


図 11-C. シミュレーション試験
1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対
合した未処理 CLPE ライナーの摺動
面コンター図

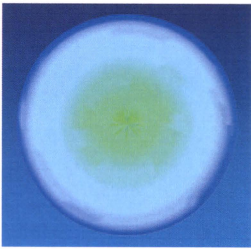


図 11-B. シミュレーション試験
1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対
合した未処理 CLPE ライナーの摺動
面コンター図

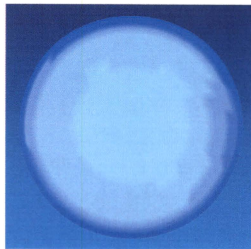


図 11-D. シミュレーション試験
1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対
合した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺
動面コンター図

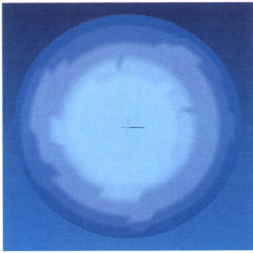


図 11-E. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

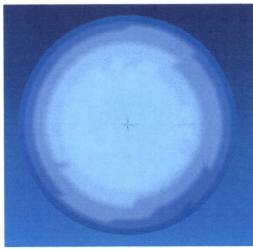


図 11-F. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

1000 万回におよぶシミュレーション試験後では、未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーのいずれにおいても、僅かな形状変化が認められた。32 mm 骨頭と組み合わせた未処理 CLPE ライナーに比べ、40 mm 骨頭と組み合わせた未処理 CLPE ライナーの形状変化量は大きかった。PMPC 処理 CLPE ライナーの形状変化量は、32 mm、40 mm 骨頭の何れと組み合わせ

た場合においても、未処理 CLPE ライナーのそれらに比べ、小さかった。

図 12 に、シミュレーション試験前、図 13 に、シミュレーション試験 1000 万回後の未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE ライナーの半径を示す。

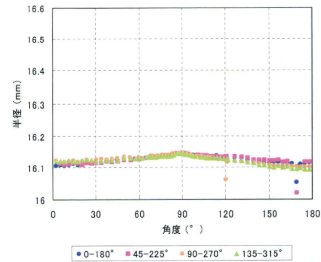


図 12-A. 試験前の未処理 CLPE ライナー (32 mm) の半径

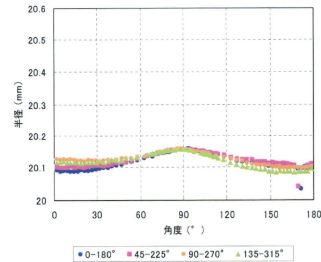


図 12-B. 試験前の未処理 CLPE ライナー (40 mm) の半径

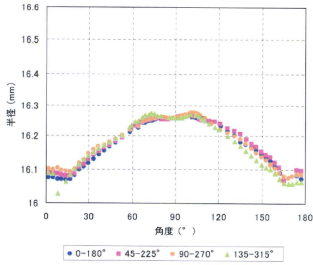


図 13-A. シミュレーション試験 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナーの半径

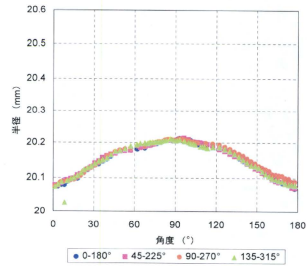


図 13-C. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナーの半径

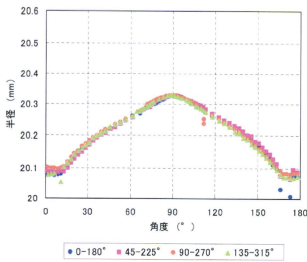


図 13-B. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対合した未処理 CLPE ライナーの半径

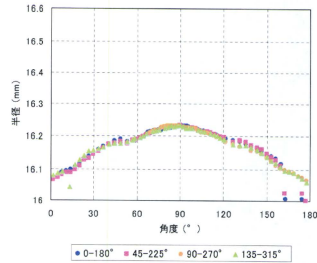


図 13-D. シミュレーション試験 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーの半径

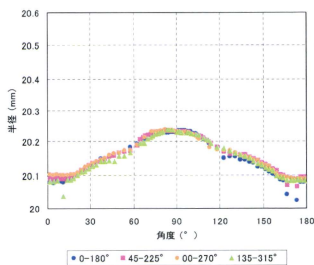


図 13-E. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーの半径

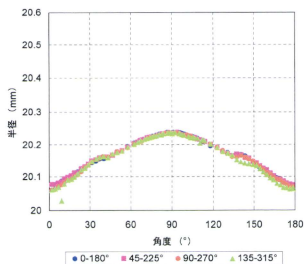


図 13-F. シミュレーション試験 1000 万回後の 40 mm Al_2O_3 骨頭と対合した PMPC 処理 CLPE ライナーの半径

図 12 および 13 より、1000 万回のシミュレーション試験後、PMPC 処理 CLPE ライナーの変形量（線摩耗量）は、32 mm、40 mm 骨頭の何れと組み合わせ合わせた場合においても約 0.10 mm であり、未処理 CLPE ライナーのそれら約 0.15～0.20 mm に比べ、低い値を示した。

③金属骨頭解析

表 1 に、シミュレーション試験前および 1000 万回後における Co-Cr 骨頭および Al_2O_3 骨頭の天頂部と赤道部の表面粗さ測定の結果を示す。

未処理 CLPE と組み合わせた 40 mm Co-Cr 骨頭を除き、試験前後における骨頭の表面粗さに有意な変化は認められなかった。未処理 CLPE と組み合わせた 40 mm Co-Cr 骨頭では、試験後の Rmax 値が使用前の 2 倍に増加していた。これに対し、 Al_2O_3 骨頭では、いずれの表面粗さも Ra0.015 μm 以下であり、きわめて平滑な表面性状であった。

表 1 試験に使用した骨頭の表面粗さ測定結果

骨頭径と材質	組み合わせ (試験回数)	測定部位	パラメータ	表面粗さ (μm)
32 mm Co-Cr 骨頭	— (試験前)	A. 天頂	Ra	0.018
			Rmax	0.140
		B. 45°	Ra	0.014
			Rmax	0.129
	未処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.015
			Rmax	0.112
		B. 45°	Ra	0.011
			Rmax	0.081
	PMPC 処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.013
			Rmax	0.095
		B. 45°	Ra	0.014
			Rmax	0.125
40 mm Co-Cr 骨頭	— (試験前)	A. 天頂	Ra	0.017
			Rmax	0.159
		B. 45°	Ra	0.013
			Rmax	0.082
	未処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.018
			Rmax	0.332
		B. 45°	Ra	0.018
			Rmax	0.332
	PMPC 処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.016
			Rmax	0.133
		B. 45°	Ra	0.014
			Rmax	0.085
40 mm Al ₂ O ₃ 骨頭	— (試験前)	A. 天頂	Ra	0.003
			Rmax	0.020
		B. 45°	Ra	0.003
			Rmax	0.020
	未処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.014
			Rmax	0.121
		B. 45°	Ra	0.007
			Rmax	0.054
	PMPC 処理 CLPE (1000 万回)	A. 天頂	Ra	0.009
			Rmax	0.101
		B. 45°	Ra	0.008
			Rmax	0.070

図 14 に、シミュレーション試験前、図 15 に、未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーと組み合わせて 1000 万回まで試験を行った Co-Cr 骨頭および Al_2O_3 骨頭の表面 SEM 写真を示す。

未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE のいずれのライナーと組み合わせた場合においても、シミュレーション試験後の Co-Cr 骨頭および Al_2O_3 骨頭の表面は、非常に滑らかな状態を保っており、表 1 に示される表面粗さ測定の結果とも一致した。シミュレーション試験後の骨頭表面の性状への PMPC 処理による影響を調査したが、有意な差異は確認されなかった。

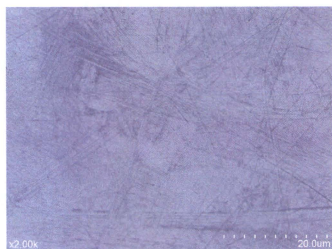


図 14-A. 試験前の Co-Cr 骨頭 (32 mm) 表面の SEM 写真



図 14-B. 試験前の Co-Cr 骨頭 (40 mm) 表面の SEM 写真

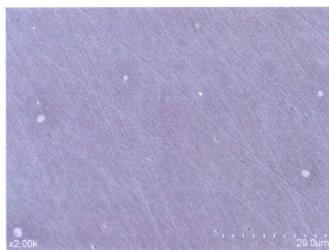


図 14-C. 試験前の 40 mm Al_2O_3 骨頭表面の SEM 写真

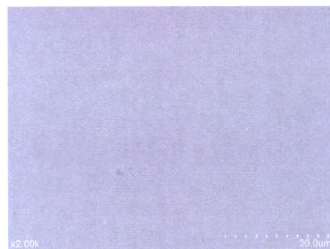


図 15-A. 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭表面の SEM 写真 (対向: 未処理 CLPE)

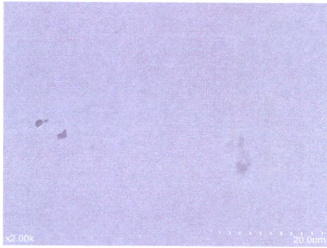


図 15-B. 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭表面の SEM 写真 (対向：未処理 CLPE)

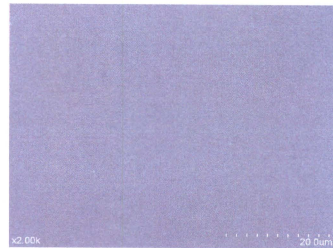


図 15-E. 1000 万回後の 40 mm Co-Cr 骨頭表面の SEM 写真 (対向：PMPC 処理 CLPE)



図 15-C. 1000 万回後の 40 mm Al₂O₃ 骨頭表面の SEM 写真 (対向：未処理 CLPE)

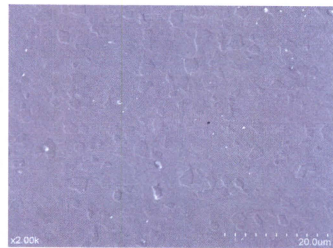


図 15-F. 1000 万回後の 40 mm Al₂O₃ 骨頭表面の SEM 写真 (対向：PMPC 処理 CLPE)

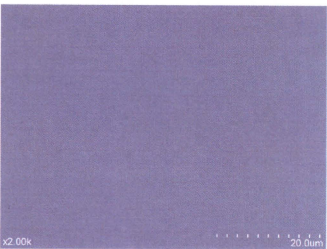


図 15-D. 1000 万回後の 32 mm Co-Cr 骨頭表面の SEM 写真 (対向：PMPC 処理 CLPE)

2. 骨頭表面粗さの影響

①表面 LSM 観察

図 16 に、シミュレーション試験前の未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナー (26 mm) 摺動表面 LSM 像を示す。PMPC 処理の有無に関わらずシミュレーション試験前のライナー摺動表面には、全域に機械加工によるマシンマークが見られた。

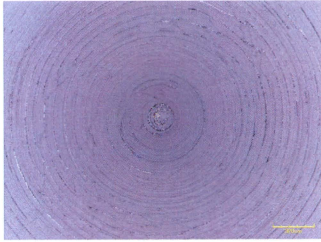


図 16-A. 試験前の未処理 CLPE ライナー (26 mm) 摺動面の LSM 像

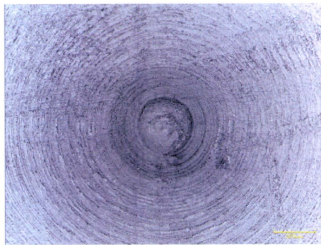


図 16-B. 試験前の PMPC 処理 CLPE ライナー (26 mm) 摺動面の LSM 像

図 17 に、シミュレーション試験 300 万回後の表面粗さ $Ra = 0.02 \sim 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像を示す。300 万回のシミュレーション試験後、いずれの表面粗さの骨頭と組み合わせた CLPE ライナーの摺動部においても、試験前に観察されたマシンマークは消失していた (図 17)。これに対し、表面粗さ $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ および $0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面では、多くのマシンマークの残存が確

認された。しかしながら、表面粗さ $Ra = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面では、CLPE ライナーのそれと同様にマシンマークは消失していた。

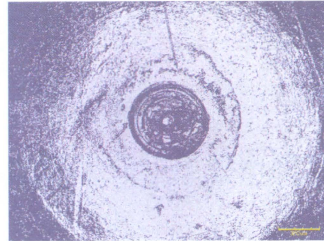


図 17-A. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像



図 17-B. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像



図 17-C. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

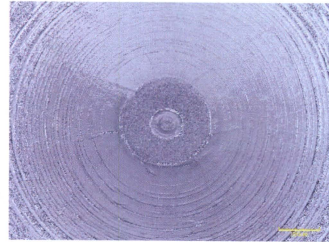


図 17-E. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

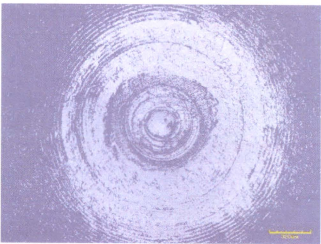


図 17-D. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

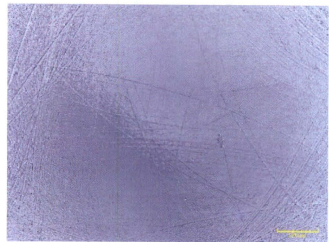


図 17-F. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の LSM 像

②3 次元形状測定

図 18 に、シミュレーション試験 300 万回後の表面粗さ $R_a = 0.02 \sim 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図を各々示す。

300 万回のシミュレーション試験後、いずれの表面粗さの骨頭と組み合わせた未処理 CLPE ライナーにおいても、摺動面の形状変化が認めら

れ、その変化量は対向した骨頭の表面粗さともなって増加した。

これに対し、表面粗さ $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ および $0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面の形状変化は、極めて僅かであった。しかしながら、Co-Cr 骨頭の表面粗さが $Ra = 0.06 \mu\text{m}$ へ増大するとその形状変化量も増加した。



図 18-A. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

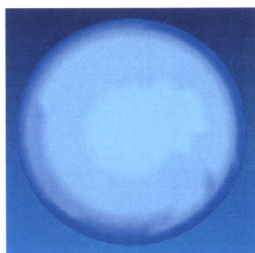


図 18-B. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

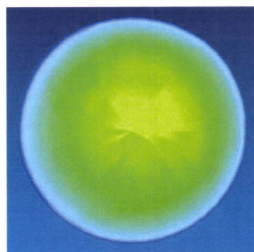


図 18-C. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

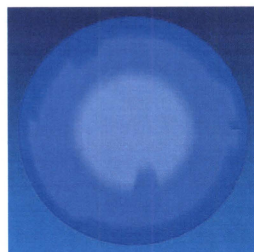


図 18-D. シミュレーション試験 300 万回後の $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

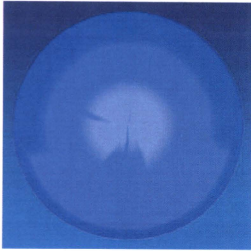


図 18-E. シミュレーション試験 300 万回後の Ra = 0.04 μm の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図



図 18-F. シミュレーション試験 300 万回後の Ra = 0.06 μm の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面コンター図

図 19 に、シミュレーション試験 300 万回後の表面粗さ Ra = 0.02 ~ 0.06 μm の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーの摺動面の半径を示す。

300 万回のシミュレーション試験後、いずれの表面粗さの骨頭と組み合わせた未処理 CLPE ライナーにおいても、摺動面半径に変化が認められ、その変化量は対向した骨頭の表

面粗さともなって増加した。

これに対し、表面粗さ Ra = 0.02 μm および 0.04 μm の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー摺動面半径の変化は、極めて僅かであった。しかしながら、Co-Cr 骨頭の表面粗さが Ra = 0.06 μm へ増大するその変化量も増加した。

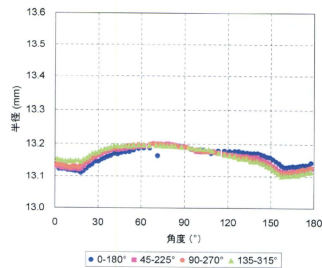


図 19-A. シミュレーション試験 300 万回後の Ra = 0.02 μm の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

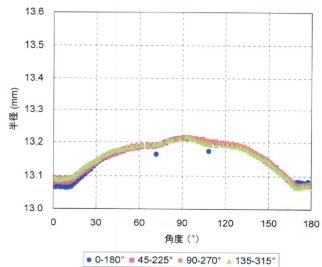


図 19-B. シミュレーション試験 300 万回後の Ra = 0.04 μm の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

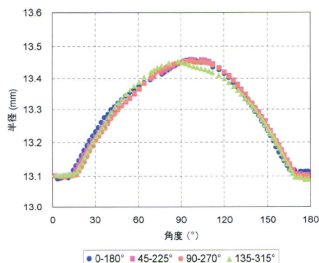


図 19-C. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した未処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

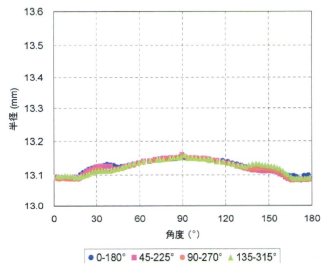


図 19-E. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

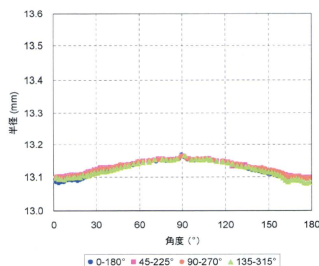


図 19-D. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

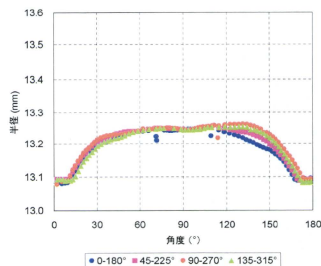


図 19-F. シミュレーション試験 300 万回後の $R_a = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭と対向した PMPC 処理 CLPE ライナー (26 mm) の半径

③粗面化した Co-Cr 骨頭の解析

表 2 に、シミュレーション試験 300 万回後における粗面化した Co-Cr 骨頭の天頂部と赤道部の表面粗さ測定の結果を示す。

表 2 試験に使用した粗面化 Co-Cr 骨頭の表面粗さ測定結果

サンプル名 (試験前表面粗さ)	組み合わせ (試験回数)	測定部位	パラメータ	表面粗さ (μm)
26 mm Co-Cr 骨頭 $R_a = 0.02 \mu\text{m}$	未処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.021
			R_{max}	0.156
		B. 45°	R_a	0.008
			R_{max}	0.070
	PMPC 処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.016
			R_{max}	0.054
		B. 45°	R_a	0.006
			R_{max}	0.052
26 mm Co-Cr 骨頭 $R_a = 0.04 \mu\text{m}$	未処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.029
			R_{max}	0.206
		B. 45°	R_a	0.026
			R_{max}	0.193
	PMPC 処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.027
			R_{max}	0.224
		B. 45°	R_a	0.023
			R_{max}	0.169
26 mm Co-Cr 骨頭 $R_a = 0.06 \mu\text{m}$	未処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.061
			R_{max}	0.563
		B. 45°	R_a	0.050
			R_{max}	0.407
	PMPC 処理 CLPE (300 万回)	A. 天頂	R_a	0.062
			R_{max}	0.537
		B. 45°	R_a	0.038
			R_{max}	0.326

試験後の $R_a=0.02 \mu\text{m}$ および $0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の表面粗さは、対向するライナーにかかわらず、試験前に予め加工した表面粗さに比べ、低下した。これに対し、 $R_a=0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の表面粗さは、試験後

も変化なかった。

図 20 に、未処理 CLPE、PMPC 処理 CLPE ライナーと組み合わせて 300 万回まで試験を行った表面粗さ $R_a=0.02\sim 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の表面 SEM 写真を示す。

Co-Cr 骨頭の表面には、表面粗さを調整するための加工による多数の傷が観察された。その表面性状は、表2に示される表面粗さ測定の結果とも定性的に一致した。対向するCLPEライナーのPMPC処理の有無による影響を調査したが、有意な差異は確認されなかった。

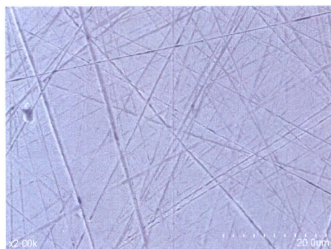


図 20-A. 300 万回後の $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向: 未処理 CLPE)

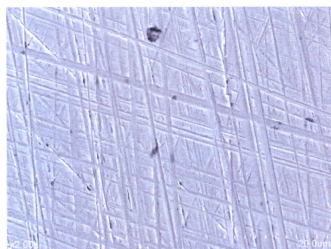


図 20-B. 300 万回後の $Ra = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向: 未処理 CLPE)

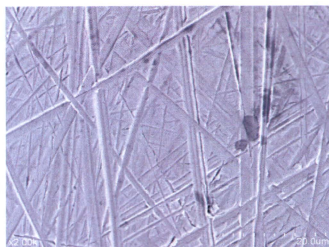


図 20-C. 300 万回後の $Ra = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向: 未処理 CLPE)



図 20-D. 300 万回後の $Ra = 0.02 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向: PMPC 処理 CLPE)



図 20-E. 300 万回後の $Ra = 0.04 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向: PMPC 処理 CLPE)

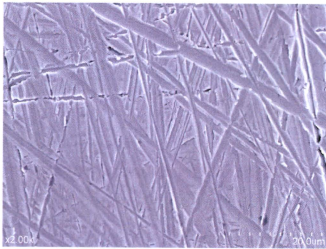


図 20-F. 300 万回後の $R_a = 0.06 \mu\text{m}$ の Co-Cr 骨頭の SEM 写真 (対向:PMPC 処理 CLPE)

D. 考察

摺動面観察および 3 次元形状測定において、シミュレーション試験後の PMPC 処理 CLPE ライナーは、未処理 CLPE のそれらと比較して、高い耐摩耗性を示唆する結果が得られた。未処理 CLPE においては、骨頭径の増加にもなって、その摩耗量は増加しており、安定性と耐摩耗性がトレードオフの関係にあることが示された。この傾向は諸家の研究においても、報告されており、現在、臨床において広く使用されている CLPE でも、大径骨頭を使用するためには更なる改善を要求しているものである。

一方、PMPC 処理 CLPE ライナーにおいては、骨頭径の増加による摩耗量の増加はほとんど認められず、高い安定性と耐摩耗性が両立する可能性が示唆されており、先の要求を十分に満たすものと考えられた。また、特に Al_2O_3 骨頭と PMPC 処理 CLPE ライナーを組み合わせた人工股関節においては、骨頭径の増加による摩耗量

の増加が極めて少なく、高い安定性と耐摩耗性が両立する可能性が示唆された。

本分担研究では、予め、表面粗さを $0.02 \sim 0.06 \mu\text{m}$ になるよう粗面化した Co-Cr 骨頭と未処理 CLPE および PMPC 処理 CLPE ライナーを組み合わせ人工股関節シミュレーション試験を行った後の試験検体を回収し、その表面状態および形状変化を調査した。摺動面観察および 3 次元形状測定において、いずれの表面粗さを有する Co-Cr 骨頭と組み合わせた場合もシミュレーション試験後の PMPC 処理 CLPE ライナーは、未処理 CLPE のそれらと比較して、高い耐摩耗性を示唆する結果が得られた。人工股関節シミュレーション試験を行った他の分担研究においても、PMPC 処理は、面粗さが $0.02 \mu\text{m}$ のときには表面粗さ $< 0.01 \mu\text{m}$ のときと同様に、300 万回という試験においてライナーの摩耗を著しく抑制することが明らかになっている。つまり、PMPC 処理は過酷な摺動条件下でさえ、優れた安定性と耐摩耗性を発揮しており、高齢者の寝たきり予防に大きく貢献できる技術として期待される。

いずれの表面粗さを有する Co-Cr 骨頭と組み合わせた場合も、PMPC 処理 CLPE ライナーは未処理 CLPE ライナーに比較して、高い耐摩耗性を示唆する結果が得られた。表面粗さが $0.06 \mu\text{m}$ になると、未処理 CLPE ライナーの摩耗量は約 10 倍にまで

増加するが、このような極めて厳しい条件下では、PMPC 処理 CLPE できえ摩耗量は増加し、その効果を失い始めた。0.06 μm という表面粗さは、除去に至ったチタン合金骨頭（術野（摺動部）にチタン摩耗粉が多数に存在）の表面性状を参考に設定しており、チタン合金骨頭より硬い Co-Cr 骨頭では、臨床上、考えにくいレベルである。しかしながら、このような環境できえ、PMPC 処理 CLPE ライナーの摩耗量は、未処理 CLPE ライナーのその約 1/2 であった。

対向する骨頭の表面性状を維持することが、人工関節の長寿命化にとって重要な要素であることが示唆された。これは、諸家が報告されている除去品に関する研究において、Co-Cr 骨頭を用いた人工股関節のうち、異常な摩耗を発生させた除去品は、その骨頭表面が損傷している症例が多いことも支持している。長期的な摺動面の安定性を獲得するために、現在、臨床において広く使用されている Al_2O_3 をはじめとするセラミック骨頭との組み合わせはこの点において有用である。

E. 結論

人工股関節シミュレーション試験において、大径の骨頭と組み合わせた場合の摩耗特性に対する PMPC 処理の有効性が確認された。また、長期間の人工股関節シミュレーション試験においても対向する骨頭に対して攻撃性を認めないことも確認され

た。

PMPC 処理は粗面化した Co-Cr 骨頭と組み合わせた過酷な摺動条件下できえ、優れ耐摩耗性を発揮した。

PMPC 処理は、安定性と耐摩耗性に優れ、高齢者の寝たきり予防に大きく貢献できる技術として期待される。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Tanaka Y, Saito H, Tsutsumi Y, Doi H, Imai H, Hanawa T: Active hydroxyl groups on surface oxide film of titanium, 316L stainless steel, and cobalt-chromium-molybdenum alloy and its effect on the Immobilization of poly(ethylene glycol). *Mater Trans* 49: 805-811, 2008.
2. Tanaka Y, Nakai M, Akahori T, Niinomi M, Tsutsumi Y, Doi H, Hanawa T: Characterization of air-formed surface oxide film on Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr alloy surface using XPS and AES. *Corros Sci*, 50: 2111-2116, 2008.
3. Kyomoto M, Moro T, Miyaji F, Konno T, Hashimoto M, Kawaguchi H, Takatori Y, Nakamura K, and Ishihara K: Enhanced wear resistance of