

論文の内容の要旨

氏名：佐 伯 修

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：セラミック材料の表面性状が対合材料の摩耗に及ぼす影響

セラミック材料は、高い機械的強度と優れた生体親和性を有しており、歯冠修復材料として使用されている。また、患者の審美的要求に伴い、セラミック材料を臼歯部に適用する頻度が増加している。ジルコニアは、セラミック材料の中でも高い機械的強度を持ち、歯科領域での応用範囲が拡大している材料である。

従来、ジルコニアは補綴装置のフレーム材料として、セラミック材料を築盛、焼成し使用されてきた。しかし、セラミック材料を築盛、焼成したジルコニアの補綴装置は、築盛部分の破損やチッピングなどが問題となっている。この問題を解決するためにジルコニア単体の補綴装置が製作されるようになってきている。しかし、ジルコニア単体の補綴装置は機械的強度が高いため、対合歯の摩耗に及ぼす影響が懸念されている。そこで本研究では、ジルコニアをはじめとした各種セラミック材料の表面性状の違いが、規格化された球状対合試料の摩耗に及ぼす影響について、摩耗量測定ならびに走査電子顕微鏡（以下 SEM）観察を行うことによって検討した。

平板試料のセラミック材料にはジルコニア（カタナ KT 10）、焼付用陶材（以下 porcelain, EX-3 nA1B）、ニケイ酸リチウムガラスセラミックス（以下 LDG ceramics, e.max CAD M01/C14）を用いた。球状対合試料の材料には、金合金（キャストイングゴールド M.C. Type IV）とフルオロアパタイトガラスセラミックス（以下 HP ceramics, e.max ZirPress LT A3）を用いた。

摩耗試験に先立ち、ビッカース硬さを測定した。ビッカース硬さ測定のために、セラミックス平板試料および球状対合試料に使用した材料を平板（18×18×2 mm）に加工し、耐水研磨紙（#2,000, Wetordry Tri-M-ite）にて研削を行った。ビッカース硬さは、荷重 9.8 N、荷重保持時間 15 秒の条件で微小硬度計（HMV-1）を用いて測定した。

各種セラミック材料は製造者指示に従って焼成し、平板状（18×18×2 mm）に調製した。セラミックス平板試料の表面性状は、FG コントラアングルハンドピース（S200MLX）とダイヤモンドポイント（松風ダイヤモンドポイント FG 102R）を用い、荷重 2.0 N、回転速度 200,000 r/min にて研削した面を粗面と規定した。また、粗面をセラミックス用研磨ポイント（StarGloss blue/pink/gray）にて研磨後、ブラシと研磨用ペースト（Zircon-Bright）にて仕上げ、研磨面とした。セラミックス平板試料の表面性状については、臨床条件を想定し、粗面および研磨面とした。すなわち粗面はチェアサイドにおけるダイヤモンドポイントを用いた咬合調整後の表面性状を、研磨面はチェアサイドにおける研磨後の表面性状を想定した。その後、セラミックス平板試料は、アルミニウム枠にエポキシレジン（EpoxiCure）を用いて包埋した。セラミックス平板試料の表面粗さは JIS B 0633:2011 を準拠し、表面粗さ測定器（サーフコム 1400）を用いて測定した。

球状対合試料は、球状原型には 2.0 mm の PMMA 球を用いた。金合金球状対合試料は、原型をクリストバライト埋没材（イデアベストマイクロ）を用いて埋没し、鋳造、硬化熱処理を行い、シリコーンポイント（M2 13/10）を用いて研磨を行った。HP ceramics 球状対合試料は、原型を専用埋没材（IPS Pressvest）を用いて埋没し、製造者指示に従って加圧成形した後、グレーズ材（IPS e.max Ceram Glaze Paste FLUO）を用いてグレーズ処理を行った。球状対合試料は、円柱状（直径 10 mm）のレジン（パターンレジン）内に先端の球状部位が露出するように設置した。

摩耗試験にはセラミックス平板試料と球状対合試料を用い、グリセロールと球状 PMMA 粉末（アクロン）を混和した疑似食物を使用した。摩耗試験は、荷重 5.9 N、ストローク幅 3.0 mm、ストローク回数 5,000 回、繰返し速度 1 Hz の条件でストローク型摩耗試験器（K-317）を用いて行った。摩耗高さは、走査レーザー顕微鏡（1LM21W）を用いて球状対合試料の摩耗部位直径の計測を行い、計算式によ

り算出した。また、摩耗試験後の試料表面を SEM を用いて観察した。

統計分析は Kolmogorov-Smirnov 検定を行い、正規性の検定を行った。その後、Levene 検定にて等分散性の検定を行ったが、一部の結果に等分散性が認められなかったため、試料間比較はノンパラメトリック統計法の Steel-Dwass 多重比較検定を行った。また、それぞれのセラミックス平板の表面粗さと摩耗量の相関分析を行い、回帰係数を求めた。

ビッカース硬さは、ジルコニアが 1,443.5 と有意に高い値を示し、金合金が 220.0 と有意に低い値を示した。

セラミックス平板試料の表面粗さは、粗面において porcelain 平板と LDG ceramics 平板が有意に高い値を示した。研磨面において、porcelain 平板が有意に高い値を示した。すべてのセラミックス平板試料において研磨後に表面粗さの減少が認められた。

摩耗試験は、金合金球状対合試料に対して、粗面においては porcelain 平板が有意に高い値を示し、研磨面においても porcelain 平板が有意に高い値を示した。HP ceramics 球状対合試料に対して、粗面においてはジルコニア平板が有意に高い値を示し、研磨面においては porcelain 平板が有意に高い値を示した。各種セラミックス平板試料の表面粗さと各球状対合試料の摩耗量との間に、それぞれ高い正の相関を認めた。金合金球状対合試料での回帰係数は、porcelain 平板研磨面が最小の 4.5、porcelain 平板粗面が最大の 150.0 を示し、HP ceramics 球状対合試料においては、LDG ceramics 平板粗面が最小の 7.1、ジルコニア平板粗面が最大の 58.6 であった。

SEM 観察では、粗面に対して、金合金球状対合試料と HP ceramics 球状対合試料共に明らかな摩耗部位が認められた。HP ceramics 球状対合試料の滑走痕が、porcelain 平板粗面と LDG ceramics 平板粗面上に観察できたが、ジルコニア平板粗面上には認められなかった。滑走部の拡大像では、金合金球状対合試料は摩耗面辺縁に金属が伸展した像を認めた。またセラミックス平板粗面に対しては、滑走方向に線条痕が観察された。HP ceramics 球状対合試料は、摩耗面辺縁部が不明瞭であり、摩耗面は粗造であった。

ジルコニアは、ビッカース硬さにおいて有意に高い値を示したが、表面粗さにおいては粗面、研磨面共に有意に低い値を示した。これは、ジルコニアは他のセラミック材料に比べ機械的強度が非常に高いため、ダイヤモンドポイントにて研削されなかったと考えられる。これは、ジルコニアの機械的強度が非常に高いため、ダイヤモンドポイントでは研削されにくかったためと考えられた。

摩耗試験において、球状対合試料の摩耗量とセラミックス平板試料の表面粗さの間に高い正の相関が認められ、表面粗さが対合歯の摩耗に影響を及ぼしていることが示唆された。しかし、ジルコニア平板粗面において HP ceramics 球状対合試料の摩耗量は有意に高い値を示したが、表面粗さの値は小さかった。その理由としては、ジルコニアのビッカース硬さは 1,443.5 と使用した材料の中において有意に高い値を示し、HP ceramics のビッカース硬さとの差が大きいことが挙げられる。さらに SEM 観察において、ジルコニア平板粗面には HP ceramics 球状対合試料が滑走した跡は確認できなかった。また HP ceramics 球状対合試料は、金合金球状対合試料と異なりグレーズ処理が行われており、ジルコニア平板粗面によって約 35~40 μm の厚みのグレーズ層が摩耗したことも影響していると考えられる。

一方、porcelain, LDG ceramics および HP ceramics のビッカース硬さの差は比較的小さかったため、porcelain 平板粗面と LDG ceramics 平板粗面では、HP ceramics 球状対合試料による滑走痕が生じたものと考えられた。

HP ceramics 球状対合試料の摩耗量と各種セラミックス平板粗面の表面粗さの回帰係数は、LDG ceramics 平板粗面で最も小さい値を示した。一方、金合金球状対合試料の摩耗量と porcelain 平板粗面の表面粗さの回帰係数は 150 と最も高い値を示した。これらの結果は、摩耗現象が表面粗さと硬さだけではなく、構造密度や結晶構造など多くの要因が関与しているためと考えられた。

また、HP ceramics 球状対合試料のグレーズ層は、滑走摩耗試験の初期段階に損耗されることが示唆された。したがって、セラミック材料の補綴装置への臨床応用に際しては、咬合調整後に適切なシステムを用いて研磨を行うとともに、口腔内に装着した後も、表面性状の変化による摩耗に留意することが重要であることが示唆された。

セラミック材料の表面性状が対合材料の摩耗に及ぼす影響について検討した結果、以下の結論を得た。

1. 金合金球状対合試料の摩耗量は、粗面および研磨面共に porcelain 平板がジルコニア平板、LDG ceramics 平板と比較して有意に高い値を示した。
2. HP ceramics 球状対合試料の摩耗量は、粗面ではジルコニア平板が有意に高い値を示したが、研磨面では porcelain 平板が有意に高い値を示した。
3. すべてのセラミックス平板試料の表面粗さと球状対合試料の摩耗量との間に高い正の相関を認めた。
4. 金合金球状対合試料滑走時には、セラミックス平板試料表面に変化は観察されなかったが、HP ceramics 球状対合試料滑走時において、porcelain 平板と LDG ceramics 平板の表面に滑走痕を認めた。
5. 金合金球状対合試料では、摩耗面辺縁に金属が伸展した像を認め、HP ceramics 球状対合試料では、摩耗面辺縁部が不明瞭であり、摩耗面は粗造であった。