

ワラストナイト系快削性セラミックスの酸処理による 物理的性質に関する研究

廖 文銘, 田中 伸征, 占部 秀徳
佐藤 尚毅, 新谷 英章, 平 雅之*
野村 雄二*, 若狭 邦男*, 山木 昌雄*

The Effects of Acid-treatment on the Physical Properties of Wollastonite-based Machinable Ceramics

Wen Ming Liao, Nobuyuki Tanaka, Hidenori Urabe, Naoki Satou, Hideaki Shintani,
Masayuki Taira, Yuji Nomura, Kunio Wakasa and Masao Yamaki

(平成4年9月28日受付)

緒 言

歯学教育課程においては、天然抜去歯の入手が困難な現状から、代替品となる切削実習用人工歯の改善・開発が急務となっている¹⁻³⁾。著者らは、セラミックス系切削実習用模型歯の開発研究のため、各種快削性セラミックスに着目し、機械的性質と歯科高速切削器械・器具による被削挙動に検討を加えてきた。その結果、ワラストナイト (CaO・SiO₂) 系快削性セラミックス (商品名 Machinax L) がヒトエナメル質代替品として極めて有用なことを報告した⁴⁾。しかしながら、Machinax L はヒト象牙質をかなり上回る硬度を有し、象牙質の被削挙動を模倣することは困難であった⁵⁾。切削実習用人工歯では、同一系素材によって二重構造を有し、エナメル質と象牙質の物理的性質並びに被削挙動を模倣することが望まれている²⁾。

本研究では、ワラストナイト系快削性セラミックスを酢酸緩衝溶液中に浸漬することによりその物理的性質を象牙質に近似した材料に改質することを試みた。具体的には、酸処理溶液中の保管期間がワラストナイト系快削性セラミックスのビッカース硬度、ショアー

硬度、圧縮強度、曲げ強度、ダイアメトラル引張り強度、並びに熱膨張係数に及ぼす影響について検討を加えた。

材料ならびに方法

1. 試料作製

試料としてワラストナイト系セラミックス (マシナックス低密度品, INAX, 愛知) を用いた。メーカーより購入した直方体 (12×12×12 mm)、円柱状体 (φ3×6 mm, φ6×3 mm と φ6×12 mm) と板状体 (3×4×36 mm) 各成形体の表面を、回転研磨装置 (Model L1000, Wingo, 東京) と耐水研磨紙 (#800) を用いて研磨した。試料は所定濃度 2 N, pH=2.20 に調製した酢酸緩衝溶液 (酢酸ナトリウムを蒸留水に溶解した酢酸水溶液) に浸漬し、37°C 恒温槽内に一定期間 (7日間, 14日間) 保管した。

2. 実験方法

1) 硬度の測定

マイクロビッカース硬度計 (HMV-2000, 島津, 京都) とショアー硬度計 (D型, 島津, 京都) を用いて硬度を計測した。ビッカース硬度の測定条件は負荷荷重=200 g, 圧子圧入時間=30秒とした。硬度の測定は5回行い平均値を求めた。

2) 曲げ強度の測定

JIS規格⁶⁾に準拠した板状試片 (3×4×36 mm) をスパン長 30 mm の3点曲げ治具上に置き、クロスヘッ

広島大学歯学部歯科保存学第一講座 (主任: 新谷英章教授)

* 広島大学歯学部歯科理工学講座 (主任: 山木昌雄教授)

本研究の要旨の一部は平成4年6月14日の第25回広島大学歯学会総会において発表した。

ドスピード 0.5 mm/min の万能試験機 (オートグラフ DCS-500, 島津, 京都) によって破断し, 3点曲げ強度 σ_{3b} を以下の式より求めた。

$$\sigma_{3b} = \frac{3PL}{2wt^2}$$

P : 最大荷重 (kg)

L : スパン長 = 30 mm

w : 試料の幅

t : 試料の厚み

3) 圧縮強度の測定

円柱状 ($\phi 3 \times 6$ mm) 試料をクロスヘッドスピード 0.5 mm/min の万能試験機によって破壊し, 圧縮強度 σ_c を以下の式から求めた。

$$\sigma_c = \frac{P}{\pi(d/2)^2}$$

P : 最大荷重 (kg)

d : 試料の直径 (mm)

σ_c の測定は 5 回行い, 平均値を求めた。

4) ダイアメトラル引張強度の測定

円柱状 ($\phi 6 \times 3$ mm) 試片をクロスヘッドスピード 2 mm/min の万能試験機によって破断し, ダイアメトラル引張強度 σ_{IT} を以下の式から求めた。

$$\sigma_{IT} = \frac{2P}{\pi dt}$$

P : 最大荷重 (kg)

d : 試料の直径 (mm)

t : 試料の長さ (mm)

5) 熱膨張係数の測定

円柱状 ($\phi 6 \times 12$ mm) 試料の熱膨張挙動を熱分析装置 Thermoflex (理学, 東京) によって解析した。測定条件は, 昇温速度 = 10°C/min, 加熱温度範囲 = 30°C から 800°C とした。

結 果

図 1 と図 2 にそれぞれ酸浸漬期間がビッカース硬度とショア硬度に及ぼす影響を示した。酸浸漬期間の延長に伴い 2 つの硬度はともに低下したが, ビッカース硬度の低下傾向の方がショア硬度の低下傾向よりも大きかった。

図 3, 図 4 と図 5 にそれぞれ酸浸漬期間が曲げ強度, 圧縮強度と間接引張強度に及ぼす影響を示した。酸浸漬期間の延長に伴い, 3 つの強度は著しく減少することが明らかとなった。

図 6 には, 酸浸漬期間が熱膨張係数に及ぼす影響を示した。酸浸漬期間の延長に伴い, 熱膨張係数は低下し, 14 日間酸浸漬試料の熱膨張係数は負側に転じていた。

Vickers hardness

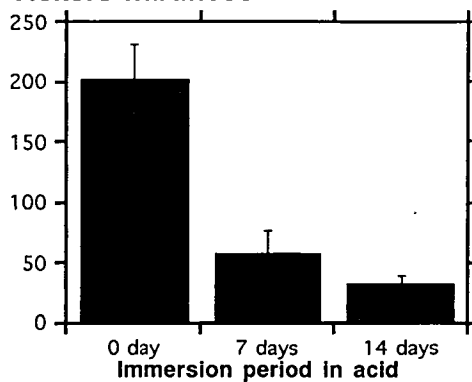


図 1 ビッカース硬度の測定結果。

Shore hardness

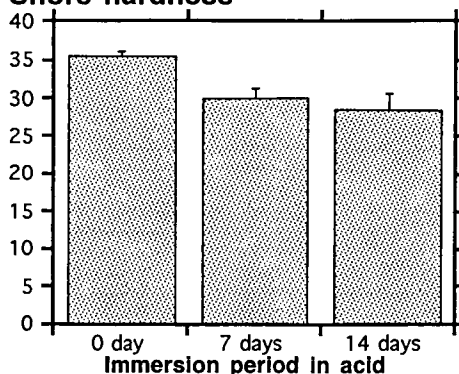


図 2 ショア硬度の測定結果。

Bending strength

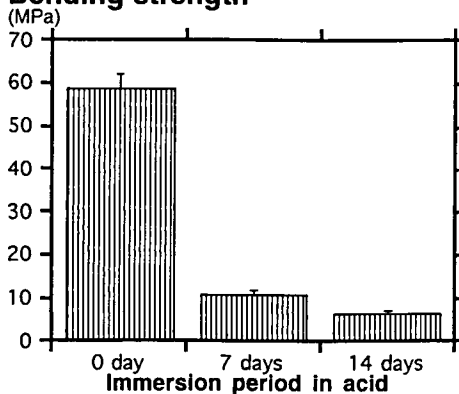


図 3 曲げ強度の測定結果。

考 察

本研究の結果, ワラストナイト系快削性セラミックス (Machinax L) は酸処理によって軟化し, また, 著

Compressive strength

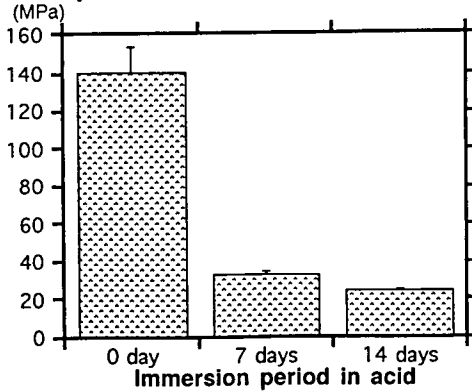


図4 圧縮強度の測定結果.

Diametral tensile strength

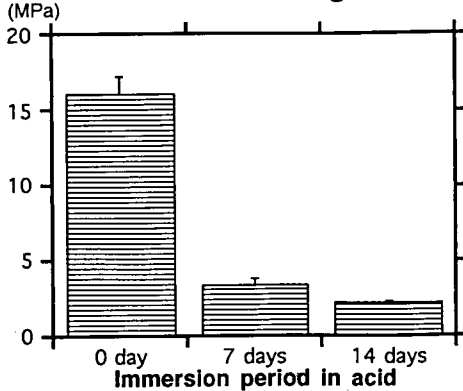


図5 間接引張強度の測定結果.

Thermal expansion coefficient

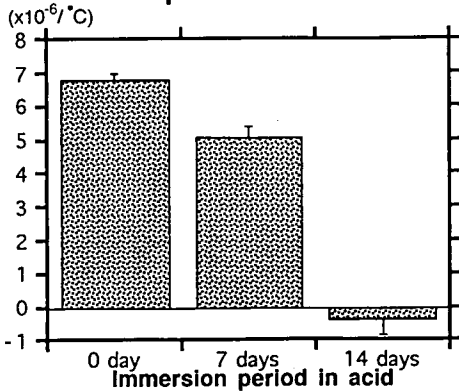


図6 熱膨張係数の測定結果.

しく強度の低下することが判明した。表1にヒト象牙質の物理的性質の文献値⁷⁾を示した。これらの値と本研究で明らかとなった酸処理前後のMachinax Lの値

表1 ヒト象牙質の物理的性質⁷⁾

ビッカース硬度	≈ 約 70
曲げ強度	≈ 約 56 MPa
圧縮強度	≈ 約 280 MPa
間接引張強度	≈ 約 57 MPa
熱膨張係数	≈ 約 $8.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

について、以下に比較・検討を加えた。酸処理前のMachinax Lは、ヒト象牙質と比較すると、3倍以上のビッカース硬度、同程度の曲げ強度、約半分の圧縮強度、1/4程度の間接引張強度そして若干下回る程度の熱膨張係数を有していた。Machinax Lはワラストナイト系針状結晶がからみあい、交点をガラス性焼結(助)材が固着している⁸⁾。内部には多くの気孔(40 vol%)が存在し⁸⁾、実際に外圧を支える部位が少ないため、Machinax Lのバルク強度(圧縮強度や間接引張強度など)が人象牙質の値をかなり下回ったものと考えられる。一方、ビッカース硬度の測定では、圧入されたダイヤモンドの圧子の荷重負荷範囲が極めて小さく、結合部分のみならずワラストナイト系針状結晶自体の硬さが反映され、大きな値を生じたものと思われる。

Machinax Lは微視的にはヒト象牙質より硬く、一方、(巨視的な)バルク体としてはヒト象牙質よりも弱いことが判明した。高速歯科切削では、切削回転器具と被削材との接触部位が局在化されるため、前者の強度の方が切削現象(切削回転器具の損耗など)により大きな影響を与えるものと考えられる。

酸浸漬されたMachinax Lには、ワラストナイト結晶自体の溶解と結合部の溶解が同時に生じ、強度並びに熱膨張係数の低下をもたらしたものと考えられる。7日間の酸浸漬によってヒト象牙質と同程度のビッカース硬さにまで軟化したMachinax Lは象牙質代替切削実習用模型歯として利用可能と考えられる。

今後、酸処理を施したMachinax Lの微細構造観察並びに溶出イオンの分析を行い、酸処理がMachinax Lに及ぼす影響について、さらに詳細な検討を加える必要があると考えられる。

結 論

ワラストナイト系多孔質快削性セラミックス(Machinax L)を酢酸緩衝溶液に(最大14日間)浸漬し、以下の物理的性質に関する知見を得た。

(1) 浸漬期間の延長に伴い、硬さ、機械的強度並びに熱膨張係数が低下した。

(2) 7日間酸浸漬を行ったMachinax Lはヒト象牙質と同程度のビッカース硬度を有し、象牙質代替切削

実習用模型歯として応用可能なことが示唆された。

参 考 文 献

- 1) 山田敏元, 奥谷健一郎, 富士谷盛興, 高津寿一, 細田裕康: 人工歯材料の被切削性試験 第一報 高速切削用定荷重切削試験機の試作とその性能試験および切削器具の摩滅度について. 歯材器誌 **2**, 321-328, 1983.
- 2) 新谷英章: 教育用人工歯について. DE **82**, 30-33, 1987.
- 3) 山木昌雄, 松井 昌: 教育実習用結晶化ガラス (Bioram M) について. 広大歯誌 **19**, 510-511, 1987.
- 4) 田中伸征, 新谷英章, 平 雅之, 若狭邦男, 山木昌雄: 快削性セラミックスの歯科的応用に関する基礎的研究 (第2報) セラミックス・レジン複合体の被削性. 歯材器誌 **9** (特16), 35-36, 1990.
- 5) Tanaka, N., Taira, M., Wakasa, K., Shintani, H. and Yamaki, M.: Cutting effectiveness and wear of carbide burs on eight machinable ceramics and bovine dentin. *Dent. Mater.* **7**, 247-253, 1991.
- 6) 日本規格協会: ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法 R1601. JIS ハンドブック 36 セラミックス. 日本規格協会, 東京, 230-231, 1985.
- 7) Powers, J.M.: Tabulated values of physical and mechanical properties. In *An Outline of Dental Materials and their Selection*, edited by O'Brien, W.J. and Ryge, G.R., W.B. Saunders Co., Philadelphia, U.S.A. 385-408, 1978.
- 8) 後藤泰男, 石田秀輝, 藤沢寿郎: ワラストナイト系マシナブルセラミックスの開発. ファインセラミックス **10**, 27-33, 1989.