

表面處理對牙科陶瓷強度之影響

楊惠雯 呂毓修 林彥璋
廖保鑫 張豐城 周林世珍

牙科陶瓷修復物由於具有良好的審美性以及生物親和性等優點，因此廣泛地被應用在牙科臨床治療上。陶瓷修復物於口內裝戴時，多少均須進行咬合高度或外形的最終調整，而此過程會破壞原本上釉的表面。通常上釉被認為是陶瓷修復物永久黏固前的最終表面處理方式。然而實際臨床操作過程中，可能因進行咬合面或外形等最終調整工作，而須要研磨已上釉之表面。未上釉或研磨過之陶瓷表面除了影響美觀之外，也可能較容易造成牙菌斑的堆積，或造成對咬牙的高度磨耗。上釉、研磨、磨光以及再上釉等不同表面處理方式，除了影響表面性狀之外，也可能改變陶瓷修復物的彎曲強度。本研究的主要目的是要比較上釉、研磨與磨光處理對陶瓷修復物強度的影響，擬尋找出除了再上釉以外，臨床上可簡便操作而又適當的研磨、磨光等表面處理方式。本研究共製成30個試片，分成六組，包括上釉組及使用陶瓷調整組合內的四種研磨及磨光器械再配合鑽石磨膏的五組實驗組。以三點彎曲試驗測試每一處理步驟之後試片表面的彎曲強度，並與上釉組試片作比較。結果顯示，當以此組合內的四種器械完成連續性磨光之後，其強度與上釉組之表面相當（ $P < 0.05$ ）；即使再以鑽石磨膏進行最後磨光處理之後，其所得之強度值仍與上釉組相近（ $P > 0.05$ ）。即不同表面處理方式並不會對牙科陶瓷的彎曲強度造成太大之影響。

關鍵詞：上釉、研磨、磨光、彎曲強度。

牙科陶瓷由於具有良好的美觀特性、化學耐久性（durability）、高壓縮強度及生物親和性（biocompatibility）等優點，因此能克服材料本身易脆特性及低抗張強度（tensile strength）等缺點，而成為常用的贖復材料。然而在臨床實際操作過程中，陶瓷修復物於口內試戴時，不管是在黏固之前或之後，均可能需於診療室內進行外形或咬合高度之調整，而

此調整的過程會磨去原本上釉（glaze）之表面。但一般牙醫師基於減少患者診療次數以及受限於時間、設備等因素，常僅以一些工具進行表面磨光（polish），而未再送回技工室進行再上釉（reglaze）處理。為了得到最理想的外觀與性質，一般認為陶瓷修復物表面最好須經過上釉處理⁽¹⁾。未上釉或研磨（grind）調整過而未經過適當磨光程序的陶瓷表面，除了

較無光澤，影響美觀之外，粗糙的表面可能較容易造成牙菌斑的堆積，進而影響牙周組織的健康⁽²⁻⁵⁾，若使用在咬合面也可能影響對咬牙的磨耗程度^(6,7)，甚至會降低陶瓷修復物的強度^(1,8)。

陶瓷修復物表面的平滑度一直是牙醫師所重視的問題。大部份關於陶瓷之表面處理的研究，都將重點放在比較各種處理方式所造成平滑度的差異⁽⁹⁻¹⁰⁾，然而鮮少報告是研究表面處理方式對陶瓷強度之影響⁽²⁰⁻²²⁾，且目前為止各種表面處理方式對陶瓷修復物強度的影響也尚未有明確的定論。Levy⁽²⁰⁾及Brackett等人⁽²¹⁾之研究則指出不同的表面處理方式對強度並不會造成影響。Rosenstiel等人⁽²²⁾則報告陶瓷在經磨光後之彎曲強度高於上釉的陶瓷。Cook等人⁽²³⁾和Marshall等人⁽²⁴⁾利用壓痕方式 (Indentation method) 及四點彎曲試驗，評估機械傷害 (Machining damage) 對陶瓷強度的影響，結果發現機械加工處理的陶瓷表面較磨光處理的表面可得到較大強度。此結果支持了在機械處理之表面下會有一壓縮應力區域存在，而此區域可防止裂痕的延伸而增加材料之強度的理論。由以上多位學者之研究可以得知，對研磨過之陶瓷表面進行磨光處理是否可達到與上釉相同的效果，會因各研究之評估方式及磨光器械之差異而有不同的結果產生。

本研究之目的乃基於對陶瓷強度之考量下，希望能瞭解目前臨床上一種較常見的磨光器械組合加上鑽石磨膏作連續性表面處理後對牙科陶瓷強度之影響。

材料與方法

本研究採用臨床使用之本體部陶材 (Vintage body porcelain, Shofu Inc., Japan)，利用傳統的瓷粉混合蒸餾水方式製作試片。試片之大小形狀乃模擬臨床瓷金屬融合牙冠之總厚度，1.5mm，及參考有關牙科陶瓷測試規格 (ISO 6872-1984) 之規定，設計為15mm × 6mm × 1.5mm之長方形試片。試片包括三層，即(1)0.4mm厚的燒瓷用鎳鉻合金 (Uni-metal, Shofu Inc., Japan)，(2)0.2mm厚的不透明陶材 (Vintage opaque porcelain, Shofu Inc., Japan)，以及(3)最上層之本體陶材，0.9mm厚。

試片之蠟形製作，利用0.45mm厚的蠟片 (

sheet wax, GC Co., Japan) 加以切割成所須的大小，連接鑄造後，以磷酸結合包埋材 (Uni-vest phosphate-bonded investment, Shofu Inc., Japan) 利用真空包埋機進行包埋，之後再進行去蠟及鑄造之工作。包埋及鑄造過程均依照廠商材料說明書指示進行。鑄造後之合金片去除鑄道後，使用自動研磨機 (Metaserv grinder-polisher, Buehler Ltd., USA) 研磨至0.4mm厚，接著在欲燒瓷面以50 μm之氧化鋁粉末進行噴砂處理，再置於蒸餾水中以超音波洗淨。之後，再於合金片上依次燒上0.2mm厚的不透明陶材，燒成溫度為960°C；及及0.9mm厚的本體陶材，燒成溫度為940°C，試片之預備乾燥、燒成等步驟也依廠商說明書所建議的程序進行。完成素燒 (bisque) 階段後之試片，利用自動研磨機依序以120、240、400及600grit之silicone carbide砂紙研磨表面，研磨時施以400gm之荷重，分別進行30秒。研磨之後於蒸餾水中以超音波洗淨3分鐘，經乾燥後再置於爐內於大氣中進行自動上釉 (autoglaze) 步驟。

30個完成燒成之試片，隨機分成六組，每組各5個試片，分別接受下述之不同的表面處理方式：(1)Group A：對照組，維持試片原本上釉之情形，(2)Group B：以陶瓷調整組合 (porcelain adjustment kit, Shofu Dental Corp., Menlo Park, Calif) 內的白色磨石 (Dura-white stone) 進行研磨，(3)Group C：以白色磨石研磨之後，再以同組合內的 Standard Ceramist point 進行磨光處理，(4)Group D：以白色磨石研磨之後，再依次以 Standard Ceramist point 及 Ultra Ceramist point 進行磨光處理，(5)Group E：同Group D之處理，但再以同組合內的 Ultra II Ceramist point 進行磨光處理，(6)Group F：以同組合內的器械完成連續性磨光處理之後，再以布輪沾取鑽石磨膏 (diamond paste, Ney Co., USA) 進行最後磨光處理。研磨或磨光之方法為使用慢速度手機 (EKL K9, Kavo, Germany)，控制轉速為20000轉/min，且每步驟均進行30秒。器械進行之方向保持與試片之長軸平行，採單一方向重複研磨及磨光。在完成每一表面處理步驟之後，均需將試片置於蒸餾水中以超音波洗淨，以便進行彎曲強度之測試。

彎曲強度之測試方法為使用萬能試驗機 (Universal testing machine, AG-1000E,

Shimadzu, Japan) 進行三點彎曲試驗 (three-point flexural test), 測試試片經不同表面處理步驟後的彎曲強度 (flexural strength)。測試方法為將試片之瓷面向下, 置於試驗機的二支承軸上 (軸間距為1), 使用50kg之load cell, 以crosshead speed 2mm/min的速率, 由金屬面中央施以荷重 (P) 直至試片破折為止 (Fig.1)。計算公式如下:

$$S = \frac{3 P l}{2 b d^2}$$

其中S為彎曲強度 (單位: MPa), P為破折時的最大荷重, b為試片之寬度, d為試片之厚度。

以上各項測試所得之數據以單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 及杜凱氏事後比較法 (Tukey's posterior comparison) 進行統計分析處理, 針對不同表面處理步驟所造成的影響加以分析比較。

結 果

30個試片分組接受上釉與不同之研磨及磨光處理步驟後的彎曲強度值列於表1。由數據顯示, 完成全程磨光處理之試片組 (Group F) 其平均彎曲強度值高於上釉組試片 (Group

A), 但此二組間之差異並不具有統計上之意義 ($P < 0.05$)。以白色磨石研磨後之試片 (Group B), 其平均彎曲強度值 (81.6 ± 13.5 MPa) 為六組當中最小的, 與Group A (140.9 ± 39.7 MPa) 或Group F (150.3 ± 10.4 MPa) 間均具有顯著差異 ($P < 0.01$); 但與Group C、D、E各組間則不具統計學上之意義。

此結果意謂著研磨處理會造成陶瓷表面強度的降低, 但若經過磨光處理之後, 其強度值有增高的趨勢。以陶瓷調整組合內的器械完成連續性磨光之後的試片 (Group E), 其強度值雖仍低於上釉組試片, 但二組間之差異並不具有統計上之意義。另外, 當試片再以鑽石磨膏作最後磨光處理之後 (Group F), 其強度值較Group E增高了許多, 然而, 此增加之程度也不具有顯著差異 ($P > 0.05$)。

討 論

在力學測試方面, 雙軸彎曲測試 (bi-axial flexural test)、直徑抗張測試 (diametral tensile test)、四點彎曲測試 (four-point flexural test) 及三點彎曲測試等都曾被用來評估牙科一些易脆 (brittle) 材料之強度, 而待測試片之形狀也有長條狀、圓柱狀或圓盤狀

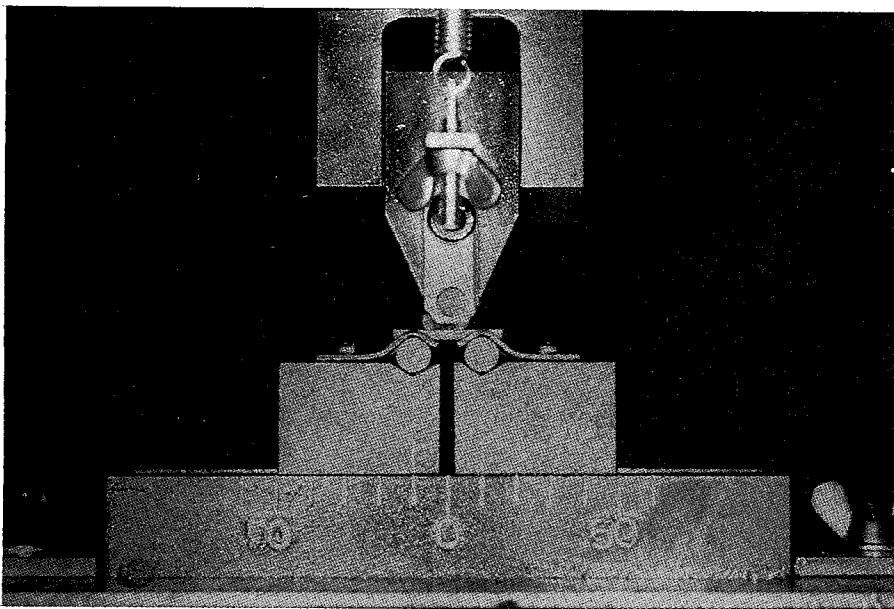


Fig. 1. 以三點彎曲試驗測試試片之彎曲強度

等⁽²⁵⁾。彎曲測試的主要優點在於能在試片之下表面產生單純的張力 (pure tension)，而不似直徑抗張測試可能會產生複雜的應力分布，導致多種形式之破折。對易脆材料而言，一般認為抗張強度遠低於抗壓強度，故抗張強度乃是用來決定牙科修復物失敗潛在可能性的重要性質之一，因此本研究選擇三點彎曲測試進行陶瓷強度試驗。

在表1中，試片經過一連串連續性磨光之後，其彎曲強度由 140.9 ± 39.7 MPa (Group A) 提高到 150.3 ± 10.4 MPa (Group F)，此項增加雖不具有統計上之差異，但卻是表示試片經過適當的連續性磨光處理之後，其強度會較原本上釉之強度增加6%。而Giordano等人⁽²⁶⁾於1994年之研究也指出連續性磨光處理可大大改善長石陶瓷 (feldspathic porcelain) 之彎曲強度多達22%。雖然Giordano等人之研究所使用之磨光方法與本研究不同，但都證實了磨光處理可提高或獲得與上釉相近之強度。至於為何磨光處理可提高強度，其可能原因為研磨及磨光處理可除去陶瓷於製作過程中存在於表面之小缺陷 (defect)，如裂紋 (flaw) 或裂痕 (crack) 等，以增加彎曲強度並產生一壓縮殘留應力 (compressive residual stress)⁽²⁸⁾。Brackett等人⁽²¹⁾於1986年之研究則以一特殊上釉方式 (稱為Vitachrom "L" No. 725) 造成陶瓷表面“過度上釉” (overglaze) 之情形，其結果指出過度上釉之陶瓷其彎曲強度明顯高於自動上釉 (autoglaze) 或上釉後再磨光之陶瓷。其原因可能是“過度上釉”具有流入陶瓷表面裂紋並填補裂紋之能力，以避免當陶瓷受到應力時，這些裂紋會變成破折之起始點，即“過度上釉”之作用可能是作為一

種封劑 (sealant)。因此，牙科陶瓷表面之裂紋對決定陶瓷之強度扮演著重要角色。當除去這些表面裂紋或降低其數目及大小時，可發現強度明顯增加。根據1965年McLean及Hughes二位學者之研究可知上釉陶瓷之強度明顯大於未上釉之陶瓷，此乃因上釉能有效減少陶瓷表面之裂痕；且指出若研磨掉原本上釉之表面，其彎曲強度會降為上釉之一半⁽⁸⁾。在本研究中，我們也發現研磨後之陶瓷試片 (Group B)，其彎曲強度值較上釉組 (Group A) 降低了42%。但一旦進行磨光處理之後，其強度則有明顯之增加。

由本研究可知，若使用目前臨床這套常用的陶瓷調整組合對陶瓷修復物進行連續性磨光處理之後，所得之強度與上釉組之強度並無明顯差異，而若緊接著再以鑽石磨膏作最後磨光處理，雖可造成強度的再度增高，但仍與上釉組之間無顯著差異。而呂毓修等人⁽²⁷⁾對陶瓷表面粗度之研究也是使用相同的陶瓷調整組合進行表面處理，其結果指出完成連續性磨光處理之後，其表面粗度仍較上釉之表面粗糙，但若再以鑽石磨膏作最後磨光處理，則所得之粗度值與上釉組相近。因此，鑽石磨膏在本研究中所扮演之角色不若在粗度方面來得重要。由此結果亦可知，研磨處理確實會造成陶瓷修復物強度之明顯降低，但只要經過適度的磨光處理，就可彌補此項缺憾。因此，不同的表面處理方式對陶瓷修復物的強度影響不大。此項結果對臨床是非常重要的，它意味著陶瓷修復物於調整研磨後，破壞了原本上釉之表面，而此項步驟會使陶瓷之強度顯著降低，必需經過適當磨光處理才不會造成強度降低，而導致修復物早期失敗。

表1. 試片經不同表面處理步驟之後的彎曲強度值

	N	Mean (MPa)	SD (MPa)
Group A	5	140.9	39.7
Group B	5	+81.6*	13.5
Group C	5	117.3	15.6
Group D	5	120.8	14.9
Group E	5	115.8	17.1
Group F	5	+150.3	10.4

N, 試片數目; Mean, 平均值; SD, 標準偏差

* 具組間差異之組, $P < 0.01$

參考文獻

1. McLean JW. Science and Art of Dental Ceramics, Vol. I. The Nature of Dental Ceramics and their Clinical Use. Quintessence Publishing Co, Berlin, 1979.
2. Podshadley A, Harrison JD. Rat connective tissue response to pontic materials. *J Prosthet Dent*, 16: 110-118, 1966.
3. Henry PJ, Johnston JF, Mitchell DF. Tissue changes beneath fixed partial dentures. *J Prosthet Dent*, 16: 937-947, 1966.
4. Stein RS. Pontic residual ridge relationship: a research report. *J Prosthet Dent*, 16: 251-285, 1966.
5. Clayton JA, Green E. Roughness of pontic materials and dental plaque. *J Prosthet Dent*, 23: 407-411, 1970.
6. Monasky GE, Taylor DF. Studies on the wear of porcelain, enamel and gold. *J Prosthet Dent*, 25: 299-306, 1971.
7. Harrison A. Wear of combinations of acrylic resin and porcelain on an abrasion testing machine. *J Oral Rehabil*, 5: 111-115, 1978.
8. McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxide. *Brit Dent J*, 119: 251-267, 1965.
9. Sulik WD, Plekavich EJ. Surface finishing of dental porcelain. *J Prosthet Dent*, 46: 217-221, 1981.
10. Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus autoglazed porcelain surfaces. *J Prosthet Dent*, 47: 157-162, 1982.
11. Raimondo RL, Richardson JT, Wiedner B. Polished versus autoglazed dental porcelain. *J Prosthet Dent*, 64: 553-557, 1990.
12. Patterson CJW, McLundie AC, Stirrups DR, Stat DA, Taylor WG. Refinishing of porcelain by using refinishing kit. *J Prosthet Dent*, 65: 383-388, 1991.
13. Schlissel ER, Newitter DA, Renner RR, Gwinett AJ. An evaluation of post adjustment polishing techniques for porcelain denture teeth. *J Prosthet Dent*, 43: 258-265, 1980.
14. Newitter DA, Shlissel ER, Wolff MS. An evaluation of adjustment and post adjustment finishing techniques on the surface of porcelain-bonded-to-metal crowns. *J Prosthet Dent*, 48: 388-395, 1982.
15. Zalkind M, Lauer S, Stern N. Porcelain surface texture after reduction and natural glazing. *J Prosthet Dent*, 55: 30-34, 1986.
16. Scurria MS, Powders JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. *J Prosthet Dent*, 71: 174-177, 1994.
17. Smith GA, Wilson NHF. The surface finish of trimmed porcelain. *Br Dent J*, 151: 222-224, 1981.
18. Bessing C, Wiktorsson A. Comparison of two different methods of polishing porcelain. *Scand J Dent Res*, 91: 482-487, 1983.
19. Goldstein GR, Barnhard BR, Penugonda B. Profilometer, SEM, and visual assessment of porcelain polishing methods. *J Prosthet Dent*, 65: 627-634, 1991.
20. Levy H. Effect of laboratory finish techniques on the mechanical properties of dental ceramics. *Int Dent J*, 69: 1039-1045, 1987.
21. Brachett S, Leary J, Turner K. An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. *J Prosthet Dent*, 61: 446-451, 1989.
22. Rosenstiel S, Baiker M, Jonston W. A comparison of glazed and polished dental porcelain. *Int J Prosth*, 6: 524-529, 1989.
23. Cook RF, Lawn BR, Dobbs TP, Chantikul P. Effect of machining damage on

- the strength of a glass-ceramic. *J Am Ceram Soc*, 64: 121-122, 1981.
24. Marshall DB, Evans EG, Khuri-Yakub BT, Tien TW, Kino GS. The nature of machining damage on brittle materials. *Proc R Soc Lond Ser A*, 385: 461-475, 1983.
25. Ban S, Anusavice KJ. Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J Dent Res*, 69: 1791-1799, 1990.
26. Giordano RA, Campbell S, Pober R. Flexural Strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. *J Prosthet Dent*, 71: 468-472, 1994.
27. 呂毓修、楊惠雯、黃明發。上釉、研磨及磨光處理對牙科陶瓷表面性質的影響。中山醫學雜誌，6：1-7，1995。

Effect of Surface Treatment on the Strength of Dental Porcelain

Hui-Wen Yang, Yuh-Shiou Lu, Yann-Jang Lin, Pao-Hsin Liao
Feng-Cheng Jang and Lin Shih-Shen Chou

Ceramics due to their high esthetics and biocompatibility, are increasingly a material of choice for dental restoration. Traditionally glazing has always been advocated as the final surface treatment before cementing the restoration permanently. However, in clinical practice it is occasionally necessary to modify the occlusal relationships and contour of ceramic restorations. A break in the glazed surface of a restoration need not be ignored. Besides the esthetic factor, unglazed or grinded porcelain surface tend to accumulate plaque, abrade opposing occlusal surfaces. Various surface treatment, such as glazing, grinding, polishing and reglazing may have effect on the surface texture, they may also change the strength of ceramic restorations. The purpose of this study was to compare the effect of grinding, polishing and glazing on the strength

of the ceramic restorations, in order to recommend an efficient and effective sequence for the polishing of the ceramic restorations which have had their glazed surface altered. Six groups, each consisting of five specimens were subjected to glazing, polishing sequences of a porcelain adjustment kit (Shofu) and a diamond polishing paste (Ney) treatment. The surfaces following each treatment were evaluated for average flexural strength with a three-point flexural test. A one-way ANOVA and Tukey's posterior comparison tests identified no significant difference is found in the resulting flexural strength value between the glazed group (140.9 ± 39.7 MPa) and the other polishing groups ($P > 0.05$) in this study. Surface treatments have less effects on the flexural strength of dental porcelain.

Key words: glazing, grinding, polishing, flexural strength