應用快速鑄造技術鎳鉻合金鑄造物之邊緣密合度

燕敏[1*] 楊春全[2] 高嘉澤[3] 高橋英和[4]

摘 要

目的：本研究探討使用不同快速加熱型磷酸鹽系包埋材時，鎳鉻合金鑄造物之邊緣密合度。

方法：實驗選用四種市售快速加熱型磷酸鹽系包埋材(Degussa GF, Fujivest II, Maruvest-SPEED and Z4 C&B)，測試包埋材的凝固膨脹與熱膨脹率，並測量使用不同包埋材進行包埋、鑄造的鎳鉻合金鑄造物的邊緣差異。

結果：實驗結果顯示，使用75%專用液的Degussa GF在凝固後20分鐘時的凝固膨脹率為1.28%，明顯大於其他的包埋材之結果；四種快速加熱型包埋材的熱膨脹率為1.23至1.71%。在鑄造物適合性方面，所有鎳鉻合金鑄造物邊緣都稍微增大，尤其以100%專用液的Maruvest-SPEED之邊緣差異最大(255 μm)。各包埋材均使用75%專用液時，Fujivest II、Maruvest-SPEED及Z4 C&B的鑄造物密合度明顯優於Degussa GF的結果，當Maruvest-SPEED使用75%專用液後邊緣密合度明顯改善，邊緣差異減少了83%。

結論：適當調整包埋材的專用液濃度可以改善鑄造物的邊緣密合度。

關鍵詞：邊緣密合度、快速鑄造技術、磷酸鹽系包埋材

[1] 中山醫學大學口腔醫學院 口腔生物暨材料科學研究所
[2] 寶鈺生技股份有限公司 牙模事業部
[3] 中山醫學大學口腔醫學院 牙醫學研究所
[4] 東京醫科齒科大學 大學院齒學総合研究科 口腔機能再構築學系專攻摂食機能保存學講座 先端材料評價學分野
* 通訊作者：燕敏
通訊地址：40201台中市南區建國北路一段110號
聯絡電話：04-24718668 分機 55523
電子信箱：yan@csmu.edu.tw

前　言

1970年代以後在歐美開發了牙冠、牙橋鑄造用鎳鉻合金，應用於陶瓷-金屬融合冠(Porcelain Fused to Metal, PFM)及義齒基底，在日常的臨床牙技作業中是使用磷酸鹽系包埋材作爲鎳鉻合金的高溫鑄造用包埋材。與石膏系包埋材相比磷酸鹽系包埋材在組成上具有多樣性，因結合劑爲非石膏材料，使包埋材的耐熱性質提昇，在加熱過程中包埋材的體積增加比較緩和近似線性，且凝固膨脹和熱膨脹可以依據包埋材專用液的濃度多寡作適當的調整。

二十世紀90年代，國外爲了應對牙技製作的迅速化、提昇工作效率及節省能源，研發出快速鑄造技術，暨減少牙科鑄造作業時間的快速加熱型包埋材料，如：用於鑄造低、中熔合金的快速加熱型石膏黏合劑包埋材料以及使用於高熔點的瓷金融合用合金(熔點1000℃以上)的快速加熱型磷酸鹽系包埋材。現在此類快速加熱型包埋材料已經被廣泛應用於牙技作業，使牙科鑄造作業時間從數小時減少到1小時以內。近年來快速加熱型磷酸鹽系包埋材商品很多，其中部分包埋材料開始加熱的時間進一步提前，即是將開始調拌包埋材，包埋材硬化，到開始加熱之前的時間從30分鐘縮短爲20分鐘。一些研究報告指出：快速加熱型磷酸鹽系包埋材具有凝固反應速度快、凝固膨脹較大，其他性質則與傳統型的包埋材無明顯的差異[1-3]，鑄造物的物性沒有明顯的缺陷，在適合性上也與傳統型無差異[4,5]，但是也有文獻指出使用快速加熱型磷酸鹽系包埋材鑄造瓷金融合冠用金合金，雖然適合性與傳統型無差，可是其鑄件的適合性仍有改善的空間[6]，此外，若使用高濃度的專用液，並以無金屬環包埋鑄造時，鑄型有破損的風險[3]。

本研究目的是使用四種快速加熱型磷酸鹽包埋材，鑄造瓷金融合冠用鎳鉻合金，測量鎳鉻鑄件的尺寸精密度，探討快速加熱型磷酸鹽包埋材鑄造鎳鉻鑄造物之適合性及專用液體濃度對於包埋材的凝固膨脹和熱膨脹率之影響。

材料與方法

包埋材料與加熱方式

表一爲實驗使用的四種專用快速加熱型磷酸鹽系包埋材料，包埋材的液粉比(Liquid / Powder ratio, L/ P)及廠商所提示的包埋材之凝固膨脹與熱膨脹率。依據鑄造物爲瓷金融合冠用鎳鉻合金，實驗用包埋材的專用液濃度按照廠商推薦的濃度配製(表二)，以原有專用液之濃度爲100%，75%溶液則是在專用液中添加25%去離子水混合後的溶液。

爲了研究包埋材專用液濃度對包埋材的凝固膨脹與熱膨脹的影響，在MSD包埋材方面除使用100%溶液的MSD之外，另增加一實驗組即使用75%溶液的MSD，用於測量凝固膨脹與熱膨脹率。

依據各廠商的指示，進行各種包埋材的調拌及加熱(表二)，各包埋材的加熱方式均採用快速加熱方式。

凝固膨脹(Setting expansion)

將調拌好的包埋材料倒入金屬圈容器

表一：實驗用四種快速加熱型磷酸系包埋材

Code	Brand	Manufacturer	L /P	Concentration of mixing liquid (%)	Setting expansion (%)	Thermal expansion (%)
DGF	Degussa GF	Degussa, Germany	0.22	100 75	1.15 0.90	1.25 1.10
F II	Fujivest II	GC, Belgium	0.22	100	2. 3	1.0
MSD	Maruvest-SPEED	Megadental, Germany	0.22	100 75	1.6-1.8 0.7-1.0	1.2 1.2
ZCB	Z4 C&B	Neirynck & Vogt, Belgium	0.24	-	-	-

表二：按照廠商指示各磷酸系包埋材的專用液濃度、調拌方法及加熱方式

Code	Concentration of mixing liquid (%)	Mixing (sec)		Setting period (min)	Highest preheating Temp. and hold time (ºC; min)
		By hand	Vacuum		
DGF	75	30	30	20	850; 30
F II	75	15	60	20	900; 40
MSD	100	10	60	30	850; 30
ZCB	90	10	50	30	850; 30

(直徑30mm×高40mm)中，利用凝固膨脹測量裝置(Dial indicator, Mitutoyo, Tokyo, Japan)測量材料在凝固過程中長度上的尺寸變化，測量時間是從包埋材粉液混合後的第3分鐘開始連續每分鐘測量一次至第60分鐘爲止，各種包埋材以同樣的方法分別測量3次(N＝3)。

熱膨脹(Thermal expansion)

製作圓柱形(直徑6mm×高12mm)試片，在各包埋材凝固後第20分鐘或30分鐘時，使用熱膨脹儀器(A-010, Japan Void Co., Tokyo, Japan)進行快速加熱，升溫速率以20℃/min從室溫加熱至最高溫度850℃或900℃，之後保溫30分鐘或40分鐘，並利用熱膨脹儀器上的數字顯示器(Dial indicator) 記錄試片在加熱過程中的長度變化，求出熱膨脹率 (%)，各種包埋材分別測量3次(N＝3)。

鑄造物的邊緣密合度(Marginal fit of casting)

使用矽膠印模材(Examixfine, GC, Tokyo, Japan)將金屬模型(Metal die)複製成超硬石膏牙模型(Fujirock EP, GC, Tokyo, Japan) (圖一)，使用牙科嵌體蠟(Inlay wax medium, GC, Tokyo, Japan)在石膏牙模型上，製作30個牙冠蠟型(Wax pattern)用於6種不同的包埋材條件，每組5個蠟型試片。經過24小時保管後，使用光學顯微鏡(BH 2UMA,

Olympus, Japan)及分析軟體(Image-Pro Plus version 4.5.1; Media Cybernetics Inc., USA)，在每個牙冠蠟型的牙齦邊緣(Margin)，選擇三個相互間隔90度角的測量部位作爲測量點，測量蠟型邊緣垂直於石膏模型肩台(Shoulder)對應點的距離(Gap)(圖一)，分別測量三次求出其平均數值。



圖一：模型與蠟型，以及邊緣差異示意圖

爲了探討包埋材專用液濃度對鑄造物邊緣密合度的影響，在鑄造物的邊緣密合度實驗中，四種快速加熱型磷酸鹽系包埋不僅使用了廠商推薦的專用液濃度，而且在MSD和ZCB還使用了75%的溶液。鑄造操作是用內襯0.7mm緩衝材料(Muffelringeinlage, Servo-dental, Hagen, Germany)的金屬圈(直徑30mm×高40mm)將蠟型包埋，依據各廠商的指示進行加熱，即包埋材在調拌後，凝固20或30分鐘時直接放入預先加熱至最高溫度的850℃或900℃電爐內，加熱時間爲30分鐘或40分鐘，之後利用高周波鑄造機鑄造(3KWCCM, Li-Hsin, Taipei, Taiwan)。鑄造合金爲鎳鉻合金(α- alloy, Yata Dental, Osaka, Japan)，待鑄型完全冷卻後取出鑄件，對鎳鉻鑄件表面進行噴砂處理，再以超聲波去離子水洗淨。

再以測量蠟型同樣的方法，測量鑄造物邊緣至石膏模型肩台的垂直距離求出平均數值，與蠟型的尺度作比較，鑄造物大的爲“正”，計算出鑄造前後及蠟型至鑄件的變化量作爲鎳鉻鑄造物的邊緣差異。

統計分析

對於上述四種包埋材料在使用不同濃度專用液條件下，包埋材的凝固膨脹、熱膨脹率以及鎳鉻合金鑄件的適合性之結果，統計方法使用單向變異係數分析法(One-way ANOVA)，之後以Tukey's test事後比較，顯著差異訂爲$p<0.05$進行統計分析。

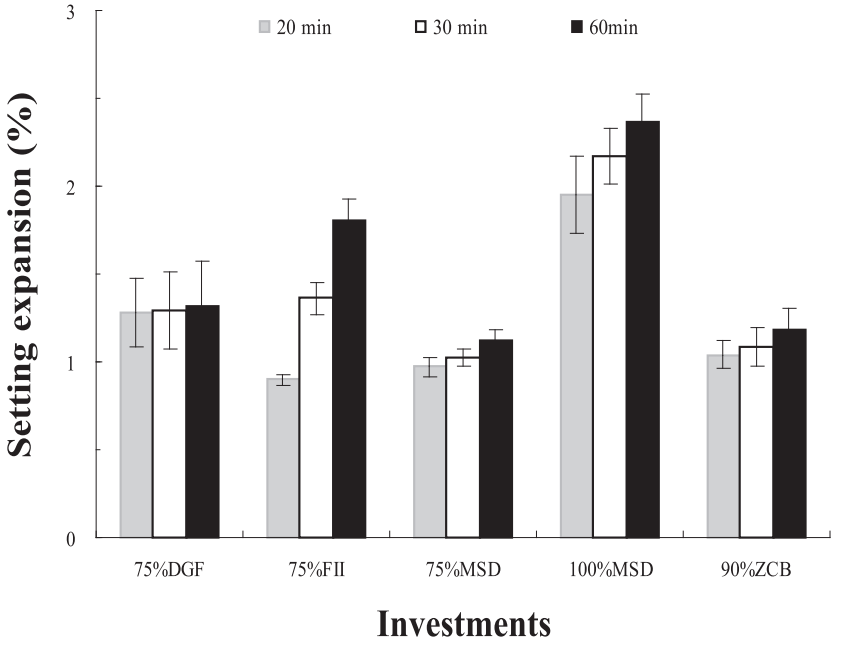
結　果

凝固膨脹

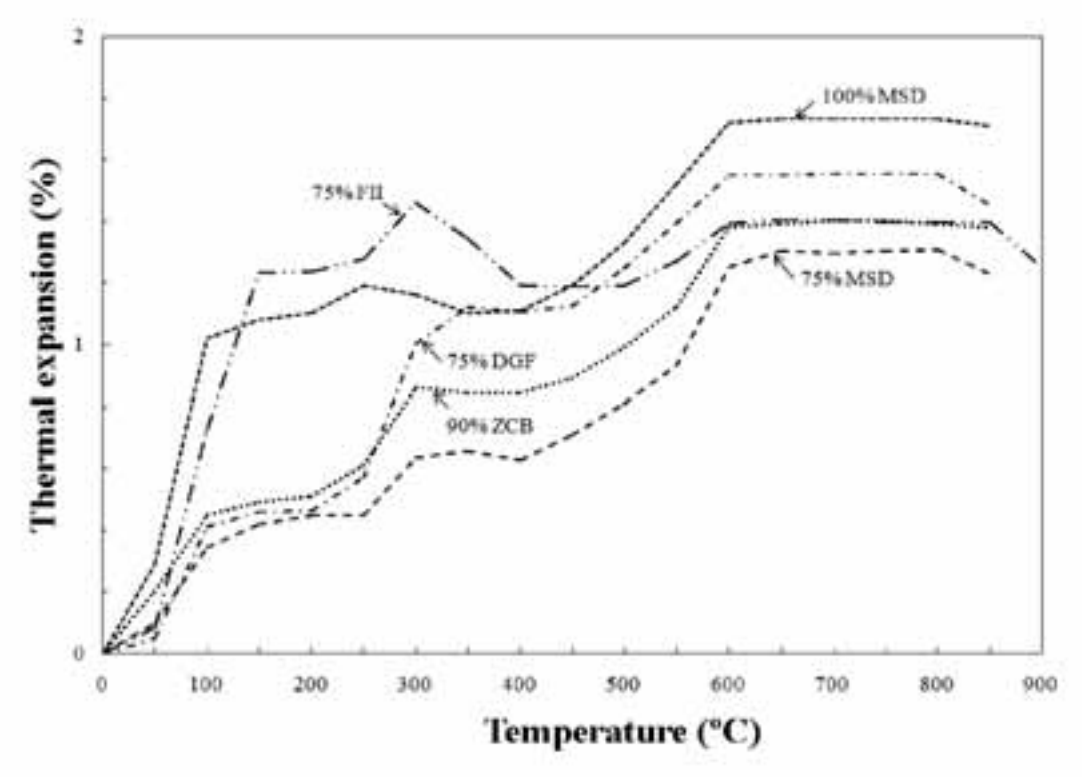
圖二爲各種快速加熱型磷酸系包埋材60分鐘內的凝固膨脹率，結果顯示按照廠商推薦以75%專用液的DGF在凝固後20分鐘時的凝固膨脹率爲1.28%，明顯大於FII的凝固膨脹率0.9%($p<0.05$)；使用100%專用液的MSD在30分鐘時的凝固膨脹率爲2.17%，也顯著大於使用90%專用液的ZCB的1.08%($p<0.05$)。各包埋材隨著時間的變化凝固膨脹量有增加的傾向，其中以FII的膨脹率增加的速度及幅度最大，在20與30分鐘時的凝固膨脹率存在著明顯的差異($p<0.05$)，但在DGF各時期的凝固膨脹量變化很少且無差異性。在MSD方面使用的專用液濃度愈高，凝固膨脹率愈大，使用100%專用液的凝固膨脹率爲最大值。

熱膨脹

圖三爲各快速加熱型磷酸系包埋材的熱膨脹曲線，當溫度上升到50至100℃附近時，各包埋材的熱膨脹曲線均有明顯的上升，尤其是FII與100%專用液的MSD曲線上升幅度較大，之後在200至300℃以及550至600℃附近時，各包埋材展示出因白矽土(Cristobalite)與石英(Quartz)自身的晶相變態，使膨脹曲線產生快速升高的現象。MSD的熱膨脹結果如表三顯示，包埋材的熱膨脹率隨著專用液的濃度升高而增加，以100%專用液MSD的最終熱膨脹率爲1.71%，明顯大於使用75%專用液的結果1.23%有統計學上的顯著差異($p<0.05$)。



圖二：各種包埋材的凝固膨脹率



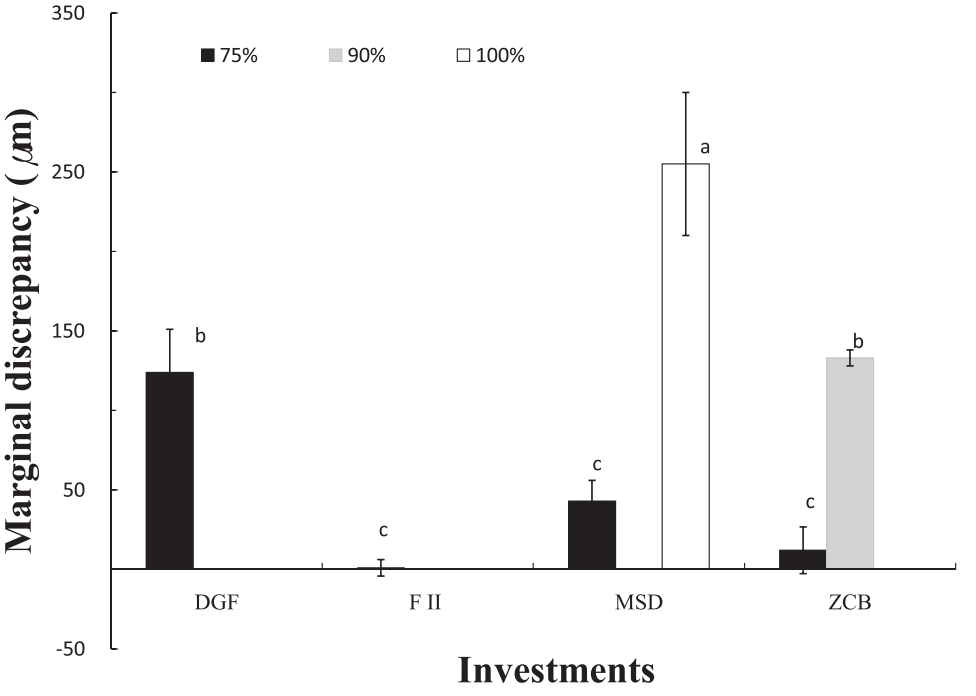
圖三：各種包埋材的熱膨脹曲線

表三：各磷酸系包埋材的熱膨脹與總膨脹率

Code	Concentration of mixing liquid	Thermal expansion	Total expansion
	(%)	(%)	(%)
DGF	75	1.45 ± 0.10	2.73*
FII	75	1.25 ± 0.13	2.15*
MSD	100	1.71 ± 0.01	3.88**
	75	1.23 ± 0.07	2.25**
ZCB	90	1.38 ± 0.08	2.46**

Mean ± S.D.

*: at 20 minutes after setting period; **: at 30 minutes after setting period.



圖四：鎳鉻合金鑄造物的邊緣密合度

Different letters indicate statistically significant difference at 5% ($p < 0.05$)

鑄造物的邊緣密合度

經使用不同包埋材快速加熱、鑄造所得鎳鉻鑄造物的表面未發現到有明顯的鰭狀突起樣的鑄造缺陷，圖四爲邊緣密合度實驗之結果，鑄造物的邊緣密合度顯示不管使用哪種包埋材或專用液濃度，經過快速加熱鑄造之鑄造物的尺度都變大，尤其是以廠商推薦的100%專用液的MSD包埋材所得鑄造物的邊緣密合度表現最差，邊緣差異爲255μm；而以75%專用液的FII之鑄造物的邊緣差異最小爲1μm。在MSD與ZCB方面，二者使用75%低濃度專用液的邊緣差異爲43μm與12μm，明顯少於使用100%或90%高濃度的結果，經統計分析專用液的濃度對於MSD與ZCB鑄造物的邊緣密合度有顯著的影響($p < 0.05$)。此外，各包埋材同樣使用75%專用液時，DGF的邊緣差異較大，明顯大於MSD、FII及ZCB鑄造物的結果($p < 0.05$)，而在後三者間沒有統計學的差異($p > 0.05$)。

討　論

過去的研究報告指出：快速加熱型磷酸鹽系包埋材的專用液即矽膠溶液的濃度愈高，其膨脹率愈大[3,4]，在本研究中MSD包埋材凝固膨脹測試的結果顯示有相同的結果。不管專用液使用何種濃度四種快速加熱型包埋材料的早期凝固膨脹量均較大，即在凝固後20或30分鐘時FII在加熱前的凝固膨脹量已經達到60分鐘時的三分之二程度，之後隨包埋材的硬化反應

仍持續明顯增加；而其他三種材料在20或30分鐘時的凝固膨脹量已接近最大程度，隨後的變化幅度較小。一般包埋材料的凝固膨脹主要產生於結合劑在硬化過程中的結晶成長，隨著包埋材的硬化反應過程凝固膨脹率會逐漸增大。先前的文獻也指出快速加熱型包埋材使用100%專用液時包埋材從調拌開始至經過2小時後的凝固膨脹持續增加，但使用低濃度即50%專用液時的包埋材，在凝固30分鐘後其膨脹率便無明顯變化[3,4]，本研究使用的專用液濃度雖然大於50%，但DGF的凝固膨脹率值也表現有類似的情形，這可能是因爲包埋材在組成上存在著些微的差異的結果。此外，本實驗中DGF與MCD測得的凝固膨脹率較大於廠商所提供的數值，考慮原因可能是由於快速加熱型的凝固膨脹量較大，測試時鑄造圈僅內襯一層0.7 mm緩衝材料，無法完全吸收直徑方向的膨脹，使其膨脹轉化爲垂直方向即試片的長度上的結果。

在本研究中無論是使用哪種包埋材料或專用液濃度，包埋材料的熱膨脹曲線均表現出快速加熱型特有的快速膨脹特點，即低溫時就有較大的熱膨脹，可能是包埋材中存在著某些膨脹因素或持續的凝固膨脹結果與硬化膨脹相同，MSD使用高濃度專用液的熱膨脹較大於低濃度的結果，除了100%專用液的MSD的結果以外，各包埋材的熱膨脹率間沒有顯著的差異，90%的ZCB雖然使用濃度高的溶液，但最終熱膨脹卻小於75%的DGF之結果，因此考慮爲包埋材的熱膨脹量不僅受專用液濃度的影響，也會受到材料內部的組成、耐火材顆粒大小及粒度分布等因素的影響[3]。文獻報告指出加熱裝置及加熱速率會影響磷酸鹽系包埋材的熱膨脹量[7]，本實驗中DGF與MCD測得的熱膨脹較大於廠商所提供的數值，考慮可能是加熱方式的不同所造成的結果。

有關鑄造物的邊緣密合度，實驗選用瓷金融合冠的鎳鉻合金爲鑄造物材料，按照廠商指定的包埋材專用液體濃度進行了鑄造，利用光學顯微鏡及分析軟體測量全牙冠邊緣部的密合度，實驗結果顯示按照廠商指示的專用液濃度鑄造之鎳鉻鑄件的邊緣密合度，除FII以外，其他三種快速加熱型磷酸鹽係包埋材的鑄造物體均呈現過大，牙冠邊緣差異大於124-255μm，從四種包埋材的總膨脹量(凝固膨脹與熱膨脹之和)結果於表三可以找到原因，按照廠商推薦的專用液濃度所得到DGF、MSD及ZCB的總膨脹率均較大於鎳鉻合金的鑄造收縮率(2.3%)[8]，並且專用液的濃度對於MSD與ZCB鑄件的邊緣差異有顯著的影響，與先前的文獻結果一致[3]。包埋材在凝固及加熱時的膨脹主要是用於補償金屬鑄造時產生的收縮，但如果包埋材料的膨脹量過大，適得其反也會導致鑄件的邊緣密合度不佳。本實驗結果證實將MSD的專用液調整成75%後，75%MSD的總膨脹率約爲2.3%，正好等於鎳鉻合金的鑄造收縮率，其鑄造物之邊緣差異從255μm減少到43μm；同樣在ZCB方面使用75%溶液後，所得鑄造物之邊緣差異也從133μm減少到12μm，接近於臨床較理想的適合值(25μm) [9]，鑄造物的邊緣密合度明顯改善。因此，對於

MSD與ZCB而言，適當降低專用液之濃度可減少包埋材之膨脹量，進而得到較好的鑄造物邊緣密合度，本研究建議使用快速加熱型磷酸鹽系包埋材料時，應考量所使用之金屬種類，再行調整專用液濃度，以達到完美的邊緣密合度。

結　論

本研究探討使用四種快速加熱型磷酸鹽系包埋材時，瓷金融合冠用鎳鉻合金鑄造物體的邊緣密合度，得出以下結論：四種快速加熱型磷酸鹽系包埋材按照廠商推薦之專用液濃度，所鑄造出的鎳鉻合金鑄件邊緣差異都有變大的傾向，使用MSD與ZCB包埋材時適當地調整其專用液濃度，可使鑄件獲得較爲良好的邊緣密合度。

致　謝

本研究獲中山醫學大學校內研究計畫補助(CSMU96-OM-B-002)，特此致謝。

參考文獻

1. Campagni WV, Majchrowicz M. An accelerated technique for casting post and core restorations. J Prosthet Dent 1991; 66: 155-6.
2. Yang CC, Yang HH, Ding SJ, Huang TH, Kao CT, Yan M. Characterization of commercial quick-heating phosphate-bonded investments for the accelerated casting technique. Quintessence International 2007; 38: 41-8.
3. Yan M, Takahashi H, Nishimura F, Habu N, Nakamura H, Motomura K.Comparison of properties of phosphate-bonded investments for quick heating. J J Dent Mater 1997; 16: 405-14. (in Japanese)
4. Hibino Y, Harashima A, Yamazaki A, Honda M, Yamaga T, Nakajima H. Characteristics of phosphate-bonded dental investments for quick heating, VELVETY SUPERQUICK®. J Jpn Prosthodont Soc 2003; 47: 564-73. (in Japanese)
5. Blackman RB. Evaluation of the dimensional changes and surface roughness of gold crowns cast with rapidly prepared phosphate-bonded investment: A pilot study. J Prosthet Dent 2000; 83: 187-93.
6. Konstantoulakis E, Nakajima H, Woody RD, Miller AW. Marginal fit and surface roughness of crowns made with an accelerated casting technique. J Prosthet Dent 1998; 80: 337-45.
7. Habu N, Takahashi H, Yan M, Motomura K, Nakamura H, Nishimura F. Properties of a phosphate-bonded dental investment for quick heating. J J Dent Mater 1995; 14: 681-90. (in Japanese)
8. Watanabe A, Jorgensen KD. Thermal expansion of dental casting alloys and phosphate-bonded investments. Dent Mater J 1986; 5: 21-5.
9. Anusavice KJ. Philips' science of dental materials. 11th ed. Philadelphia: WB Saunders. Co., 2003.

Marginal Fit of Ni-Cr Castings Made with Accelerated Casting Technique

Min Yan[1*], Chun-Chuan Yang [2], Chia-Tze Kao[3], Hidekazu Takahashi[4]

Abstract

The purpose of this study was to evaluate marginal fit of the Ni-Cr alloy castings invested with quick-heating phosphate-bonded investments. To do this, we used four commercial quick-heating phosphate-bonded investments for fixed partial dentures using Degussa GF, Fujivest II, Maruvest-SPEED and Z4 C&B. We then examined the setting and thermal expansion of the investments using an accelerated casting technique and evaluated the fit of casting to determine whether there was any discrepancy between the gap in the wax and the casting. The Degussa GF investment with 75% special liquid had a significantly larger setting expansion, which was 1.28% greater than that of other investments with the same concentration special liquid after 20-min setting time. The thermal expansion of the investments at casting temperatures ranged between 1.23 to 1.71%. The marginal discrepancies of all castings obtained from four investments were slightly oversized. The marginal discrepancy obtained from the Maruvest-SPEED 100% was largest (255 μm). Fujivest II, Maruvest-SPEED and Z4 C&B were significantly superior to that obtained from the Degussa GF, even though the concentration of the special liquid was the same. The marginal fit of the casting from the Maruvest-SPEED with 75% special liquid was significantly improved by using 100% special liquid and was found to have an 83% reduction in marginal discrepancy. These results suggest that the marginal fit of the castings might be improved by controlling the concentration of a special liquid.

Keywords: marginal fit, accelerated casting technique, phosphate-bonded investment

[1] Institute of Oral Biology and Biomaterials Science, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan
[2] Pou Yu Biotechnology Co., Ltd. Changhua, Taiwan
[3] Graduate School of Dentistry, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan,
[4] Advanced Biomaterials, Department of Restorative Sciences, Division of Oral Health Sciences Graduate School, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan
* Reprints and Corresponding Author: Min Yan
Address: No.110, Sec. 1, Jian-Kuo N. Road, Taichung 40201, Taiwan
Tel: 886-4-24718668 ext 55523
E-mail: yan@csmu.edu.tw