

Un'eziologia non meccanica: il concetto di design adesivo

**Autor: Douglas A. Terry, DDS
Karl F. Leinfelder, DDS, MS
Alejandro James, DDS, FID**

[Prima pubblicazione: Pract Proced Aesthet Dent 2006;18(6):385-391]

I progressi nelle formulazioni dei materiali di restauro e nella tecnologia adesiva si sono ampliati creando nuove possibilità terapeutiche per gli odontoiatri. Grazie a questa evoluzione, le resine composite vengono usate sempre più spesso nei restauri posteriori. Per collocare con successo questi restauri, l'odontoiatra deve comprendere la base razionale per la scelta del materiale di restauro, il design di preparazione, il protocollo adesivo, e la collocazione delle resine composite. Questo articolo illustra queste considerazioni per collocare un restauro posteriore di Classe I in composito.

Obiettivi formativi

Questo articolo tratta un design conservativo appropriato per l'uso delle moderne resine microibride. Leggendo questo articolo, il lettore dovrebbe:

- Avere una comprensione approfondita delle moderne procedure adesive, al fine di ottenere successi a lungo termine con i restauri in resina composita.
- Identificare i fattori che influenzano la contrazione da polimerizzazione, gli effetti dello stress da contrazione, e i metodi per superare questi limiti.

Parole chiave: adesivo, resina composita, preparazione, microibrida

Negli ultimi anni, ci sono stati notevoli mutamenti nella comprensione e nel controllo degli odontoiatri per quanto riguarda il processo carioso, con una riduzione nell'incidenza e nella gravità della carie, oltre a progressi nei mezzi chimici per rilevare questa condizione. Ciò ha condotto gli autori a riconsiderare i principi del restauro tradizionale, molti dei quali sono diventati superati. L'estensione della prevenzione ha lasciato il posto alla progettazione della preparazione adesiva, un approccio più conservativo alla preparazione del dente. I metodi tradizionali per riconoscere la carie nelle strutture dentali colorate sono stati integrati da novità come ad esempio agenti rilevatori di carie, sistemi di illuminazione migliorati, e ausili ottici, che vengono utilizzati per migliorare le capacità diagnostiche dell'odontoiatra. Sfortunatamente, molti odontoiatri continuano ad eseguire procedure superate con i moderni materiali di restauro, e pure si stupiscono continuando ad avere microperdite, carie ricorrente, e sensibilità. L'effetto di questa gestione scorretta potrebbe essere uno dei motivi per la durata clinica relativamente breve dei restauri compositi nella pratica odontoiatrica generale. I progressi nella scienza dei materiali e nella tecnologia adesiva esigono che l'odontoiatra modifichi le tecniche di restauro non adesive quando dispone i restauri adesivi. Ciò è particolarmente vero quando si considerano elementi come diagnosi, scelta del materiale, programmazione della preparazione, tecniche di collocazione dei restauri, protezione della polpa, finitura, e manutenzione. Il concetto di design adesivo richiede la scelta dell'adesivo e dei materiali da restauro bioattivi, modifiche semplificate dei programmi di preparazione, oltre a precise procedure e tecniche di collocazione. Questo concetto di design è stato strumentale nel passaggio del paradigma dai principi di estensione per la prevenzione, alla prevenzione per eliminare l'estensione.

Scelta del materiale di restauro

Quando si sceglie una resina composita da restauro, le dimensioni medie delle particelle di riempitivo, il carico di riempitivo, e la distribuzione dimensionale delle particelle, forniscono informazioni sull'uso più

appropriato delle resine composite. In passato, il dilemma di scegliere tra resina composita ibrida e resina composita a microriempitivi richiedeva spesso l'uso di una combinazione di entrambe per ottenere un risultato di restauro con caratteristiche fisiche e meccaniche ottimali.

Lo sviluppo del restauro policromatico da tipi differenti di resine composite (ad es., ibride, con microriempitivi) ha condotto odontoiatri e fabbricanti a esplorare quei materiali da restauro che non vengono semplicemente applicati in relazione all'anatomia del tessuto naturale, ma possiedono anche proprietà simili alla struttura dentale.



Figura 1. Vista occlusale preoperatoria di restauri in amalgama difettosi, con carie ricorrente stabilita mediante diagnosi differenziale (ad es., sensibilità, esame radiografico).



Figura 2. Scelta della tonalità compiuta prima di disporre la diga dentale usando il sistema di tonalità Venus 2-Layer (Heraeus Kulzer, Armonk, NY).

Le formulazioni più moderne in resine composite ibride a piccole particelle (ad es., Venus, Heraeus Kulzer, Armonk, NY; Filtek Supreme, 3M ESPE, St. Paul, MN) rappresentano variazioni nelle dimensioni, nella forma e nell'orientamento delle particelle che ne potenziano le caratteristiche fisiche, meccaniche, e ottiche. Ciò fornisce all'odontoiatra materiali da restauro che possono essere modellati, con elevate resistenza alla frattura, buona stabilità di colore e durata nella lucidatura. Così, le resine microibride per stratificazione esigono che l'odontoiatra consideri soltanto l'esito previsto, durante la diagnosi e la programmazione terapeutica, e non la particolare regione dentale o il restauro, come era spesso necessario con il processo di stratificazione con resina ibrida e con microriempitivi. Gli odontoiatri devono quindi prendere in considerazione solo i parametri colorimetrici nello sviluppo della forma corretta e dell'estetica appropriata del restauro.

Inoltre, l'applicazione adesiva delle formulazioni più recenti delle resine microibride consente un design conservativo (Figure 1-3). Ciò si basa sulla scelta del materiale limitata a un singolo materiale da restauro, un composito microibrido universale, che possiede caratteristiche fisiche, meccaniche, e ottiche simili alla struttura dentale naturale. Non è quindi necessario compensare la scarsa resistenza alla frattura del restauro aumentando il volume di materiale all'interfaccia di restauro attraverso la preparazione del dente, come sarebbe necessario con la tecnica di stratificazione che usa una resina ibrida e con microriempitivi. Inoltre, nelle situazioni cliniche che non richiedono di tenere in considerazione il parametro dello spazio aumentato per l'integrazione ottica del colore (cioè, uso del colore naturale della dentina), una preparazione più conservativa consente di eliminare lo strato

aggiuntivo di microriempitivo per lo strato dello smalto, dato che questi microibridi hanno migliorato la capacità di lucidatura e la durezza dei materiali per lucidatura.^{7,8}



Figura 3. Vista della preparazione completata.



Figura 4. Dopo l'applicazione di un mordenzante semi-gelatinoso con acido fosforico al 32% (UNI-ETCH, Bisco, Schaumburg, IL) e il risciacquo con acqua per 15 secondi, si applica un adesivo monocomponente (Gluma Comfort Bond+ Desensitizer, Heraeus Kulzer, Armonk, NY).

Progettazione della preparazione adesiva

I restauri in resina composita utilizzano progettazioni di preparazione adesiva della cavità. Occorre fare qualche considerazione sul tipo di dente (cioè, molare, premolare, incisivo), oltre a localizzazione, dimensioni, e tipo di lesione cariosa. Altre considerazioni dovrebbero includere il trattamento dei denti non restaurati con o senza carie, o la sostituzione del restauro. L'odontoiatra dovrebbe anche valutare il rapporto fra funzione oclusale e i limiti di preparazione per facilitare la collocazione degli arresti centrici al di là, o entro i limiti del restauro. Si dovrebbero infine prendere in considerazione il tipo di tecnica di restauro, la quantità e qualità della struttura dentale residua e le forze meccaniche esercitate su di essa, la presenza di difetti, e i parametri per l'estensione della preparazione alla zona estetica.

Per la preparazione delle resine composite dirette di Classe I, ci si dovrebbe attenere alle seguenti linee guida generali per i restauri iniziali o di sostituzione:

- La dentina cariosa può essere rimossa utilizzando frese al carburo a bassa e alta velocità ed escavatori a cucchiaio. La preparazione è limitata all'accesso alla lesione o difetto, dato che i compositi richiedono un volume inferiore rispetto all'amalgama per resistere alla frattura clinica;
- La contornatura oclusale dovrebbe eliminare tutto lo smalto carioso, fornendo accesso alla dentina cariosa, eliminare ogni colorazione residua in amalgama, e fornire l'accesso per l'applicazione dei materiali da restauro;
- La larghezza della preparazione dovrebbe essere più limitata possibile, dato che l'usura del restauro è direttamente proporzionale alle dimensioni. Inoltre, la maggiore larghezza bucco-linguale della preparazione può sconfinare nelle aree di sostegno centriche;
- Le strutture dentali sane dovrebbero essere rimosse solo quando la contornatura oclusale richiede l'estensione al di là o entro i confini degli arresti funzionali precedentemente indicati;
- Il margine cavitario-superficiale oclusale non dovrebbe essere bisellato poiché ciò aumenta la larghezza della preparazione e può entrare in conflitto con l'area di sostegno centrica,

aumentando il tasso d'usura del restauro. Se tuttavia la larghezza oclusale diventa eccessiva, sarebbe bene prendere in considerazione una superficie oclusale bisellata; e

- Per consentire un miglior adattamento della resina, tutti gli spigoli interni andrebbero arrotondati e le pareti cavarie dovrebbero essere lisce, come definito dagli effetti di superficie generati da una fresa di preparazione convenzionale.

Protocollo adesivo

Il trattamento chimico dello smalto e della dentina mediante acidi per fornire adesione tra le resine e i substrati dentinali (ad es., smalto, dentina) è diventato una procedura clinica standard nell'odontoiatria adesiva (Figura 4). La rimozione del fango dentinale aumenta l'energia superficiale alterando il contenuto minerale del substrato, così che questo può essere infiltrato dai primer e dalle resine adesive collocati successivamente. Il meccanismo di adesione è simile per lo smalto e la dentina, un coinvolgimento micromeccanico dei monomeri nelle microporosità dello smalto o negli spazi interfibrillari del collagene, creati dalla dissoluzione acida dei tessuti mineralizzati. Quando si valuta il successo del restauro, l'integrità marginale ottenuta con questa procedura diventa una priorità dato che un'interfaccia restauro-dente intatta è fondamentale per l'esclusione dei batteri e per l'equilibrio idrodinamico interfacciale del complesso dentino-pulpare.

Perché abbia successo il legame adesivo alla dentina, si possono usare uno o due protocolli adesivi differenti. Il protocollo di mordenzatura totale richiede l'applicazione di acidi che decalcificano lo strato superficiale della dentina. L'acido rimuove il fango dentinale e apre i tubuli della dentina, aumenta la permeabilità dentinale, e decalcifica la dentina intertubulare e peritubulare. La rimozione dei tessuti mineralizzati (cioè, cristalli di idrossiapatite) lascia una rete di fibrille collagene esposte, che rivestono la dentina più profonda, decalcificata.



Figura 5. Un composito flowable di tonalità B2 (Venus Flow, Heraeus Kulzer, Armonk, NY), come liner di cavità per l'assorbimento degli stress tra l'adesivo e la resina, è stato applicato e quindi fotopolimerizzato per 40 secondi.



Figura 6. Un composito ibrido di tonalità B1 (Venus, Heraeus Kulzer, Armonk, NY) è stato applicato come involucro dello smalto linguale, levigato con spazzolino di zibellino, e quindi fotopolimerizzato per 40 secondi.



Figura 7. Usando una tecnica di stratificazione obliqua, un composito ibrido di tonalità B2 opaca (Venus, Heraeus Kulzer, Armonk, NY) è stato applicato contro le pareti cavitare opposte e levigato al pavimento pulpare, camuffando la dentina scolorita; il composito è stato in seguito fotopolimerizzato.

Il protocollo con primer automordenzante rimuove il fango dentinale e, allo stesso tempo, infila la dentina decalcificata mediante un monomero acido. Questa tecnica permette l'infiltrazione delle fibre di collagene e, allo stesso tempo, la decalcificazione della componente inorganica alla stessa profondità della dentina, minimizzando così il rischio di penetrazione incompleta dei monomeri adesivi nella dentina demineralizzata. Inoltre, previene il collasso delle fibrille di collagene che può verificarsi dopo il condizionamento e l'asciugatura nella tecnica di mordenzatura totale. La resina può infiltrare leggermente (cioè 0,1-0,5 μm) il fango dentinale e la dentina, e copolimerizzare.



Figura 8. La resina composita microibrida (Venus, Heraeus Kulzer, Armonk, NY) è stata applicata utilizzando uno strumento con punta a sfera; è stata quindi effettuata la fotopolimerizzazione attraverso la cuspidi per consentire al materiale di contrarsi verso l'interfaccia, migliorando l'adattamento marginale.



Figura 9. Il primo strato di smalto, un composito ibrido di tonalità B1 (Venus, Heraeus Kulzer, Armonk, NY), è stato applicato e invaginato con una sonda mentre il materiale era ancora soffice, per formare le creste e i solchi evolutivi.

Entrambi questi protocolli adesivi permettono la formazione di una zona rinforzata con resina (cioè, lo strato infiltrato di resina o lo strato ibrido) che costituisce il meccanismo di legame adesivo primario di molti sistemi adesivi attuali. Questa ibridizzazione della dentina esposta con un sistema adesivo viene considerato da alcuni il mezzo più efficace per proteggere questa interfaccia polpa-dentina, e il legame adesivo della resina composita alla struttura dentale fornisce la resistenza alle microperdite e la ritenzione del restauro. Dato che lo strato adesivo può assorbire, grazie all'allungamento elastico, lo stress della contrazione da polimerizzazione della resina composita, l'ibridizzazione permette un adattamento interno che riduce le sollecitazioni all'interfaccia del restauro tra la resina composita e la dentina, eliminando allo stesso tempo la sensibilità. Ciò determina un miglioramento dell'adattamento marginale e interfacciale e una riduzione nella formazione dei varchi.

Procedure e tecniche di collocazione

Un requisito fondamentale perché abbia successo il legame adesivo dei restauri adesivi collocati in modo diretto è l'isolamento del dente. Il modo migliore per controllare l'umidità è la diga di gomma. La contaminazione dello smalto e della dentina con la saliva, la condensa derivante dall'umidità intraorale, oltre al sangue e al fluido crevicolare, possono compromettere la longevità dei restauri adesivi riducendo le forze di legame e l'adesione al dente. Numerosi studi riportano microperdite, adesione ridotta, e riduzione della forza di legame derivanti dalla contaminazione dello smalto con saliva, umidità, e contaminazione umida derivante dal fluido crevicolare.

La stratificazione incrementale migliora anche il controllo dell'operatore su fattori come condensazione della resina, aumento della densità, adattamento marginale, polimerizzazione del materiale da restauro, e formazione del legame. Inoltre, la stratificazione fornisce il controllo delle fuoruscite nei margini laterali prima della polimerizzazione, riduce gli effetti della contrazione da polimerizzazione, permette l'orientamento del fascio luminoso polimerizzante secondo la posizione di ogni strato di composito, e la collocazione di contorni anatomici ottimali del restauro.

Sono state sviluppate molte tecniche di restauro e numerose innovazioni per superare i limiti dell'adattamento marginale carente. Queste includono l'uso di cunei per riflettere la luce, variando la posizione della luce polimerizzante, l'uso di puntali per la condensazione e la polimerizzazione, e altri sistemi. Ognuno di essi è combinato con metodi multistrato (ad es., stratificazione orizzontale, verticale, obliqua, a 3 siti, centripeta) secondo il tipo e le dimensioni della preparazione della cavità.



Figura 10. È stata collocata una pigmentazione marrone (Creactive Colorfluid, Heraeus Kulzer, Armonk, NY) mediante lima endodontica in determinate regioni, secondo il diagramma delle tonalità.

La scelta della tecnica di collocazione del restauro appropriata richiede una corretta comprensione delle conseguenze della contrazione da polimerizzazione. Il successo a lungo termine dipende dal mantenimento dell'integrità di legame e dall'adattamento marginale alla struttura dentale, essendo entrambi fattori critici per il successo clinico a lungo termine dei restauri posteriori in composito. La contrazione da polimerizzazione nella fase della matrice in resina può compromettere la stabilità dimensionale. La conversione delle molecole monomeriche in una rete polimerica è accompagnata da un impacchettamento più stretto delle molecole, che porta la massa a contrarsi. Se una resina polimerizzabile viene legata a strutture rigide, la contrazione della massa non può verificarsi senza aumentare lo stress, la flessione o la formazione di varchi all'interfaccia adesiva tra resina e dente. Gli stress da contrazione vengono trasferiti alle strutture dentali circostanti poiché queste limitano le variazioni di volume. Alcuni dei fattori che influenzano la contrazione da polimerizzazione sono: il tipo di resina, il tipo di riempitivo, il modulo elastico del materiale, le caratteristiche di polimerizzazione, la

configurazione della cavità, oltre all'intensità e alla lunghezza d'onda della luce utilizzata per polimerizzare la resina.³⁷



Figura 11. Lo strato di smalto finale, un composito ibrido di tonalità traslucida (Venus T2, Heraeus Kulzer, Armonk, NY) è stato modellato a formare i contorni anatomici ideali.

La contrazione da polimerizzazione può causare microperdite, fratture, pigmentazioni, carie secondaria, e sensibilità postoperatoria. Per minimizzare lo stress da contrazione, si possono prendere in considerazione altri mezzi per ridurre le sollecitazioni al momento di scegliere i materiali da restauro soggetti a contrazione; ad esempio, si possono applicare rivestimenti interni e basi che agiscono da ammortizzatori (Figura 5), si può usare un legame adesivo selettivo (in configurazioni cavitare appropriate), è possibile ridurre l'intensità luminosa delle unità di fotopolimerizzazione, o utilizzare una combinazione di legame adesivo selettivo e stratificazione incrementale con piccoli incrementi di resine composite per ridurre lo stress interfacciale (Figure 6-13). L'uso di sequenze di fotopolimerizzazione a bassa intensità per ridurre lo stress da contrazione controlla la plasticità (capacità di flusso) del restauro durante la polimerizzazione, senza tuttavia compromettere la stabilità meccanica finale del restauro.

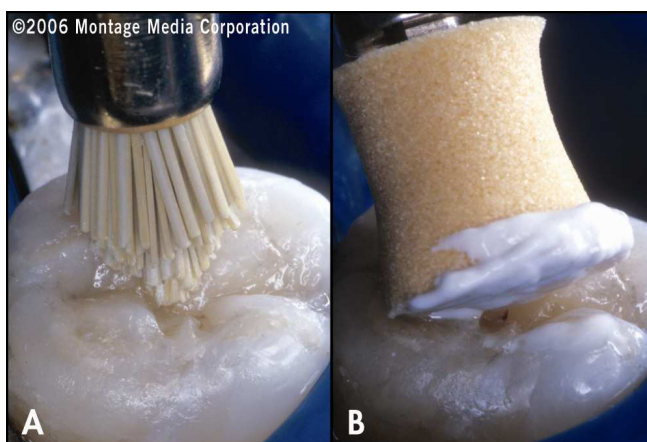


Figura 12A. Lucidatura completata mediante spazzole impregnate con carburo di silicene. 12B. È stata quindi utilizzata una coppetta in gommapiuma sintetica con una pasta lucidante da composito per creare la lucentezza.

Conclusione

L'approccio meccanico del passato si sta trasformando in una filosofia, una strategia e un design di tipo biologico. Il concetto di design adesivo descrive questa base razionale per preparare e collocare i restauri adesivi. Questo concetto spiega che il design della preparazione è influenzato dalla scelta del biomateriale da restauro, pur fornendo anche un'idea dell'interazione tra adesione e contrazione da polimerizzazione nell'ambito di questi materiali adesivi; inoltre, illustra come questi possono essere influenzati dalle tecniche di collocazione e dai protocolli adesivi. Quindi, la scelta corretta e l'uso appropriato dei biomateriali attraverso precisi protocolli adesivi e tecniche di collocazione può influenzare direttamente la longevità di questi restauri. Mentre l'industria continua a sviluppare metodi e materiali migliori, l'odontoiatra dovrebbe considerare l'uso del concetto succitato di design adesivo durante l'analisi dei nuovi prodotti e delle tecniche innovative.



Figura 13. Il risultato postoperatorio dimostra l'integrità del legame e l'adattamento marginale alla struttura dentale, a livello dell'interfaccia del restauro.

Letteratura

1. Qvist V, Qvist J, Mjor IA. Placement and longevity of tooth-colored restorations in Denmark. *Acta Odontol Scand* 1990;48(5): 305-311.
2. Leinfelder KF. Using composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 1991;122(4):65-70.
3. Laswell HR, Welk DA. Rationale for designing cavity preparations. *Dent Clin North Am* 1985;29(2):241-249.
4. Terry DA, McGuire MK, McLaren E, et al. Perioesthetic approach to the diagnosis and treatment of carious and noncarious cervical lesions: Part II. *J Esthet Restor Dent* 2003;15(5):284-296.
5. Terry DA. Contemporary composite resins. In: Terry DA. *Natural Aesthetics With Composite Resin*. Mahwah, NJ: Montage Media Corporation; 2004:21-37.
6. Terry DA, Leinfelder KF. An integration of composite resin with natural tooth structure: The class IV restoration. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16(3):235-42.
7. Strassler HE. Insights and innovations. *J Esthet Dent* 1992; 177-179.
8. Bichacho N. Direct composite resin restorations of the anterior single tooth: Clinical implications and practical applications. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17(8):796-802.
9. Lutz FU, Krejci I, Oddera M. Advanced adhesive restorations: The post-amalgam age. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1996;8(4): 385-394.
10. Dietschi D, Spreafico R. *Adhesive Metal-Free Restorations: Current Concepts for the Esthetic Treatment of Posterior Teeth*. Berlin, Germany: Quintessence Publishing; 1999.
11. Wilson NH, Dunne SM, Gainsford ID. Current materials and techniques for direct restorations in posterior teeth. *Int Dent J* 1997;47(4):185-193.
12. Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO, Sturdevant JR. *The Art and Science of Operative Dentistry*. 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby-Year Book; 1995.
13. Isenberg BP, Leinfelder KF. Efficacy of beveling posterior composite resin preparations. *J Esthet Dent* 1990;2(3):70-73.
14. Small, BW. Direct posterior composite restorations—State of the art 1998. *Gen Dent* 1998;46(1):26-32.
15. Swift EJ Jr, Perdigão J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int* 1995;26(2):95-110.
16. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, et al. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992;71(8):1530-1540.
17. Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, et al. The dentinal surface: Its influence on dentinal adhesion. Part III. *Quintessence Int* 1993;24(8):571-582.
18. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998;26(1):1-20.
19. Lindberg A, van Dijken JWV, Hörstedt P. Interfacial adaptation of a Class II polyacid-modified resin composite/resin composite laminate restoration in vivo. *Acta Odont Scand* 2000;58(2): 77-84.
20. Evans T, Silverstone LM. The effect of salivary contamination in vitro on etched human enamel. *J Dent Res* 1981;60:621(Abstract No. 1247).
21. Barghi N, Knight GT, Berry TG. Comparing two methods of moisture control in bonding to enamel: A clinical study. *Oper Dent* 1991;16(4):130-135.

22. Young K, Hussey M, Gillespie F, et al. In vivo studies of physical factors affecting adhesion of fissure sealant to enamel. In: Silverstone LM, Dogon IL, eds. Proceeding of the International Symposium on Acid Etch Technique. St. Paul, MN: North Central Publishing Co, 1975.
23. Kovarik RE, Ergle JW. Fracture toughness of posterior composite resin fabricated by incremental layering. *J Prosthet Dent* 1993;69(6):557-560.
24. Versluis A, Douglas WH, Cross M, et al. Does an increment filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 1996;75(3):871-878.
25. Kays BT, Sneed WD, Nuckles DB. Microhardness of class II composite resin restorations with different matrices and light positions. *J Prosthet Dent* 1991;65(4):487-490.
26. Dietschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. *Quint Int* 1994;25(10):659-677.
27. Jorgensen K, Hisamitsu H. Class 2 composite restorations: Prevention in vitro of contraction gaps. *J Dent Res* 1984;63(2): 141-145.
28. Bowen RL, Setz LE. Posterior composite restorations with novel structure. *J Dent Res* 1986;65:797(Abstract No. 642).
29. Spreafico R. Direct resin composite restorations in posterior teeth. In: Minimally Invasive Restorations with Bonding. Degrange M, Roulet JF. Quintessence Publishing, Carol Stream, IL;1997: 51-59.
30. Krejci I, Lutz F, Krejci D. The influence of different base materials on marginal adaptation and wear of conventional Class II composite resin restorations. *Quint Int* 1988;19(3):191-198.
31. Dietschi D, Scampa U, Campanile G, Holz J. Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: An in vitro evaluation. *Quintessence Int* 1995;26(2): 127-138.
32. Bouschlicher MR, Cobb DS, Boyer DB. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations. *Oper Dent* 1999;24(1):20-25.
33. Davidson CL, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer based restoratives. *J Dent* 1997;25(6):435-446.
34. Venhoven BAM, de Gee AJ, Davidson CL. Polymerization contraction and conversion of light-curing BisGMA-based methacrylate resins. *Biomaterials* 1993;14(11):871-875.
35. Quellet D. Considerations and techniques for multiple bulk-fill direct posterior composites. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16(12):1212,1214-1226.
36. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987;66(11):1636-1639.
37. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Euro J Oral Sci* 1995;103(5):322-326.
38. Bausch JR, de Lange K, Davidson CL, et al. Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. *J Prosthet Dent* 1982;48(1):59-67.
39. Asmussen E. Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction. *Acta Odontol Scand* 1975;33(97):337-344.
40. Bertolotti RL. Posterior composite technique utilizing directed polymerization shrinkage and a novel matrix. *Pract Periodont Aesthet Dent* 1991;3(4):53-58.
41. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restorationcavity interface. *Euro J Oral Sci* 1995;103(5):322-326.
42. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerization at reduced rate. *Scand J Dent Res* 1991;99(5): 440-444.
43. Terry DA, Geller W. Selection Defines Design. *J Esthet Restor Dent* 2004;16(4):213-225.

Heraeus Kulzer S.r.l.
 Via Console Flaminio 5/7
 20134 Milano
 Phone +39 02 210 0941
 Fax +39 02 210 0942 83
heraeus.hki@heraeus.com
www.heraeuskulzer.it
www.heraeus-venus.com