



## CONSERVATIVA

# Il restauro ceramico parziale e adesivo nei settori posteriori

## *Bonded ceramic partial restorations in the posterior teeth*

S. Daniele\*

Ricevuto il  
7 gennaio 2012  
Accettato il  
17 aprile 2012  
Disponibile online  
31 maggio 2012

\*Autore di riferimento:  
Stefano Daniele  
danielsr9@libero.it

Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Odontoiatria, Polo San Paolo, Unità Operativa Dipartimentale di Patologia, Medicina Orale e Geriatria;  
Università del Piemonte Orientale Amedeo Avogadro di Novara, Dipartimento di Scienze Mediche

### Riassunto

**Obiettivi.** Valutare le indicazioni al restauro ceramico parziale nei settori latero-posteriori rispetto al restauro diretto e all'approccio che vede il ricorso a una corona a ricopertura totale (full-crown). **Materiali e metodi.** Si considerano i materiali ceramici che si possono impiegare per confezionare i restauri parziali nei settori latero-posteriori, le loro proprietà meccaniche, estetiche e la relativa suscettibilità a subire i procedimenti di cementazione adesiva. Sulla base di dati ricavati da studi clinici prospettici, si fornisce una disamina dei principi di preparazione necessari per realizzare una cavità atta a ospitare un restauro parziale e della sopravvivenza di tali dispositivi nel tempo. **Risultati e conclusioni.** I restauri parziali in ceramica appaiono manufatti indicati per il recupero conservativo degli elementi dentali del settore latero-posteriore, permettendo un considerevole risparmio di tessuto dentale sano. I dati provenienti dalla letteratura indicano una buona sopravvivenza di questi dispositivi quando seguiti longitudinalmente nel tempo.

### Parole chiave:

- Adesione smalto-dentinale
- Cementazione adesiva
- Disilicato di litio
- Porcellana feldspatica
- Restauro parziale indiretto

### Abstract

**Objectives.** The purpose of this article is to assess what are the indications for partial bonded ceramic restoration in the posterior teeth vs composite direct restoration and full-crown approach. **Materials and methods.** The article evaluate which are the ceramic materials that can be used for partial restoration in the posterior teeth about their mechanical properties, aesthetic features and their susceptibility to adhesive procedures. An examination is made on the principles of cavity preparation for indirect partial restoration and a final discussion based on the survival of these device over time based on data from clinical prospective studies. **Results and conclusions.** The ceramic partial restoration appear suitable for restoration of posterior teeth, allowing a considerable saving of healthy tooth tissue. The data from the literature indicate a good survival of these device when followed longitudinally over time.

### Key words:

- Dentin-enamel adhesion
- Adhesive cementation
- Lithium disilicate
- Feldspathic ceramic
- Indirect partial restoration

## 1. Introduzione

Il recupero conservativo dell'elemento dentale ha subito, negli ultimi anni, un radicale cambiamento in conseguenza dello

sviluppo di procedure e materiali dedicati all'odontoiatria restaurativa, tra i quali si ricordano le procedure adesive smalto-dentinali e l'impiego delle resine composite e delle ceramiche a basso contenuto cristallino.

L'interazione tra questi materiali e procedure rappresenta quella branca dell'odontoiatria conservativa chiamata "adesiva" e costituisce una delle più importanti "rivoluzioni" avvenute in odontoiatria negli ultimi vent'anni.

L'odontoiatria adesiva permette un approccio estremamente conservativo nel recupero dell'elemento dentale danneggiato e può essere considerata una procedura di routine nella pratica clinica dell'odontoiatra. Il fatto che sia una pratica clinica di routine non significa assolutamente che sia anche semplice e di minor importanza rispetto ad altri interventi terapeutici eseguiti nell'ambulatorio odontoiatrico. Le procedure adesive smalto-dentinali sono tecniche estremamente sensibili, operatore-dipendente e richiedono una corretta e approfondita conoscenza da parte degli utilizzatori.

Il fallimento dell'intervento restaurativo dovuto all'errata applicazione delle tecniche adesive smalto-dentinali si manifesta con segni e sintomi ben precisi, rappresentati dalla sensibilità postoperatoria alla masticazione, dall'infiltrazione marginale e dallo sviluppo di carie secondaria nell'interfaccia cavità-restauro.

L'attenzione che l'odontoiatra deve porre, nell'applicare correttamente le procedure adesive smalto-dentinali, si riferisce principalmente a una scelta "ragionata" durante l'acquisto dei sistemi adesivi da tenere in ambulatorio. Considerata la moltitudine di sistemi adesivi smalto-dentinali che il mercato oggi giorno mette a disposizione, i criteri decisionali nell'acquisto devono far riferimento ai dati della letteratura scientifica e in particolar modo a quelli provenienti dai trial clinici organizzati per testare l'efficacia e la validità di un determinato sistema adesivo [1].

Tra le varie applicazioni dell'odontoiatria adesiva vi è anche il recupero dell'elemento dentale mediamente/gravemente compromesso attraverso il restauro parziale indiretto e adesivo ai tessuti duri del dente. Il razionale da seguire consiste nel conservare più tessuto dentale sano possibile, specialmente in alcune zone topografiche importanti per la resistenza biomeccanica dell'elemento dentale, e nel cercare di evitare, quando possibile, il recupero attraverso una corona a ricopertura totale o full-crown [2].

Obiettivo del presente lavoro è esaminare i casi in cui il restauro parziale adesivo è indicato rispetto al restauro diretto e al recupero full-crown, i materiali ceramici che si possono impiegare per realizzare tali manufatti e la loro suscettibilità a subire i procedimenti di cementazione adesiva ai tessuti duri del dente. Nell'ultima parte del lavoro si considera una serie

di studi clinici longitudinali prospettici con lo scopo di evidenziare la sopravvivenza di tali dispositivi.

## 2. Tecniche restaurative indirette vs dirette

Nel corso del piano di cura conservativo, uno degli elementi decisionali riguarda la modalità con la quale restaurare la cavità che residua dall'asportazione della lesione cariosa o un precedente restauro, ormai incongruo, da sostituire.

Sicuramente l'analisi clinica diretta e l'osservazione attenta delle radiografie endorali forniscono al clinico sufficienti informazioni per scegliere tra un restauro diretto oppure uno indiretto che, come noto, vede coinvolto anche il laboratorio odontotecnico nella procedura riabilitativa.

Occorre però individuare quali sono i fattori che permettono al clinico di decidere tra le due soluzioni.

### 2.1. Quantità di tessuto dentale residuo

Cavità molto ampie riducono il quantitativo di tessuto dentale residuo e, quindi, anche la resistenza che l'elemento dentale può opporre alle forze masticatorie.

La questione assume particolare rilievo per gli elementi dentali dei settori latero-posteriori. Il rischio è quello di incorrere in fratture coronali che non solo possono compromettere il recupero conservativo dell'elemento, ma possono anche avere un decorso sfavorevole in direzione intrasulcolare rendendo necessari interventi parodontali (allungamento di corona clinica) per recuperare il margine cervicale della rima di frattura e, nei casi più sfavorevoli, portando all'estrazione dell'elemento dentale.

Mondelli et al. [3] hanno evidenziato come un dente con un'ampia cavità in senso bucco-linguale possieda una minore resistenza rispetto a uno integro senza restauri.

Attenzione deve essere posta, inoltre, alla profondità della cavità, fattore spesso considerato solo per le possibili reazioni che le manovre restaurative hanno nei confronti dell'organo pulpo-dentinale. Cavità conservative particolarmente profonde hanno pareti più lunghe, quindi maggiormente soggette a presentare fenomeni di flessione e, di conseguenza, a maggior rischio di frattura [4].

Estensione e profondità di cavità sono sempre fattori da valutare nella decisione su come restaurare la cavità conservativa, nel senso di stabilire se e quali cuspidi ricoprire con il restauro, se

scegliere un approccio diretto vs indiretto e, infine, se scegliere procedure non adesive ai tessuti dentali vs adesive [5-7].

## 2.2. Aree del dente interessate dal restauro

Alcune aree del dente possono influenzare maggiormente, rispetto ad altre, la resistenza dell'elemento dentale ai carichi masticatori.

Con riferimento soprattutto agli elementi posteriori, le creste interprossimali sono aree topografiche estremamente importanti in quanto connettono il versante buccale a quello palatale-linguale del dente e si oppongono alle forze che tendono a provocare la flessione dei versanti stessi. Non a caso, le cavità occluso-mesio-distali sono ritenute quelle più rischiose per lo sviluppo di fenomeni di frattura dei versanti cuspidali [8,9].

Al termine della preparazione cavitaria si possono osservare aree cuspidali poco sostenute da tessuto dentale sano e bisogna considerare come tali zone possano essere a rischio frattura.

Non si ritrovano dati che forniscano indicazioni su quale debba essere lo spessore minimo di parete cuspidale oltre il quale il rischio di frattura diventa considerevole. In linea generale è possibile affermare che quando lo spessore della parete è inferiore a 2 mm esistono indicazioni per ridurre (abbattere) la cuspidale e approcciare a un restauro a ricopertura cuspidale. Queste indicazioni diventano ancor più importanti qualora la cuspidale in questione sia una cuspidale di stampo e in particolar modo quando si parli di recupero coronale del dente trattato endodonticamente [10].

Le aree di contatto interprossimali sono zone importanti sia, come già detto, per la resistenza meccanica dell'elemento dentale sia perché il punto di contatto interprossimale impedisce che il cibo e i residui alimentari possano sedimentare a livello dei tessuti parodontali del colle ed essere fonte di infiammazione gengivale e fastidio per il paziente.

Occorre considerare che l'ottenimento di un valido punto di contatto a livello interprossimale, durante le procedure ricostruttive, può diventare complicato se l'area cavitaria interprossimale si presenta particolarmente ampia in senso vestibolo-palatale/linguale e se il margine cervicale del box è profondo rispetto al piano oclusale. Anche in questo caso non si ritrovano dati che indirizzino, ma si può affermare che quando l'estensione del box interprossimale superi i 2/3 dell'estensione vestibolo-palatale/linguale del dente e

il margine cervicale sia posizionato in dentina-cemento, le indicazioni a eseguire un restauro diretto sono limitate.

Si può quindi concludere che la valutazione dell'estensione e della profondità della cavità conservativa debba essere, nella decisione restaurativa, sempre accompagnata dalla valutazione di quali siano le aree del dente interessate dal restauro (versanti cuspidali e aree interprossimali) e di come queste si presentino clinicamente.

## 2.3. Restauro mediante tecniche adesive ai tessuti dentali vs non adesive

Il restauro adesivo dell'elemento dentario prevede l'impiego di resine composite o cementi resinosi e il ricorso a procedure atte a produrre uno strato ibrido resina-tessuto dentale capace di legare in un verso il materiale da restauro e nell'altro i tessuti dentali della cavità, appunto.

Rispetto alle procedure non adesive (amalgama d'argento non adesivo, leghe auree ecc.), le procedure adesive, se correttamente interpretate e correttamente eseguite, realizzano un legame micromeccanico, e a volte chimico, tra il materiale da restauro e i tessuti cavitari. La restaurativa adesiva permette, quindi, non solo di bioemulare le proprietà estetiche della parte mancante dell'elemento dentale (cavità), ma anche di legare il materiale da restauro ai tessuti dentali con l'obiettivo di ripristinare la resistenza dell'elemento dentale stesso verso le forze masticatorie [11].

Versluis et al. [12] evidenziano come il dente appaia disegnato in maniera tale da distribuire adeguatamente le forze masticatorie, con il significato di mantenerne l'integrità nel tempo durante le sollecitazioni cicliche della masticazione. La perdita di tessuto, come già visto, indebolisce l'elemento dentale e aumenta il rischio di frattura. Gli autori, in uno studio su elementi finiti, hanno osservato come il restauro cavitario attraverso procedura non adesiva, nella fattispecie amalgama d'argento, non ristabilisca la resistenza originale dell'elemento dentale ma, anzi, rappresenti un elemento di stress aggiuntivo nei confronti delle pareti buccali e palatali già indebolite.

Le procedure restaurative adesive mediante resina composita tendono, invece, a ripristinare la resistenza originale dell'elemento dentale, a patto di riuscire a controllare adeguatamente le forze di stress derivanti dalla contrazione da polimerizzazione della resina composita stessa. Queste forze di tensione, conseguenti alla polimerizzazione del composito,

tendono a distribuirsi su tutta l'interfaccia adesiva e possono compromettere, magari anche solo in alcune zone, l'intimo adattamento della resina composita alle superfici cavitare oppure essere responsabili di fratture coesive all'interno dei tessuti dentali costituenti la cavità stessa.

Il controllo delle forze di stress da contrazione si può realizzare clinicamente mediante l'apporto incrementale della resina composita nella cavità, attraverso la somministrazione delicata dell'energia luminosa durante la prima fase della polimerizzazione (tecnica soft-start durante la fase pre-gel) oppure mediante l'interposizione di una resina a basso modulo elastico tra la cavità e la resina composita impiegata per il restauro (composito flowable, resine fluide bonding caricate).

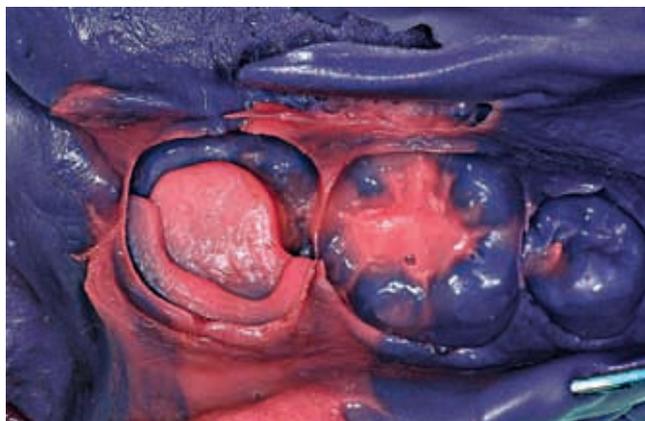
L'impiego di procedure adesive ai tessuti dentali e il controllo delle forze di stress da contrazione sono, secondo gli autori, i

**Fig. 1a-d** Preparazione cavitaria per restauro diretto in resina composita su 4.6 e preparazione per restauro indiretto in composito su 4.7

**Fig. 1a**



**Fig. 1c**



requisiti necessari per restituire all'elemento dentale, con il restauro, l'originale integrità morfologica e funzionale.

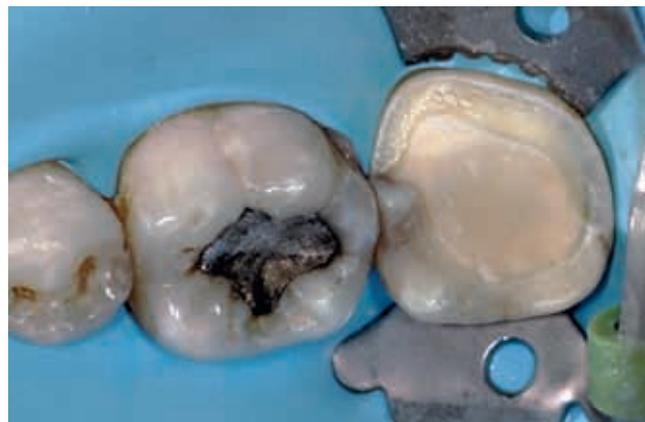
### 3. Indicazioni al restauro indiretto vs diretto

Alla luce di quanto detto finora, è possibile fornire una serie di indicazioni al restauro indiretto rispetto a quello diretto nel piano di trattamento conservativo dei settori latero-posteriori. Il restauro indiretto deve poter sfruttare procedure di cementazione adesiva ai rimanenti tessuti duri del dente (fig. 1a-d).

#### 3.1. Cavità ampie e profonde

Le cavità ampie e profonde evidenziano importanti perdite di tessuto che alterano l'anatomia dell'elemento dentale; il restauro indiretto è in grado di riprodurre più fedelmente l'anatomia originale del dente.

**Fig. 1b**



**Fig. 1d**



L'odontotecnico è in grado di ricostituire il tavolato oclusale, i contatti in centrica e le aree di contatto interprossimale garantendo un valido punto di contatto del restauro con l'elemento dentale contiguo. L'abilità dell'odontotecnico nello stratificare le masse di materiale da restauro (o l'abilità di pittura per le ceramiche pressofuse) permette di riprodurre fedelmente le caratteristiche cromatiche del dente e, quindi, di integrarlo molto bene con i tessuti dentali circostanti.

Il clinico, anche se abile e capace, deve fare i conti con i tempi operativi alla poltrona, non può controllare i contatti interocclusali durante la seduta e, nel caso di cavità di Classe II molto ampie in senso vestibolo-palatale/linguale e con un margine cervicale profondo, ha difficoltà a realizzare un valido punto di contatto interprossimale. Va inoltre ricordato che l'impiego delle resine composite per il restauro diretto di cavità ampie e profonde richiede l'utilizzo di una massa considerevole di materiale, che espone maggiormente al rischio di generare forze di stress a livello delle pareti cavitare. Gli effetti negativi dello stress da polimerizzazione non sono correlati in modo proporzionale alla massa di resina composita impiegata in quanto dipendono da altri fattori quali l'efficacia del legame adesivo alle pareti cavitare, il modulo di elasticità della resina composita usata e la velocità con la quale procede la reazione di polimerizzazione (fase pre-gel vs post-gel); è indubbio, tuttavia, che maggiore è il quantitativo di materiale che si utilizza, minore è la possibilità di controllare le forze di stress.

### 3.2. Pareti cuspidali sottili e poco sostenute da tessuto dentale

Le pareti cuspidali sottili e poco sostenute da tessuto dentinale alla base sono, come visto, a rischio di frattura. In una situazione clinica del genere è indicata una ricopertura delle cuspidi mediante il restauro. Ancora una volta, l'abilità dell'odontotecnico nel riprodurre fedelmente l'anatomia dell'area cuspidale e i suoi contatti in centrica è maggiore rispetto a quella del clinico che opera alla poltrona (tab. I).

## 4. Tecniche restaurative indirette parziali vs full-crown

I restauri indiretti parziali consentono, oggi, di recuperare l'elemento dentale particolarmente compromesso senza dover

**Tabella I** Indicazioni al restauro indiretto vs diretto e fattori determinanti

Indicazioni al restauro indiretto vs diretto	Fattori determinanti
Cavità ampie e profonde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficace riproduzione dell'anatomia originale dell'elemento dentale (tavolato oclusale con i contatti in centrica e zone interprossimali di contatto con l'elemento contiguo)</li> <li>• Migliore controllo delle forze di stress derivanti dalla polimerizzazione della resina composita</li> <li>• Migliore integrazione estetica del restauro con i tessuti dentali circostanti</li> </ul>
Pareti cuspidali sottili e poco sostenute da tessuto dentale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione del rischio di frattura in seguito alla ricopertura cuspidale</li> <li>• Efficace riproduzione dell'anatomia originale dell'area cuspidale</li> </ul>

necessariamente ricorrere alla ricopertura protesica completa dell'elemento dentale o "full-crown".

La messa a punto delle procedure adesive ai tessuti duri del dente ha permesso questo risultato e, proprio in considerazione di ciò, per recuperare un elemento dentale attraverso un restauro parziale è necessario che quest'ultimo conservi un quantitativo sufficiente di smalto e dentina per poter "ancorare adesivamente" il restauro stesso. In particolar modo, è importante che margini o superfici di smalto siano ben rappresentati in quanto, come noto, lo smalto dentario è il migliore substrato adesivo di cui si può disporre [13].

Da tale considerazione appare evidente che per recuperare un elemento dentale compromesso mediante un restauro parziale cementato con tecniche adesive occorrono almeno 2-3 mm di tessuto dentale sano in sede extrasulcolare e, quindi, superfici di smalto ben rappresentate.

Detto questo, si considerano qui di seguito i possibili vantaggi del recupero dell'elemento dentale compromesso attraverso restauro parziale vs full-crown (tab. II).

- *Preservazione di tessuto dentale sano.* L'approccio al restauro parziale permette di mantenere tutta la struttura dentale residua che si presenta valida nel conferire resistenza all'elemento dentale nei confronti dei carichi masticatori e che ben si presta a subire i procedimenti di adesione smalto-dentinale. Diversi studi dimostrano quanto tessuto dentale

**Tabella II** Vantaggi del restauro indiretto parziale vs full-crown

- Preservazione di tessuto dentale sano
- Più facile mantenimento della vitalità dell'elemento dentale
- Migliore visibilità e ispezionabilità dell'interfaccia di chiusura tra tessuto dentale e restauro
- Migliore gestibilità del profilo emergente cervicale e minore rischio di insorgenza di condizioni di sofferenza parodontale

sia sacrificato per preparare l'elemento dentale a moncone, al fine di ricevere una protesi fissa full-crown, rispetto a una preparazione parziale adesiva. Oggi, un approccio così demolitivo non può essere giustificato proprio perché sono disponibili valide e comprovate strategie restaurative decisamente più conservative, che permettono al clinico di mantenere quanto di sano rimane dell'elemento dentale [14].

Ancora, si è visto come esistano alcune aree del dente estremamente importanti per la sua resistenza meccanica ai carichi masticatori e tra queste sicuramente vi sono le aree di contatto interprossimale. Tali aree sono importanti anche per il mantenimento degli spazi mesio-distali, per evitare l'accumulo interprossimale di residui alimentari e contribuire, quindi, al mantenimento della salute parodontale. Nell'odontoiatria moderna non ha alcun senso demolire tali superfici, se ben rappresentate; al contrario, ha un razionale ben preciso la loro conservazione.

- *Più facile mantenimento della vitalità dell'elemento dentale.* La preparazione atta a ospitare una protesi fissa full-crown richiede, come già detto, un notevole sacrificio di tessuto dentale che rende consigliabile, spesso, far precedere alla riduzione a moncone dell'elemento dentale la terapia canale dello stesso al fine di evitare processi di sofferenza pulpari postpreparazione o cementazione.

Si consideri che le protesi full-crown oggi prevalentemente utilizzate sono manufatti che hanno un rivestimento ceramico e una sottostruttura di natura metallica o ceramica e, quindi, presentano spessori considerevoli a scapito, ovviamente, dei tessuti dentali con un minore spessore dentinale residuo ("residual dentinal thickness") tra la superficie esterna del moncone e l'organo pulpo-dentinale. L'importante insulto portato dagli strumenti rotanti e dagli spray refrigeranti si realizza, pertanto, in vicinanza della componente pulpare dell'elemento dentale con un considerevole rischio di danneggiamento degli odontoblasti, riduzione della capacità di

dentinogenesi reazionale e, di conseguenza, innesco di processi di sofferenza pulpare o necrosi asintomatica [15].

Il confezionamento di restauri parziali cementati con tecniche adesive non richiede, in linea generale, il trattamento endodontico dell'elemento dentale vivo e vitale, in quanto massima è la conservazione di tessuto dentale residuo a protezione dell'organo pulpo-dentinale [2].

- *Migliore visibilità e ispezionabilità dell'interfaccia di chiusura tra tessuto dentale e restauro.* I restauri parziali cementati con tecniche adesive impongono, durante le procedure di cementazione, l'isolamento del campo operatorio con la diga di gomma e, di conseguenza, i margini di preparazione/chiusura a livello cervicale devono essere extrasulculari. Anche a livello interprossimale, si è visto come una delle indicazioni dei restauri parziali indiretti vs quelli diretti sia proprio l'eccessiva estensione in senso bucco-palatale/linguale della cavità. Queste due condizioni fanno sì che i margini di chiusura/cementazione del restauro siano di facile visione e ispezione ai controlli da parte dell'odontoiatra o dell'igienista dentale, con la possibilità di intercettare in modo precoce eventuali infiltrazioni marginali o carie secondaria.

Le protesi fisse full-crown hanno margini che si estendono, seppur leggermente, all'interno del solco rendendo impossibile la visione diretta dell'interfaccia di chiusura da parte dell'operatore. Quest'ultimo, non potendo ispezionare visivamente l'area, può affidarsi solamente alla propria sensibilità tattile derivante dal passaggio di una sonda appuntita a livello dell'interfaccia tra corona e margine di chiusura per individuare eventuali deficit. Tali deficit di chiusura, una volta intercettati, appaiono quasi sempre considerevoli e impongono spesso la sostituzione del manufatto [16].

- *Migliore gestibilità del profilo emergente cervicale e minore rischio di insorgenza di condizioni di sofferenza parodontale.* I margini di preparazione cervicali extrasulculari del restauro parziale permettono all'odontotecnico di seguire con precisione il profilo emergente del dente durante la realizzazione del manufatto. Questa condizione, così facile da realizzare per i restauri parziali, non lo è altrettanto per le riabilitazioni full-crown, in cui un leggero profilo emergente oltre preparazione può essere rilevato solo con particolari tecniche di presa dell'impronta (tecnica del doppio filo retrattore); tale operazione prevede una buona abilità da parte dell'operatore. Difatti, nei manufatti full-crown il margine di fine preparazione cervicale si posiziona a livello intrasulculare e il materiale da

impronta deve essere in grado di replicare quest'ultimo e anche qualche decimo di millimetro apicale a tale linea (oltre preparazione). Il rischio è quello di realizzare corone che presentino un sopracontorno orizzontale a livello cervicale, condizione tipicamente associata ad accumulo di placca, difficoltà per il paziente nel detergere gli spazi interprossimali, infiammazione gengivale e predisposizione allo sviluppo di problematiche parodontali.

La preparazione extrasulcolare del restauro parziale protegge, inoltre, dal rischio di violare l'ampiezza biologica parodontale in seguito al posizionamento del margine di chiusura all'interno del solco gengivale libero. Andando a eseguire una comparazione tra margini di preparazione intrasulcolari ed extrasulcolari, questi ultimi hanno evidenziato in modo deciso minore infiammazione dei tessuti parodontali marginali, minore profondità di sondaggio e un minore rischio di perdita di attacco parodontale nel tempo [17].

Ancora una volta, se il tessuto dentale residuo lo permette, per quanto riguarda i settori latero-posteriori (ma probabilmente neanche i denti anteriori, e la riabilitazione con le faccette in ceramica ne è una dimostrazione) non esiste alcun razionale nel posizionare la linea di fine preparazione cervicale all'interno del solco gengivale libero, rischiando l'insorgenza di processi di sofferenza parodontale.

## 5. Materiali ceramici impiegati per la realizzazione dei restauri parziali

I materiali ceramici sono da lungo tempo conosciuti in odontoiatria per la realizzazione di manufatti protesici e fino a qualche decennio fa l'unico loro impiego consisteva nell'esecuzione di un rivestimento estetico a una sottostruttura metallica. Negli ultimi anni hanno fatto la loro comparsa i restauri parziali o totali definiti "metal-free", ovvero privi di sottostruttura metallica; inoltre, qualora si renda necessario un core come sottostruttura (full-crown), quest'ultimo è realizzato mediante l'impiego di materiali ceramici a elevate proprietà meccaniche (zirconia, allumina).

I restauri parziali adesivi non richiedono sottostruttura e, quindi, si possono definire come manufatti ceramici metal-free e core-free.

Le ceramiche dentali in generale sono materiali di natura vetrosa di tipo composito nel senso che al loro interno si ritrovano una matrice di natura vetrosa amorfa (per la quasi totalità dei casi) e

un riempitivo di natura cristallina che influenza le proprietà meccaniche e ottiche del materiale ceramico stesso.

La fase cristallina è, per molte ceramiche, rappresentata da cristalli di leucite che vengono aggiunti dal fabbricante alla fase vetrosa durante la produzione industriale. La leucite, dal punto di vista chimico, è un silicato di potassio e alluminio ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ) e inizialmente è stata inserita nella composizione delle ceramiche dentali per ottenere un materiale con un coefficiente di contrazione volumetrica simile a quello delle leghe metalliche impiegate per la costruzione delle sottostrutture e, pertanto, evitare lo sviluppo di tensioni tra i due materiali durante la lavorazione delle protesi fisse in metallo-ceramica [18]. Il significato dell'aggiunta dei cristalli di leucite ai restauri metal-free risiede nel miglioramento delle proprietà meccaniche del materiale; occorre considerare, inoltre, come la fase cristallina all'interno dell'ammasso amorfo vetroso possa essere generata anche mediante trattamenti termici della massa ceramica che permettono la formazione e la crescita di cristalli a partire da nuclei di cristallizzazione.

### 5.1. Ceramiche per i restauri metal-free cementati adesivamente

Le ceramiche impiegate per realizzare i restauri metal-free devono possedere requisiti che permettano loro di subire i procedimenti di cementazione adesiva, attraverso un agente accoppiante resinoso, con i tessuti duri del dente. Si tratta di materiali ceramici nei quali la fase vetrosa è predominante rispetto alla fase cristallina e si può affermare che sono materiali, in modo analogo ai vetri, con buone proprietà di resistenza alla compressione ma scarsa resistenza alle forze di trazione.

Le ceramiche a elevato contenuto cristallino hanno sicuramente proprietà meccaniche superiori a quelle ad alto contenuto vetroso, ma non possono subire procedimenti di cementazione adesiva e non trovano perciò impiego nella realizzazione dei restauri parziali adesivi.

Nell'ambito delle ceramiche a elevato contenuto vetroso si riconoscono le ceramiche feldspatiche rinforzate con cristalli di leucite e le ceramiche a base di disilicato di litio.

#### 5.1.1. Ceramiche feldspatiche rinforzate con cristalli di leucite

La matrice vetrosa di questi materiali ceramici è costituita da una rete tetragonale di silicati. I tetraedri dei silicati ( $\text{SiO}_2$ ) sono formati da un atomo di silicio (Si) che sostiene quattro legami con

Fig. 2

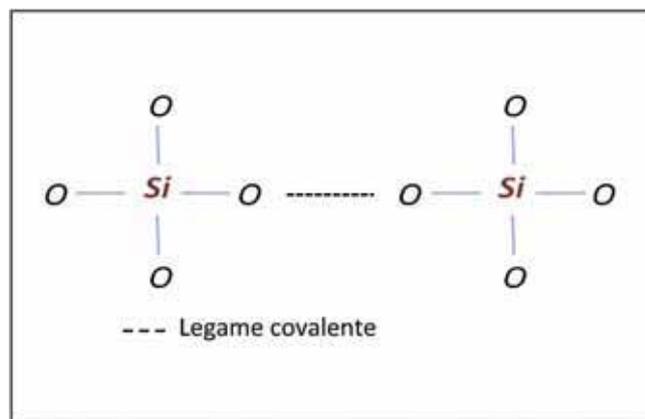


Fig. 2 Formula chimica dei tetraedri di silicati e legame covalente tra gli atomi di ossigeno

atomi di ossigeno. I tetraedri si uniscono tra di loro attraverso legami covalenti tra gli atomi di ossigeno a formare l'ultrastruttura finale del materiale ceramico (fig. 2).

Le ceramiche feldspatiche, così costituite, hanno una temperatura di fusione molto elevata e risultano di difficile manipolazione nelle procedure di lavorazione di laboratorio che portano alla realizzazione del restauro parziale. Allo scopo sono stati introdotti nella composizione del feldspato ossidi metallici di sodio (Na), di litio (Li) e di potassio (K) in grado di abbassare la temperatura di fusione dell'ammasso ceramico [19]. In pratica, tali ossidi si inseriscono nella struttura tridimensionale impedendo la formazione dei legami ossigeno tra i tetraedri di silicio.

Le porcellane feldspatiche prive di ossidi metallici hanno una temperatura di fusione compresa tra 1.250 e 1.350 °C, mentre l'introduzione, in quantitativo variabile, di ossidi metallici permette di ottenere porcellane feldspatiche a temperatura di fusione media (1.050-1200 °C) e bassa (800-1.050 °C).

Il contenuto cristallino di questi materiali è rappresentato da cristalli di leucite aggiunti dal fabbricante in proporzione variabile dal 20 al 40%. I cristalli di leucite si trovano in uno stato cristallino tetragonale che diventa cubico oltre i 400 °C e questo evento, reversibile, provoca un deciso aumento di volume del minerale, caratteristica ritenuta favorevole nelle protesi fisse in metallo-ceramica per rendere omogenei i coefficienti di dilatazione termica dei due materiali.

Nei restauri metal-free questa caratteristica può invece risultare, teoricamente, sfavorevole in quanto è responsabile della formazione di microcrack interni alla massa ceramica durante il

raffreddamento e, quindi, di una decisa riduzione delle proprietà meccaniche del materiale. Tali microcrack si formano nella porzione vetrosa che circonda i cristalli di leucite proprio in virtù del diverso coefficiente di espansione termica tra i cristalli e la fase vetrosa e del fatto che il ritorno allo stato tetragonale della leucite è temperatura-dipendente (400 °C). In pratica, si assiste a una contrazione dimensionale della fase vetrosa su particelle cristalline (leucite) di dimensioni notevolmente aumentate dalla temperatura e ancora in fase di trasformazione.

In realtà il fenomeno è più complesso di quanto potrebbe sembrare in quanto, nonostante la formazione dei microcrack interni che potenzialmente rappresentano punti di innesco per una frattura del materiale, le ceramiche feldspatiche contenenti leucite hanno proprietà meccaniche superiori rispetto a quelle esclusivamente vetrose. Inizialmente il fenomeno è stato interpretato nel senso che le particelle cristalline sono in grado di opporsi alla propagazione delle crepe all'interno del materiale ceramico. Tale condizione appare improbabile in considerazione delle scarse proprietà meccaniche della leucite rispetto, per esempio, alle particelle di allumina o di zirconia le quali, essendo a elevata durezza, possono opporsi alla propagazione delle crepe nel materiale ceramico. Denry et al. [20] hanno fornito una razionale spiegazione della ragione per cui l'aggiunta dei cristalli di leucite determina un aumento delle proprietà meccaniche della ceramica feldspatica. In pratica il diverso coefficiente di espansione termica e il diverso tempo necessario alle due fasi per ritornare nello stato dimensionale originario, oltre a generare la formazione dei microcrack, produce uno stress da compressione nella fase vetrosa che circonda i cristalli di leucite e tale evento sembra essere responsabile dell'aumento delle proprietà meccaniche del materiale.

Gli stessi autori, a conferma della loro tesi, hanno realizzato un modello sperimentale aggiungendo alla miscela feldspatica, oltre ai cristalli di leucite, un additivo chiamato "pollucite" capace di stabilizzare la leucite nello stato cubico durante il raffreddamento. Il non ritorno allo stato tetragonale da parte della leucite evita le discrepanze dimensionali tra quest'ultima e la fase vetrosa, impedendo la formazione dei microcrack. La porcellana feldspatica arricchita con pollucite presenta proprietà meccaniche decisamente inferiori rispetto a quella contenente esclusivamente leucite, a conferma dell'importante ruolo che le forze di compressione sulla fase vetrosa, tangenziali ai cristalli, rivestono nel migliorare le proprietà meccaniche della struttura ceramica.

*Procedure di laboratorio per la realizzazione dei manufatti in porcellana feldspatica.* I restauri parziali in ceramica feldspatica vengono realizzati in laboratorio attraverso diverse procedure. Il procedimento più noto e tradizionale è quello che vede la formazione di un impasto di polvere di ceramica e acqua che viene successivamente apposto su un modello refrattario (riproducente la cavità conservativa) in grado di resistere alle alte temperature necessarie per la cottura della ceramica.

I procedimenti di condensazione dell'impasto polvere di ceramica/acqua possono favorire, tuttavia, l'incorporazione all'interno della struttura finale di numerose porosità. Queste porosità possono essere il punto di innesco e di propagazione di microcrack internamente alla massa ceramica, aumentando così il rischio di frattura del manufatto [21,22]. L'introduzione dei procedimenti di sinterizzazione dell'impasto di ceramica mediante forni dedicati sotto vuoto ha permesso la decisa

riduzione delle porosità interne al manufatto dal 5,6% allo 0,56% [23].

Una modalità di manipolazione diversa e di più recente introduzione è quella prevede la realizzazione in cera dei restauri che vengono poi sottoposti a procedimenti di fusione a cera persa con una sequenza simile a quella messa in opera per confezionare le sottostrutture metalliche. Al posto del metallo vengono liquefatti blocchetti di ceramica che, allo stato liquido, viene in seguito iniettata sotto pressione all'interno del cilindro refrattario. Si parla di ceramiche pressofuse (fig. 3a-h).

Le ceramiche pressofuse vengono manipolate alla temperatura di 1.150 °C con una pressione corrispondente a 0,3-0,4 MPa. Tali valori di temperatura e pressione vengono mantenuti per

Fig. 3a



Fig. 3c



Fig. 3a-h Restauri parziali in ceramica feldspatica rinforzata con leucite a carico di 4.6 e 4.7; i manufatti sono realizzati mediante procedimenti di pressofusione e cementati con tecniche adesive smalto-dentinali

Fig. 3b



Fig. 3d

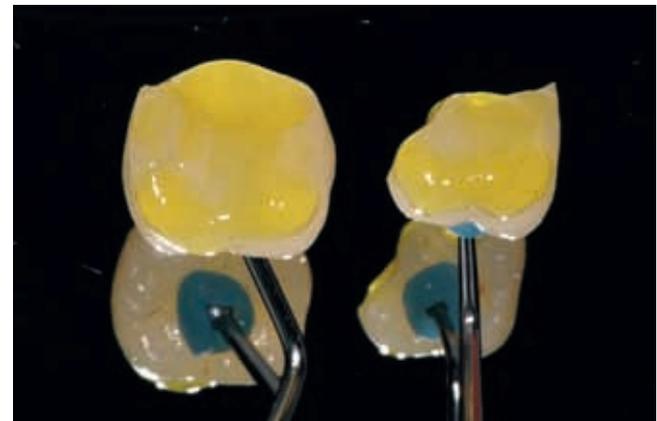


Fig. 3e

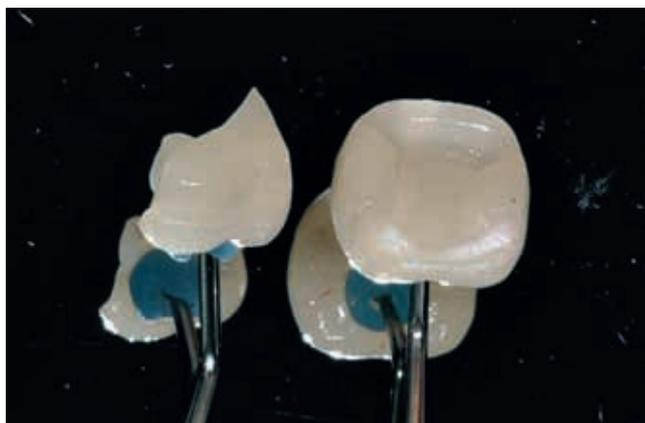


Fig. 3f



Fig. 3g



Fig. 3h



almeno 20 min dopo il procedimento di pressofusione nel cilindro refrattario e l'ultrastruttura finale è costituita da porcellana feldspatica rinforzata da cristalli di leucite (40% in volume) in forma tetragonale di dimensioni comprese nel range 1-5  $\mu\text{m}$ . I procedimenti di pressofusione riducono l'incorporazione di vuoti e porosità all'interno della massa ceramica, aumentando così le proprietà meccaniche del manufatto.

Esistono in commercio blocchi di ceramica feldspatica rinforzata con leucite di diverso colore e trasparenza che realizzano manufatti monocromatici i quali poi vengono caratterizzati attraverso procedimenti di pittura mediante intensivi colorati di natura vetrosa.

Una terza modalità di confezionamento di restauri parziali in ceramica è quella che vede l'ausilio di procedure CAD-CAM (Computer-Aided Design, CAD, e Computer-Aided Manufacturing, CAM). Tali procedure prevedono l'assistenza

del computer per la progettazione e la realizzazione del manufatto. In pratica, un lettore sensibile è in grado di leggere la forma della preparazione cavitaria, che viene inviata attraverso un file a una macchina in grado di ottenere, per sottrazione da un blocchetto preformato di porcellana feldspatica, il manufatto finale. I blocchi di ceramica suscettibili ai procedimenti di lavorazione CAD-CAM hanno un contenuto cristallino di leucite intorno al 45% in volume e dimensioni delle particelle intorno a 5-10  $\mu\text{m}$  [24].

### 5.1.2. Ceramiche a base di disilicato di litio

Le ceramiche a base di disilicato di litio ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ) sono vetroceramiche, ovvero materiali ceramici in cui si ritrovano una fase vetrosa e una fase cristallina che si viene a formare e accrescere durante la lavorazione del materiale stesso.

A una base vetrosa vengono aggiunti elementi in grado di catalizzare lo sviluppo dei cristalli: si parla di "agenti enucleanti". Tale massa vetrosa viene riscaldata ad alte temperature (750-850 °C) e in questa fase, che viene mantenuta per un certo periodo di tempo, si assiste alla formazione dei cristalli. Successivamente la temperatura dell'ammasso vetroso-cristallino viene innalzata (1.000-1.150 °C) e si verificano l'ulteriore formazione e l'accrescimento dei cristalli. Questa temperatura viene mantenuta per un periodo variabile a seconda del grado di cristallizzazione che si vuole conferire alla struttura ceramica [25].

I materiali ceramici a base di disilicato di litio hanno una struttura cristallina (costituita appunto da tale elemento) che occupa quasi il 70% dell'intera massa ceramica e che conferisce al materiale proprietà meccaniche decisamente superiori rispetto alle porcellane feldspatiche rinforzate con leucite. Per riportare alcuni dati, le ceramiche a base di disilicato di litio hanno una resistenza alla flessione ("flexural strength") pari a 350-450 MPa e una resistenza alla frattura circa tre volte superiore a quella delle ceramiche feldspatiche rinforzate con leucite [26].

Dal punto di vista ultrastrutturale i cristalli di disilicato di litio hanno una forma appuntita simile ad aghi che accrescendosi in modo disordinato formano un fitto intreccio cristallino capace di conferire al materiale elevate proprietà meccaniche e di opporsi alla propagazione dei microcrack di frattura.

La principale caratteristica estetica delle ceramiche a base di disilicato di litio è, nonostante l'elevata percentuale cristallina, l'elevata traslucenza, proprietà che le rende indicate per i restauri parziali ceramici delle aree del cavo orale ad alto valore estetico. L'elevata traslucenza del materiale sembra sia dovuta al basso indice di rifrazione dei cristalli di disilicato di litio.

*Procedure di laboratorio per la realizzazione dei manufatti in disilicato di litio.* Il confezionamento dei restauri a base di disilicato di litio si basa sulla manipolazione del materiale attraverso i procedimenti di pressofusione e di lavorazione CAD-CAM prima descritti per le ceramiche feldspatiche rinforzate con leucite.

## 6. Principi di preparazione cavitaria

I principi di preparazione cavitaria per il confezionamento di restauri parziali in ceramica devono rispondere ad alcuni

requisiti, tra i quali, in primo luogo, l'isolamento del campo operatorio mediante diga di gomma. Come già detto, in alcune condizioni si rendono necessarie la riduzione delle cuspidi e la successiva ricopertura con il restauro parziale. Si riconoscono, quindi (fig. 4a-d):

- *restauri parziali inlay*, non è prevista la ricopertura cuspidale e il restauro, pertanto, interessa solo la superficie oclusale ed eventualmente le zone interprossimali con una ridotta estensione del box in senso vestibolo-palatale/linguale;
- *restauri parziali onlay*, è prevista la ricopertura di una o più cuspidi dell'elemento dentale;
- *restauri parziali overlay*, si procede alla ricopertura di tutte le cuspidi e al ripristino dell'anatomia del terzo coronale/medio dell'elemento dentale.

Nella preparazione di una cavità atta a ospitare un restauro inlay/onlay in ceramica il clinico deve considerare una forma/geometria che sia conveniente e permetta un agevole inserimento del manufatto.

I margini della preparazione cavitaria devono essere posizionati in modo tale da garantire una loro facile rifinitura, la rilevazione con il materiale da impronta e l'agevole rimozione del materiale da cementazione in eccesso durante tale procedura [27].

Le pareti assiali della cavità ed eventualmente quelle del box interprossimale devono essere parallele tra loro e leggermente divergenti (10-15°) verso il piano oclusale per permettere il facile inserimento del manufatto.

I contorni periferici della cavità devono essere netti e non presentare alcun tipo di bisello, condizione che renderebbe i margini eccessivamente sottili e a rischio di frattura.

Gli angoli interni devono essere arrotondati ed eventualmente la rifinitura di tutti i contorni può essere effettuata con l'ausilio di strisce abrasive o inserti diamantati abrasivi montati su manipoli EVA.

L'intimo adattamento periferico tra il restauro e i tessuti duri del dente preparati avviene per mezzo dei procedimenti di cementazione adesiva, in seguito all'interposizione della resina composta da cementazione.

Nel caso sia presente un box interprossimale, il suo margine cervicale deve essere di almeno 1-1,5 mm extrasulculare per permettere un buon rilevamento di quest'ultimo con il materiale da impronta e per fornire all'odontotecnico un profilo emergente da seguire durante la realizzazione del manufatto.

Fig. 4a



Fig. 4b



Fig. 4c



Fig. 4d



Fig. 4a-d Preparazioni cavitarie rispettivamente per inlay, onlay e overlay e rifinitura dei margini mediante inserti diamantati montati su manipoLO EVA

## 7. Suscettibilità dei restauri parziali in ceramica ai procedimenti di cementazione adesiva

I restauri parziali in ceramica vengono cementati con tecniche adesive che prevedono:

- l'ibridizzazione (formazione dello strato ibrido) dei tessuti duri del dente costituenti la cavità che ospiterà il restauro;
- l'adesione al materiale ceramico costituente il manufatto;
- l'uso di un materiale resinoso che funge da agente accoppiante tra la cavità e il manufatto.

Tema di questo paragrafo è valutare la suscettibilità alla cementazione di un restauro parziale in ceramica mediante tecniche adesive e le procedure cliniche da mettere in atto.

Con il termine "cementazione adesiva" s'intende una procedura che prevede la formazione di uno strato ibrido (a opera delle strategie adesive smalto-dentali) sui tessuti duri del dente e un'adesione micromeccanica al materiale costituente il manufatto [28].

L'accoppiamento tra le due superfici avviene a opera di un agente resinoso (resina composita, duale ecc.) in grado di stabilire un legame con le due superfici da unire, che sono state precedentemente condizionate (formazione dello strato ibrido, microirregolarità sulla ceramica, silanizzazione ecc.).

Senza dilungarsi oltre misura sulle tecniche adesive smalto-dentali – riguardo alla quali si possono ricordare i risultati evidenziati dalla revisione sistematica condotta da Peumans et al. [1], che evidenziano come la migliore efficacia clinica sia fornita dai sistemi adesivi "etch and rinse" a tre passaggi e dai sistemi "self-etching primer" a due passaggi – si focalizza la trattazione sulle procedure necessarie per rendere ricettivo il

substrato ceramico alle procedure adesive e sui materiali resinosi accoppianti.

Le vetroceramiche, ovvero le ceramiche feldspatiche rinforzate con leucite e le ceramiche a base di disilicato di litio, sono materiali costituiti da una matrice di natura vetrosa che può essere parzialmente dissolta mediante l'applicazione di un acido (mordenzatura). L'azione mordenzante viene ottenuta applicando sulla superficie ceramica acido fluoridrico (HF) in forma gel/semigel in grado di dissolvere parzialmente la componente vetrosa e, quindi, di formare microscopici canali e porosità atti a fornire, teoricamente, ritenzione alla resina fluida (bonding) da cementazione.

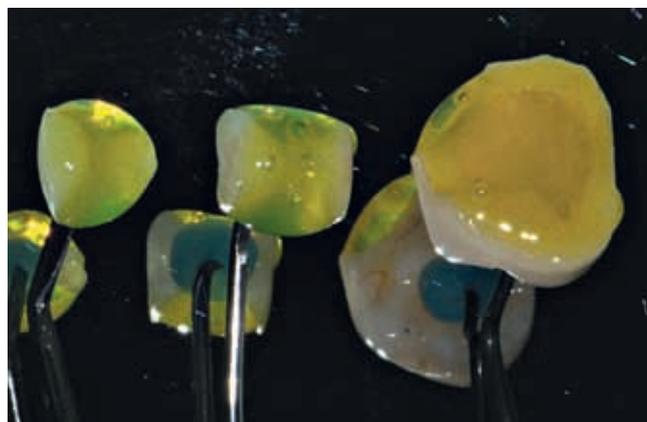
Per quanto riguarda la concentrazione di HF e i tempi di applicazione necessari per produrre un valido pattern ritentivo, Magne et al. [13] riportano una concentrazione del 10% per un tempo di applicazione di 90 s (fig. 5a,b). Secondo Chen et al. [29] una concentrazione del 5% per un tempo di applicazione pari a 120 s è in grado di produrre il pattern maggiormente ritentivo rispetto ad altri tempi d'applicazione. Kukiattrakoon et al. [30] ritengono che si ottenga un valido pattern di mordenzatura della ceramica e di forza adesiva di una resina fluida nei confronti di quest'ultima con concentrazioni di HF pari al 9,6% e tempi di applicazione di 4 min.

Il risciacquo dell'agente mordenzante dalle superfici ceramiche condizionate lascia sulla superficie stessa, dopo asciugatura, una pellicola biancastra formata da precipitati cristallini (sali)



**Fig. 5a,b** Mordenzatura della superficie ceramica di adesione con acido fluoridrico al 10% per 90 s e pellicola biancastra di sali depositata sulla superficie dopo risciacquo come conseguenza della reazione tra acido fluoridrico e costituenti della ceramica

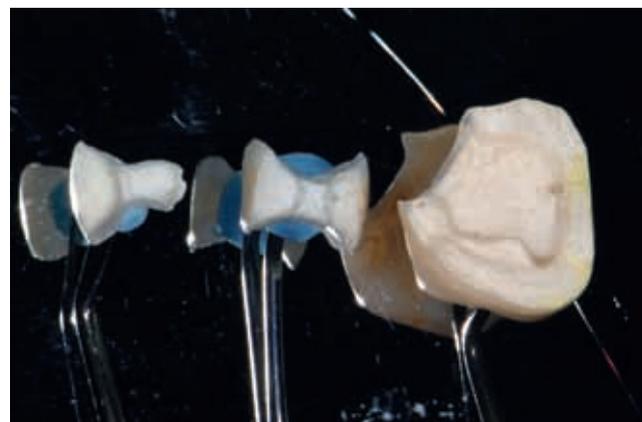
**Fig. 5a**



derivanti dalla reazione tra l'HF e gli ioni sodio (Na), potassio (K), calcio (Ca) e alluminio (Al) [31]. Questa pellicola di precipitati minerali ricopre le microporosità create dall'azione mordenzante dell'HF, riducendo notevolmente il potenziale ritentivo della superficie ceramica verso la resina fluida (fig. 5a,b). Prima dell'applicazione della resina fluida è quindi importante rimuovere tale pellicola, che non è solubile in acqua ma è suscettibile di disgregazione in seguito all'immersione del manufatto in soluzione di alcol al 95% o acetone in una vasca capace di generare ultrasuoni per qualche minuto (4-5 min) [13,27].

Il trattamento di superficie della ceramica con HF è in grado di produrre le microirregolarità prima descritte, ma l'energia libera di superficie rimane comunque abbastanza bassa e, pertanto, appare difficile che tali microirregolarità possano essere completamente infiltrate dalla resina fluida e determinare, così, una tenace adesione con il materiale resinoso da cementazione [32]. A questo scopo, un successivo trattamento della ceramica mordenzata con una soluzione contenente una molecola bifunzionale chiamata "silano" (gamma-metacrilossipropil-trimetossisilano) consente, in primo luogo, di aumentare l'energia libera di superficie della ceramica (e perciò la sua bagnabilità) e, in secondo luogo, di stabilire un legame chimico vero e proprio tra il materiale ceramico e il materiale resinoso da cementazione. I silani possiedono un gruppo funzionale OH capace di interagire, stabilendo legami chimici, con le particelle inorganiche della ceramica e un gruppo metacrilico (all'estremità opposta) capace di polimerizzare con i gruppi metacrilici della resina fluida bonding e, di conseguenza, anche con la resina acrilica da cementazione [33].

**Fig. 5b**



Il silano, fornito dal fabbricante in forma liquida, viene applicato sulla superficie ceramica mordenzata e asciutta mediante un pennellino (microbrush). Il solvente alcolico/acquoso presente tende spontaneamente a evaporare depositando sulla superficie la molecola “attiva” del silano (gamma-metacrilossipropil-trimetossisilano). Alcune pubblicazioni riportano come la modalità di applicazione del silano sulla superficie ceramica eserciti una certa influenza sull’adesione che quest’ultima può presentare verso il cemento resinoso. In particolare, il riscaldamento della superficie ceramica determina una condensazione delle molecole funzionali del silano, migliorando la qualità del legame covalente con le componenti inorganiche della ceramica.

Ancora, il trattamento termico facilita l’eliminazione dei solventi (alcol e acqua) dalla superficie ceramica. Fabianelli et al. [34] mettono in evidenza, con un test in vitro, come il trattamento termico della superficie ceramica con getto d’aria calda a 100 °C per un breve periodo di tempo produca valori adesivi, al micro-tensile bond strength ( $\mu$ TBS), superiori rispetto all’applicazione non seguita da trattamento termico. Sempre gli stessi autori rimarcano che il trattamento termico della ceramica silanizzata può escludere il ricorso alla mordenzatura con HF e i campioni trattati in questa maniera evidenziano, al  $\mu$ TBS, fratture coesive interne alla resina da cementazione, segno di un efficace legame adesivo di questa con la superficie ceramica.

Anche Moharamzadeh et al. [35] sostengono che il trattamento della superficie ceramica all’interno di un forno riscaldato a 100 °C prima dell’applicazione del silano migliora decisamente la qualità del legame adesivo con la resina da cementazione.

Occorre considerare, inoltre, che esistono in commercio alcune soluzioni che fungono da promotori di adesione alla ceramica contenenti, oltre a molecole funzionali simili a quelle dei

silani, anche monomeri acrilici (10-metacriloilossidecil-fosfato diidrogenato, MDP) i quali sembrano evidenziare capacità adesive nei confronti dei gruppi idrossido della ceramica [36].

Alcune raccomandazioni per il trattamento di superficie dei manufatti ceramici prima della cementazione adesiva sono riportate nella tab. III.

In merito al materiale resinoso accoppiante che si può impiegare per la cementazione dei restauri parziali in ceramica, si possono riconoscere le resine composite fotoindurenti e le resine composite duali.

### 7.1. Resine composite fotoindurenti

Si tratta delle resine composite normalmente impiegate per le procedure restaurative dirette sia nella loro forma fisica a elevata viscosità (o convenzionali) sia in quella a bassa viscosità o “flowable”.

Le resine composite flowable sembrano favorevoli in quanto oppongono scarsa resistenza all’inserimento del manufatto all’atto della cementazione, ma proprio questa loro caratteristica ne complica il controllo e la rimozione degli eccessi, soprattutto in aree topografiche difficilmente esplorabili come quelle interprossimali. Opinione personale dell’autore è quella di preferire ai compositi flowable dei compositi convenzionali precedentemente riscaldati, condizione che ne riduce la viscosità e aumenta decisamente la tissotropicità del materiale [37].

Il vantaggio dell’impiego delle resine composite convenzionali riscaldate risiede nel fatto che gli eccessi possono essere facilmente rimossi in modo preciso con un’azione di taglio mediante uno strumento metallico affilato e sporcato con resina fluida: tale operazione rende ottimale l’azione di taglio senza stirare la resina composita né rischiare di rimuoverla dall’interfaccia di cementazione. Il riscaldamento della massa di resina composita può

**Tabella III** Raccomandazioni per il trattamento di superficie dei manufatti ceramici prima delle procedure di cementazione adesiva

1	Mordenzatura delle superfici di adesione con soluzione in gel/semigel di acido fluoridrico a una concentrazione intorno al 10% per un tempo di applicazione di circa 90 s
2	Abbondante risciacquo dell’acido fluoridrico con getto d’acqua o spray aria/acqua
3	Immersione dei manufatti in una vasca a ultrasuoni contenente soluzione di alcol o acetone per qualche minuto
4	Asciugatura della superficie di adesione con getto d’aria non contaminato e con soluzione a base di alcol per eliminare i residui di acqua dalle microporosità create
5a	Applicazione di più strati di silano e asciugatura della superficie con getto di aria calda (100(C)
5b	Riscaldamento dei manufatti in fornello dedicato alla temperatura di circa 100(C e successiva applicazione del silano in più strati

Fonte: modificata da Magne P, et al. Restauri adesivi in ceramica dei denti anteriori. Passirana di Rho (MI): Quintessenza, 2003.

avvenire utilizzando apparecchiature dedicate in grado di controllare e mantenere costante la temperatura, oppure immergendo la siringa del materiale o i cavifill monodose (opportunamente protetti da un sacchetto di plastica per alimenti) in un contenitore o bollitore contenente acqua calda (a 50 °C circa).

Una questione dibattuta in merito all'impiego dei materiali foto-indurenti per la cementazione dei restauri parziali rimane quella legata a una loro adeguata polimerizzazione successivamente all'inserimento del manufatto. Difatti, sia il sistema adesivo applicato sui tessuti dentali sia il materiale resinoso da cementazione vengono polimerizzati solamente dopo il perfetto adattamento del restauro parziale, per evitare di creare spessori che impedirebbero un preciso adattamento di quest'ultimo. Di conseguenza, anche la polimerizzazione del sistema adesivo applicato sui tessuti duri del dente viene posticipata e accorpata alla polimerizzazione della resina composita da cementazione una volta ottenuto il fit del manufatto. Per garantire valide proprietà meccaniche e di stabilità nel tempo, il sistema adesivo e la resina composita da cementazione devono raggiungere un adeguato grado di conversione e a tal fine si deve fornire loro un'adeguata densità energetica (intensità luminosa della lampada per tempo di esposizione). Il restauro parziale, con alcune variabilità associate alla natura del materiale costituente, si oppone alla trasmissione della luce e appare chiaro il rischio che la resina composita e il sistema adesivo non subiscano un corretto processo di polimerizzazione.

Ancora, bisogna ricordare che non solo il restauro si oppone alla trasmissione della luce emessa dall'unità di fotopolimerizzazione, ma si ha anche una riduzione dell'intensità luminosa legata alla distanza tra puntale della lampada e resina composita/sistema adesivo che deve subire la polimerizzazione al di sotto del manufatto [38]. Acquaviva et al. [39] hanno condotto uno studio in vitro per valutare come e in quale misura lo spessore del restauro parziale influenzi la polimerizzazione della resina composita da cementazione sottostante. Usando una resina composita microibrida per la cementazione e restauri parziali in spessori di 2, 3 e 4 mm hanno valutato, dopo un adeguato ciclo di esposizione luminosa, il grado di conversione della resina composita da cementazione. Gli autori hanno considerato anche l'eventuale influenza del tempo di esposizione alla sorgente luminosa sul grado di conversione della resina composita agendo sull'intensità luminosa emessa

e, quindi, mantenendo costante la densità energetica fornita durante la procedura (per esempio:  $60 \text{ s} \times 800 \text{ mW/cm}^2 = 48.000 \text{ mJ/cm}^2$ , piuttosto che  $120 \text{ s} \times 400 \text{ mW/cm}^2 = 48.000 \text{ mJ/cm}^2$ ). I risultati dello studio sostengono come lo spessore del restauro parziale influenzi il grado di conversione della resina composita da cementazione soprattutto quando questo è superiore a 2 mm, mentre un aumento del tempo di esposizione luminosa mantenendo costante la densità energetica non esercita alcuna influenza sul grado di conversione della resina composita stessa. Tale conclusione supporta ulteriormente l'importanza e il valore scientifico del concetto di densità energetica di polimerizzazione.

Un'osservazione importante riportata dagli stessi autori si riferisce al fatto che preriscaldando il medesimo composito da cementazione a 54 °C le differenze tra grado di conversione e spessore del restauro parziale diventano decisamente meno importanti. Il grado di conversione della resina composita da cementazione preriscaldata a 54 °C al di sotto di un restauro parziale dello spessore di 4 mm – che può considerarsi uno spessore considerevole – raggiunge valori accettabili e in linea con quelli evidenziati per i compositi in commercio impiegati mediante tecnica diretta. Il motivo è probabilmente da ricercare in una più efficace cinetica di polimerizzazione dei monomeri resinosi del composito. Dal punto di vista clinico la procedura deve essere svolta con una certa velocità in quanto la caduta di temperatura del materiale, una volta allontanato dalla fonte di calore, avviene rapidamente (fig. 6a-d).

La resina composita preriscaldata e successivamente raffreddata all'interno della siringa mantiene integre le sue proprietà e può essere utilizzata nuovamente (a patto che non sia stata contaminata) per successive operazioni di cementazione adesiva [40].

Occorre comunque tenere in considerazione che esiste uno spessore di materiale che la luce deve attraversare, pertanto i valori di densità energetica devono essere necessariamente aumentati rispetto a quelli richiesti da una resina composita direttamente esposta alla sorgente luminosa.

## 7.2. Resine composite duali

Le resine composite duali sono materiali resinosi che subiscono polimerizzazione in seguito a un processo di attivazione mediato in parte dall'energia luminosa fornita dalla lampada e in parte da

Fig. 6a



Fig. 6b



Fig. 6c



Fig. 6d



Fig. 6a-d Restauri parziali in ceramica feldspatica cementati con tecniche adesive e impiegando una resina composita convenzionale preriscaldata

una reazione chimica che si innesca nel momento della miscelazione dei due componenti costituenti.

Lohbauer et al. [41] riportano come le resine composite duali siano in grado di raggiungere un grado di conversione superiore e più omogeneo intorno al restauro parziale rispetto alle resine composite fotoindurenti. Lo studio già citato di Acquaviva et al. [39] sostiene la precedente affermazione, ma aggiunge anche che il grado di conversione di una resina composita tradizionale preriscaldata si avvicina molto a quello raggiunto da una resina duale.

Il limite delle resine composite duali risiede nel fatto che sono fornite in una forma fisica a bassa viscosità e presentano, quindi, gli stessi limiti dei compositi flowable fotoindurenti nei procedimenti di cementazione adesiva del manufatto, ovvero una

considerabile difficoltà nel rimuovere e controllare gli eccessi di materiale successivamente all'inserimento del restauro.

## 8. Sopravvivenza dei restauri parziali in ceramica cementati adesivamente

Questo paragrafo si pone come obiettivo quello di determinare la sopravvivenza dei restauri parziali in ceramica cementati con tecniche adesive. I dati sono ricavati dall'analisi di una serie di casi clinici valutati longitudinalmente e che possono collocarsi al livello 4 nella gerarchia dell'evidenza scientifica. La mancanza della randomizzazione dei campioni e l'assenza di un gruppo di controllo (per alcuni campioni esiste esclusivamente una diversa tecnica di cementazione dei restauri) impediscono agli studi esaminati un maggiore rilievo nella scala dell'odontoiatria basata sull'evidenza.

In tali studi, l'analisi di sopravvivenza è condotta con il metodo di Kaplan-Meier, in grado di mettere in rapporto un certo esito o evento con il fattore tempo. Nella valutazione della longevità dei restauri parziali in ceramica non esiste un evento particolare da considerare e, quindi, il tempo di sopravvivenza corrisponde a quello compreso tra l'ingresso nello studio e la fine dell'osservazione. Più in dettaglio, con il metodo di Kaplan-Meier si tiene conto non solo del tempo intercorrente tra l'ingresso nello studio e l'uscita da quest'ultimo, ma anche degli intermedi temporali, generalmente stabiliti in mesi di osservazione [42].

I dati espressi dal test di Kaplan-Meier considerano la perdita, per cause diverse, dei campioni durante il periodo di osservazione (drop-out).

Riguardo agli outcome impiegati per lo studio della longevità dei restauri, i lavori esaminati valutano:

- la frattura del restauro;
- lo sviluppo di carie secondaria nell'interfaccia cavità/restauro;
- l'estrazione dell'elemento dentale per motivi endodontici/parodontali;
- i criteri stabiliti dallo US Public Health Service (USPHS) e modificati secondo van Dijken et al. [43], ossia il mantenimento della forma anatomica, l'adattamento marginale, la conservazione delle caratteristiche cromatiche (color match), la discolorazione marginale, la rugosità superficiale e lo sviluppo di carie secondaria.

La presente revisione si propone inoltre di suddividere i materiali impiegati per la costruzione dei restauri parziali e di condurre un'analisi comparativa tra questi.

### 8.1. Ceramica feldspatica manipolata mediante stratificazione

Si tratta di manufatti realizzati mediante un procedimento di stratificazione di un impasto di polvere di porcellana feldspatica, rinforzata con leucite, e acqua, successivamente posto a cottura a elevata temperatura al fine di ottenere la sinterizzazione tra loro delle particelle di porcellana a formare la struttura compatta. Fuzzi et al. [44] hanno valutato longitudinalmente 183 intarsi in 67 pazienti, effettuati sia su premolari sia su molari in un'attività clinica privata. I criteri di valutazione al follow-up comprendevano l'osservazione di frattura, lo sviluppo di carie secondaria, problemi endodontici e parodontali. Alla valutazione a 10 anni gli autori evidenziavano una longevità del 97% dei manufatti ceramici e la principale causa di fallimento era da riferire a problemi

endodontici, mentre solo nell'1% dei casi (N = 1) si osservava una frattura del restauro parziale.

Van Dijken et al. [43] hanno considerato 118 intarsi in 50 pazienti (77 su premolari e 41 su molari) trattati presso strutture pubbliche e cliniche universitarie svedesi, valutandoli in base ai criteri USPHS. Il follow-up a 6 anni evidenziava una sopravvivenza pari all'88% e le cause di fallimento erano da riferire a frattura parziale in 3 campioni e allo sviluppo di carie secondaria in 2 campioni. Hayashi et al. [45] hanno considerato in modo longitudinale prospettico 49 restauri parziali in 29 pazienti (27 su premolari e 22 su molari) trattati presso il reparto universitario di conservativa a Osaka. La valutazione al follow-up era effettuata secondo i criteri USPHS. La rivalutazione a 6 anni era pari al 92% dei campioni e le cause di fallimento evidenziavano sviluppo di carie secondaria e dolore spontaneo, evento che richiedeva il trattamento endodontico.

Gli stessi autori hanno continuato la loro valutazione longitudinale con un follow-up a 8 anni [46] evidenziando una caduta della percentuale di sopravvivenza, che si attestava intorno all'80%, e la comparsa in una certa misura di problemi legati alla frattura dei restauri (N = 6). L'insorgenza di fratture e microfratture a carico dei restauri parziali potrebbe rappresentare un problema riguardo alla longevità di tali dispositivi in un periodo di tempo superiore a 8 anni di funzione clinica.

Sulla scorta di questi pochi studi considerati si può concludere che i restauri parziali, realizzati in porcellana feldspatica stratificata, in un periodo di osservazione compreso tra i 6 e i 10 anni mostrano una percentuale di sopravvivenza compresa tra l'80% e il 97%. Si può quindi affermare, con le dovute cautele, che la sopravvivenza di tali dispositivi è comunque soddisfacente (tab. IV).

### 8.2. Ceramica feldspatica manipolata mediante pressofusione

La ceramica utilizzata per la realizzazione di questi manufatti è manipolata attraverso i procedimenti di pressofusione in precedenza descritti.

Krämer et al. [47] hanno valutato in modo prospettico 96 restauri in 34 pazienti trattati in Germania presso l'Università di Erlangen-Nuremberg. La metodica di valutazione al follow-up rispondeva ai criteri USPHS. Il follow-up a 4 anni evidenziava una sopravvivenza pari al 93% e le principali cause di fallimento erano da riferire a fratture coesive del manufatto (N = 4) e a problemi

**Tabella IV** Studi clinici longitudinali prospettici che evidenziano la sopravvivenza dei restauri parziali in porcellana feldspatica manipolata mediante stratificazione

Autori	Numero di campioni e pazienti	Criteri di valutazione	Tempo di osservazione (anni)	Sopravvivenza (%)
• Fuzzi et al. [44]	183 restauri in 67 pazienti	Frattura Carie secondaria Problemi endodontici e parodontali	10	97
• van Dijken et al. [43]	118 restauri in 50 pazienti	USPHS	6	88
• Hayashi et al. [45]	49 restauri in 29 pazienti	USPHS	6	92
• Hayashi et al. [46]	45 dei restauri iniziali (N=49) in 25 pazienti	USPHS	8	80

Legenda: USPHS = US Public Health Service.

endodontici (N = 3). Gli autori sottolineano come la ricopertura cuspidale attraverso onlay non influenzi in modo negativo la sopravvivenza del restauro.

Gli stessi autori hanno considerato gli stessi restauri a 6 e a 8 anni [48,49] trovando valori di sopravvivenza pari al 93% e 92%, rispettivamente. All'osservazione a 8 anni, la principale causa di fallimento risultava la frattura del restauro (N = 6) e in misura minore lo sviluppo di problemi di sofferenza pulpale (N = 2).

Fradeani et al. [50], in un'analisi longitudinale prospettica condotta presso una struttura privata, hanno considerato 125 restauri parziali, dei quali il 60% posizionati su molari, utilizzando i criteri di valutazione USPHS. La sopravvivenza a 4,5 anni era pari al 96%.

Studer et al. [51], considerando 130 restauri in 37 pazienti, hanno rilevato una sopravvivenza a 2 anni del 97,5%.

Lehner et al. [52] hanno condotto uno studio clinico prospettico per valutare la sopravvivenza di 138 restauri parziali impiegando, per la valutazione a distanza, i criteri USPHS. La sopravvivenza a 6 anni era pari al 95%. Gli autori sottolineano che non esistono differenze di longevità tra molari e premolari e tra inlay e onlay.

Da questa breve disamina si può desumere che i restauri parziali realizzati in porcellana feldspatica manipolata mediante i procedimenti di pressofusione, in un'osservazione prospettica compresa tra i 4 e gli 8 anni, evidenziano una percentuale di sopravvivenza compresa tra il 92% e il 96%. Alla luce di tali dati si può affermare, sempre con le dovute cautele, che la sopravvivenza di questi dispositivi è soddisfacente e superiore a quella dei dispositivi realizzati mediante stratificazione della ceramica (tab. V).

**Tabella V** Studi clinici longitudinali prospettici che evidenziano la sopravvivenza dei restauri parziali in porcellana feldspatica manipolata mediante pressofusione

Autore	Numero di campioni e pazienti	Criteri di valutazione	Tempo di osservazione (anni)	Sopravvivenza (%)
• Krämer et al. [47]	96 restauri in 34 pazienti	USPHS	4	93
• Frankenberger et al. [48]	69 dei restauri iniziali (N=96)	USPHS	6	93
• Krämer et al. [49]	60 dei restauri iniziali (N=96)	USPHS	8	92
• Fradeani et al. [50]	125 restauri in 29 pazienti	USPHS	4,5	96
• Studer et al. [51]	130 restauri in 37 pazienti	USPHS	2	97,5
• Lehner et al. [52]	138 restauri	USPHS	6	95

Legenda: USPHS = US Public Health Service.

**Tabella VI** Studi clinici longitudinali prospettici che evidenziano la sopravvivenza dei restauri parziali in porcellana feldspatica manipolata attraverso procedimenti CAD-CAM

Autore	Numero di campioni e pazienti	Criteri di valutazione	Tempo di osservazione (anni)	Sopravvivenza (%)
• Sjögren et al. [53]	66 restauri in 27 pazienti	CDA	2	92
• Sjögren et al. [54]	66 restauri in 27 pazienti	CDA	5	89
• Sjögren et al. [55]	66 restauri in 27 pazienti	USPHS	10	89

Legenda: CDA = California Dental Association; USPHS = US Public Health Service.

### 8.3. Ceramica feldspatica manipolata mediante procedimenti CAD-CAM

I restauri parziali realizzati con procedure CAD-CAM vengono prodotti a partire da blocchetti di ceramica feldspatica rinforzata con leucite, che vengono “fresati” con tecnica sottrattiva sulla base di informazioni precedentemente acquisite attraverso l'uso del computer.

Sjögren et al. [53–55] hanno condotto uno studio longitudinale prospettico per stabilire la sopravvivenza di 66 intarsi realizzati con tecnica CAD-CAM in 27 pazienti. Per i risultati a 2 e 5 anni venivano applicati i criteri di valutazione della California Dental Association, che prendono in considerazione, attraverso repliche e analisi al microscopio elettronico a scansione, le caratteristiche di superficie del manufatto ceramico. La valutazione a 10 anni si fondava, invece, sui criteri USPHS. La sopravvivenza dei restauri parziali analizzati era del 92% a 2 anni [53], dell'89% a 5 anni [54] e dell'89% a 10 anni [55].

Anche la sopravvivenza dei restauri parziali in ceramica realizzati con procedure CAD-CAM sembra essere decisamente favorevole (tab. VI).

## 9. Conclusioni

Le conclusioni relative a questo articolo fanno riferimento al fatto che esistono criteri razionali che permettono al clinico di decidere (sia in fase preoperatoria sia al termine della preparazione cavitaria) il recupero di un elemento dentale compromesso attraverso un restauro parziale in ceramica cementato con tecniche adesive. Questa soluzione terapeutica si presta molto bene quando le dimensioni della cavità sono tali (estensione e profondità) per cui risulta controindicato ricorrere a un restauro diretto,

così come un approccio demolitivo attraverso full-crown può apparire come un eccessivo e ingiustificato sacrificio di tessuto dentale sano.

Il successo delle tecniche di cementazione adesiva dei restauri parziali si fonda su un rigoroso protocollo sia per il condizionamento di superficie della ceramica sia per le procedure adesive ai tessuti duri del dente.

Le resine composite convenzionali si prestano bene come agente accoppiante intermedio in quanto, se preriscaldate, permettono un agevole inserimento del manufatto e una facile rimozione degli eccessi prima della polimerizzazione. Il preriscaldamento della resina composita da cementazione sembra permettere il raggiungimento di un adeguato grado di conversione di quest'ultima al di sotto del restauro impiegando tempi di esposizione luminosa che rispettino i principi della densità energetica di polimerizzazione. Nella scelta dei tempi di esposizione occorre comunque considerare che la luce deve attraversare lo spessore del manufatto ceramico per raggiungere la resina composita da cementazione sottostante.

L'analisi longitudinale prospettica della sopravvivenza dei restauri parziali adesivi, ricavata dall'esame della letteratura scientifica, possiede limiti legati alla bassa posizione occupata nella gerarchia dell'evidenza scientifica, ma indica una buona longevità e un contenuto rischio di frattura nel tempo di tali dispositivi.

### Conflitto di interesse

L'autore dichiara di non avere nessun conflitto di interessi.

### Finanziamenti allo studio

L'autore dichiara di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

## Ringraziamenti

Si ringrazia l'odontotecnico Flavio Cornetti per la realizzazione dei manufatti protesici.

## Bibliografia

1. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005;21(9):864–81.
2. Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002;33(6):415–26.
3. Mondelli J, Steagall L, Ishikiriama A, de Lima Navarro MF, Soares FB. Fracture strength of human teeth with cavity preparations. *J Prosthet Dent* 1980;43(4):419–22.
4. Blaser PK, Lund MR, Cochran MA, Potter RH. Effect of designs of Class 2 preparations on resistance of teeth to fracture. *Oper Dent* 1983;8(1):6–10.
5. Larson TD, Douglas WH, Geistfeld RE. Effect of prepared cavities on the strength of teeth. *Oper Dent* 1981;6(1):2–5.
6. el-Sherif MH, Halhoul MN, Kamar AA, Nour el-Din A. Fracture strength of premolars with Class 2 silver amalgam restorations. *Oper Dent* 1988;13(2):50–3.
7. Stampalia LL, Nicholls JI, Brudvik JS, Jones DW. Fracture resistance of teeth with resin-bonded restorations. *J Prosthet Dent* 1986;55(6):694–8.
8. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature—Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int* 2007;38(9):733–43.
9. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989;15(11):512–6.
10. Nagasiri R, Chitmongkolsuk S. Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study. *J Prosthet Dent* 2005;93(2):164–70.
11. Bazos P, Magne P. Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis. *Eur J Esthet Dent* 2011;6(1):8–19.
12. Versluis A, Versluis-Tantbirojn D. Filling cavities or restoring teeth? *J Tenn Dent Assoc* 2011;91(2):36–42.
13. Magne P, Belsor U. Restauri adesivi in ceramica dei denti anteriori. Un approccio biomimetico. *Passirana di Rho (MI): Quintessenza; 2003.*
14. van Dijken JW, Hasselrot L, Ormin A, Olofsson AL. Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up. *Eur J Oral Sci* 2001;109(4):222–9.
15. Murray PE, Smith AJ, Windsor LJ, Mjör IA. Remaining dentine thickness and human pulp responses. *Int Endod J* 2003;36(1):33–43.
16. Stappert CF, Att W, Gerds T, Strub JR. Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation. *J Am Dent Assoc* 2006;137(4):514–22.
17. Kosyfaki P, del Pilar Pinilla Martín M, Strub JR. Relationship between crowns and the periodontium: a literature update. *Quintessence Int* 2010;41(2):109–26.
18. Piché PW, O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. Leucite content of selected dental porcelains. *J Biomed Mater Res* 1994;28(5):603–9.
19. Jones DW. A brief overview of dental ceramics. *J Can Dent Assoc* 1998;64(9):648–50.
20. Denry IL, Mackert Jr JR, Holloway JA, Rosenstiel SF. Effect of cubic leucite stabilization on the flexural strength of feldspathic dental porcelain. *J Dent Res* 1996;75(12):1928–35.
21. El-Mowafy O, Brochu JF. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations—A literature review. *J Can Dent Assoc* 2002;68(4):233–7.
22. Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics: clinically failed restorations. *Int J Prosthodont* 1990;3(5):430–40.
23. Jones DW, Wilson HJ. Some properties of dental ceramics. *J Oral Rehabil* 1975;2(4):379–96.
24. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31(9):682–97.
25. Anusavice KJ. *Phillips Science of Dental materials*. Amsterdam: Elsevier; 2004.
26. Shenoy A, Shenoy N. Dental ceramics: An update. *J Conserv Dent* 2010;13(4):195–203.
27. Fligor J. Preparation design and considerations for direct posterior composite inlay/onlay restoration. *Pract Proced Aesthet Dent* 2008;20(7):413–9.
28. Peumans M, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive interface. *Dent Mater* 1999;15(2):105–19.
29. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 1998;26(1):53–8.
30. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. *J Prosthet Dent* 2007;98(1):17–23.
31. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehabil* 2001;28(1):95–101.
32. Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Surface energy of etched ceramic. *Int J Prosthodont* 1999;12(5):415–8.
33. Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. *Int J Prosthodont* 1999;12(1):59–64.
34. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, et al. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent* 2010;38(1):39–43.
35. Moharamzadeh K, Hooshmand T, Keshvad A, Van Noort R. Fracture toughness of a ceramic-resin interface. *Dent Mater* 2008;24(2):172–7.
36. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998;14(1):64–71.
37. Rickman LJ, Padipatvuthikul P, Chee B. Clinical applications of preheated hybrid resin composite. *Br Dent J* 2011;211(2):63–7.
38. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JW. Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Investig* 2005;9(2):71–6.
39. Acquaviva PA, Cerutti F, Adami G, Gagliani M, Ferrari M, Gherlone E, et al. Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *J Dent* 2009;37(8):610–5.
40. Daronch M, Rueggeberg FA, Moss L, de Goes MF. Clinically relevant issues related to preheating composites. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(6):340–50.
41. Lohbauer U, Pelka M, Belli R, Schmitt J, Mocker E, Jandt KD, et al. Degree of conversion of luting resins around ceramic inlays in natural deep cavities: a micro-Raman spectroscopy analysis. *Oper Dent* 2010;35(5):579–86.
42. Tripepi G, Catalano F. Kaplan-Meier analysis. *G Ital Nefrol* 2004;21(6):540–6.
43. van Dijken JW, Höglund-Aberg C, Olofsson AL. Fired ceramic inlays: a 6-year follow up. *J Dent* 1998;26(3):219–25.
44. Fuzzi M, Rappelli G. Survival rate of ceramic inlays. *J Dent* 1998;26(7):623–6.
45. Hayashi M, Tsuchitani Y, Miura M, Takeshige F, Ebisu S. Six-year clinical evaluation of fired ceramic inlays. *Oper Dent* 1998;23(6):318–26.
46. Hayashi M, Tsuchitani Y, Kawamura Y, Miura M, Takeshige F, Ebisu S. Eight-year clinical evaluation of fired ceramic inlays. *Oper Dent* 2000;25(3):262–71.
47. Krämer N, Frankenberger R, Pelka M, Petschelt A. IPS Empress inlays and onlays after four years—A clinical study. *J Dent* 1999;27(5):325–31.
48. Frankenberger R, Petschelt A, Krämer N. Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after six years: clinical behavior. *Oper Dent* 2000;25(6):459–65.
49. Krämer N, Frankenberger R. Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years. *Dent Mater* 2005;21(3):262–71.
50. Fradeani M, Aquilano A, Bassein L. Longitudinal study of pressed glass-ceramic inlays for four and a half years. *J Prosthet Dent* 1997;78(4):346–53.
51. Studer S, Lehner C, Brodbeck U, Schärer P. Short-term results of IPS-Empress inlays and onlays. *J Prosthodont* 1996;5(4):277–87.

52. Lehner C, Studer S, Brodbeck U, Schärer P. Six-year clinical results of leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays. *Acta Med Dent Helv* 1998;3:137–46.
53. Sjögren G, Molin M, van Dijken J, Bergman M. Ceramic inlays (Cerec) cemented with either a dual-cured or a chemically cured composite resin luting agent. A 2-year clinical study. *Acta Odontol Scand* 1995;53(5):325–30.
54. Sjögren G, Molin M, van Dijken JW. A 5-year clinical evaluation of ceramic inlays (Cerec) cemented with a dual-cured or chemically cured resin composite luting agent. *Acta Odontol Scand* 1998;56(5):263–7.
55. Sjögren G, Molin M, van Dijken JW. A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont* 2004;17(2):241–6.