

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Valutazione *in vitro* di un sistema atraumatico
per la rimozione della carie dentaria**

Rossella Bedini (a), Pietro Ioppolo (a), Salvatore Caiazza (b),
Giuseppe Formisano (b), Mirko Andreasi Bassi (c)

a) Laboratorio di Ingegneria Biomedica, Istituto Superiore di Sanità, Roma
b) Laboratorio di Ultrastrutture, Istituto Superiore di Sanità, Roma
c) Istituto di Clinica Odontoiatrica, Università degli Studi "La Sapienza", Roma

ISSN 1123-3117

Rapporti ISTISAN

02/24

Istituto Superiore di Sanità

Valutazione *in vitro* di un sistema atraumatico per la rimozione della carie dentaria.

Rossella Bedini, Pietro Ioppolo, Salvatore Caiazza, Giuseppe Formisano, Mirko Andreasi Bassi
2002, 30 p. Rapporti ISTISAN 02/24

Dopo una breve introduzione sull'evoluzione storica, l'epidemiologia e i metodi di rimozione della carie dentaria, si riportano i risultati di uno studio svolto per valutare le prestazioni dell'interfaccia dentina-ricostruzione con campioni trattati con Carisolv. Il Carisolv è una recente tecnica chimico-meccanica per rimuovere la carie dentale; non richiede l'utilizzo di strumentazione rotante né di anestesia e potrebbe essere un valido aiuto per il trattamento di pazienti odontofobici, pediatrici e geriatrici. 60 campioni di denti umani sono stati soggetti a uno sforzo di taglio a compressione sulla interfaccia dentina-ricostruzione: un gruppo di controllo di 30 campioni ha subito la rimozione della carie con metodi tradizionali; e un gruppo di prova invece ha avuto la rimozione della carie tramite l'applicazione del Carisolv. Tutti i campioni sono stati ricostruiti utilizzando cemento cemento-ionomerico. Dopo le prove meccaniche, i campioni di dentina sono stati osservati al microscopio elettronico a scansione. Le prestazioni meccaniche ottenute in questo studio non hanno mostrato differenze significative tra i due tipi di trattamento, per cui è possibile sostituire le metodiche tradizionali con questo nuovo tipo di tecnica per la rimozione della carie, contribuendo alla maggiore serenità del paziente odontoiatrico.

Parole chiave: Carie, Carisolv, Dentina, Prestazioni meccaniche, Microscopio elettronico a scansione

Istituto Superiore di Sanità

***In vitro* evaluation of a non-traumatic system for dental caries removal.**

Rossella Bedini, Pietro Ioppolo, Salvatore Caiazza, Giuseppe Formisano, Mirko Andreasi Bassi
2002, 30 p. Rapporti ISTISAN 02/24 (in Italian)

After a short introduction on the evolution, epidemiology and removal methods of dental caries, the results of a study carried out to assess the mechanical performance of dentin-rebuilding interface on Carisolv treated samples are reported. Carisolv is a recent chemical-mechanical technique to remove dental caries; it requires neither rotary instruments nor anaesthesia and could be helpful in odontophobic, paediatric and geriatric patients treatment. 60 human teeth samples were subject to compression shear stress test at break on dentin-rebuilding interface: a control group of 30 samples, where caries was removed using traditional system; and a test group of 30 samples where caries was removed using Carisolv system. After mechanical tests, dentin samples were observed by scanning electron microscope. In this study mechanical performance showed no significant differences comparing the two treatments, thus this new dental caries removal technique can replace the traditional method reducing anxiety in dentistry patients.

Key words: Dental caries, Carisolv, Dentin, Mechanical performance, Scanning electron microscope

Per informazioni su questo documento scrivere a: bedini@iss.it

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: www.iss.it/pubblicazioni.

INDICE

Introduzione	1
1. Carie dentaria	2
1.1. Epidemiologia.....	2
1.2. Cenni storici.....	2
1.3. Distribuzione geografica.....	3
1.4. Eziopatogenesi.....	3
1.4.1. Alimentazione.....	3
1.4.2. Suscettibilità dell'ospite.....	4
1.4.3. Microrganismi cariogeni.....	5
1.5. Evoluzione.....	6
1.6. Sintomatologia.....	7
1.7. Rimozione.....	7
1.7.1. Strumenti rotanti.....	7
1.7.2. Laser.....	8
1.7.3. Abrasione ad aria.....	8
1.7.4. Tecnica ricostruttiva atraumatica.....	8
1.7.5. Rimozione chemio-meccanica.....	8
2. Sistema Carisolv	9
2.1. Cenni storici.....	9
2.2. Meccanismo d'azione.....	11
2.3. Modalità di impiego.....	12
2.4. Indicazioni.....	13
2.5. Vantaggi.....	13
3. Cementi vetro-ionomerici	14
3.1. Cenni storici.....	15
3.2. Composizione chimica.....	17
3.2.1. CVI tradizionali.....	17
3.2.2. CVI resina-modificati.....	18
3.2.3. Compomeri.....	18
3.3. Caratteristiche.....	19
3.4. Applicazioni cliniche.....	20
4. Indagine sperimentale	22
4.1. Materiali.....	22
4.2. Metodi.....	22
4.2.1. Preparazione dei campioni per le prove meccaniche.....	22
4.2.2. Preparazione dei campioni per l'osservazione al microscopio a scansione.....	24
4.3. Risultati.....	25
4.3.1. Prove meccaniche.....	25
4.3.2. Osservazioni al SEM.....	26
4.4. Conclusioni.....	27
Bibliografia	29

INTRODUZIONE

L'affermarsi del principio conservativo in tutti i campi odontoiatrici ha indotto la ricerca verso soluzioni sempre meno traumatiche e meno invasive per preservare al massimo il tessuto dentale sano e per sviluppare un approccio orientato al paziente.

Ciò significa occuparsi del paziente e impostare con lui un rapporto di fiducia, tenendo nella dovuta considerazione i problemi di competenza tecnica senza trascurare gli aspetti emotivi e psicologici. Operando in quest'ottica si potranno avere eccellenti risultati clinici con il pieno controllo dell'ansia e del dolore.

Allo scopo di garantire massima longevità all'organo dentale, il tessuto sano va rispettato e perciò le tecniche utilizzate nell'odontoiatria ricostruttiva devono essere minimamente invasive.

Attualmente vengono proposti nuovi sistemi per l'asportazione atraumatica della carie che rispondono alle suddette necessità e il cui utilizzo sembra rappresentare un'opzione di sicuro interesse soprattutto nei casi di pazienti odontofobici, pedodontici e geriatrici.

Inoltre, una rimozione mirata del tessuto cariato bene si abbina al recente avvento delle tecniche adesive, già di per sé improntate al risparmio di tessuto dentale.

L'interesse verso un sistema che consenta la rimozione selettiva del tessuto carioso è quindi giustificato dalla necessità di ricercare soluzioni sempre più conservative, che siano complementari alle tecniche di preparazione e otturazione cavitaria.

1. CARIE DENTARIA

La carie dentaria è un processo patologico, ad eziologia multi-fattoriale, che provoca la progressiva distruzione dei tessuti duri del dente.

Il processo carioso interessa in un primo tempo soltanto i tessuti mineralizzati, in modo particolare smalto e dentina, meno frequentemente il cemento, e soltanto in un secondo tempo raggiunge la polpa provocandone la reazione infiammatoria e quindi il progressivo interessamento di tutto il tessuto dentale fino alla sua totale distruzione.

Questa patologia può essere considerata una vera e propria malattia sociale considerando le sue caratteristiche di elevatissima incidenza e di rapida evoluzione con facile insorgenza di complicanze locali e generali.

La carie può essere definita come un'affezione ad eziologia multi-fattoriale che prevede l'interazione obbligatoria di tre diversi fattori: ospite suscettibile, dieta ricca di carboidrati fermentabili, microrganismi ad attività cariogena (1).

1.1. Epidemiologia

La carie dentaria può essere considerata la malattia più diffusa nel mondo poiché la sua incidenza nella popolazione dei Paesi industrializzati risulta essere vicina al 95%.

Ai fini epidemiologici l'indice più frequentemente usato per valutare l'intensità con cui la carie colpisce gli individui è il cosiddetto DMF (Decayed Missing Filled) adottato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e dalla letteratura internazionale, relativo al numero di denti cariati, mancanti od otturati per persona.

Tale indice è di facile interpretazione e rappresenta un mezzo utile e affidabile per valutare l'incidenza di carie nei diversi gruppi di popolazione.

I processi patologici che coinvolgono il dente sono contraddistinti da una prevalenza variabile a seconda delle popolazioni esaminate, ma pur sempre notevolmente elevata. Questa variabilità dipende oggi da vari fattori. Certamente un ruolo primario spetta all'uso sistematico che viene fatto del fluoro, sia per l'uso dei dentifrici che per la fluorazione delle acque; inoltre c'è la possibilità di accedere a moderne strutture odontostomatologiche, e la maggiore attenzione posta dagli odontoiatri verso la prevenzione e dai pazienti verso la propria salute orale (1).

1.2. Cenni storici

In luoghi di sepoltura non umidi i denti possono conservarsi anche per millenni; infatti, come hanno dimostrato studi antropologici e archeologici, i denti appartenenti a cadaveri non sviluppano lesioni cariose. Soprattutto lo smalto è quasi indistruttibile anche dopo la morte essendo resistente ai fenomeni degenerativi che distruggono il resto del corpo umano. Grazie a questo fenomeno è stato possibile raccogliere dati sulla carie in epoche antiche; non c'è dubbio che gli uomini preistorici fossero affetti da carie anche se diffusione e gravità erano certamente minori. Lesioni cariose sono state riscontrate in diverse specie di *Paranthropus*, risalente al Pleiocene ossia a cinque milioni di anni fa; il reperto più antico è stato riscontrato su lemuri fossili, mammiferi dell'era terziaria, risalenti a circa quaranta milioni di anni fa.

L'incidenza della carie si correla al grado di benessere che un popolo ha raggiunto; infatti, fino al Medio Evo la diffusione della malattia era abbastanza limitata mentre è notevolmente aumentata successivamente. Di certo la carie era una patologia molto diffusa in epoca rinascimentale dal momento che la dieta sia delle classi sociali più elevate che di quelle inferiori, era molto ricca di zuccheri. D'altronde anche nel *Romeo e Giulietta* di Shakespeare, nella storia di Mercutio si sottolinea come le labbra delle donne fossero spesso ricoperte di bolle perché il loro alito era corrotto dai cibi dolci e in genere le prime portate dei pasti erano accompagnate da una salsa fatta con acqua di rose e una mezza libbra di zucchero, mentre dolci, marmellate e gelatine erano gli alimenti preferiti. Nel XVI secolo alla corte del re Enrico VIII, era noto l'orribile aspetto di sua figlia Elisabetta I legato al colore nero o anche giallo dei suoi denti. Secondo la tradizione ella recava sempre con sé stretto alla cintura un sacchetto pieno di dolci, probabilmente la causa effettiva della distruzione dentaria, che ella succhiava continuamente per mascherare l'odore nauseabondo del suo alito provocato dai denti cariati. Oggi la carie colpisce circa il 95% degli adulti nei Paesi industrializzati dell'occidente e notevoli sono le differenze tra i vari Paesi (1).

1.3. Distribuzione geografica

La carie è strettamente dipendente dal consumo di zuccheri e tale fattore la correla al benessere socio-economico.

Fino a qualche anno fa, la diffusione nei Paesi in via di sviluppo era limitata e per quelli particolarmente depressi questa considerazione è ancora valida, mentre in altri si è verificato, nella seconda metà degli anni '70, un drastico aumento dell'incidenza della carie. Questo cambiamento risiede nella progressiva sostituzione degli alimenti di origine naturale con alimenti raffinati e, in particolare, con l'aumento del consumo di zucchero. Tale fenomeno può comportare conseguenze drammatiche per i Paesi sottosviluppati, poiché i finanziamenti dedicati alla Sanità non permettono un grado di assistenza odontoiatrica sufficiente.

1.4. Eziopatogenesi

Attualmente l'eziologia multifattoriale della carie dentaria prevede l'esistenza e l'interazione di tre diverse componenti obbligatorie senza le quali la carie non si realizzerebbe:

- alimentazione;
- suscettibilità dell'ospite;
- microrganismi cariogeni.

La carie è provocata dallo sviluppo di alcuni batteri produttori di acidi organici presenti nella placca dentaria che vengono stimolati da una alimentazione ricca di zuccheri.

1.4.1. Alimentazione

Il tipo di cibi, la loro qualità e la frequenza di assunzione sono fattori che influiscono non solo sullo stato di salute generale ma anche su quello della cavità orale.

L'assunzione di carboidrati fermentabili rapidamente dalla placca muco-batterica, con produzione di acidi istolesivi per l'elemento dentario, è sicuramente il momento fondamentale nell'eziopatogenesi della carie.

Diversi studi clinici hanno dimostrato come gli alimenti contenenti amidi siano meno cariogeni di alimenti contenenti saccarosio o altri mono- o disaccaridi.

Infatti, gli amidi sono polisaccaridi ad alto peso molecolare e la loro struttura ramificata non ne favorisce l'adesione alla superficie dentale mentre i monosaccaridi (glucosio, fruttosio e galattosio) e i disaccaridi (saccarosio, maltosio e lattosio) vengono rapidamente metabolizzati nel cavo orale dai batteri acidogeni. Ciò determina produzione e liberazione di acido lattico con un repentino abbassamento del pH dell'ambiente orale che dura circa mezz'ora. Se il pH scende al di sotto del valore critico di 5,5 il dente inizia a decalcificarsi.

La bassa incidenza di carie nei Paesi sottosviluppati può essere spiegata dal basso apporto di zuccheri in particolare e dallo scarso apporto alimentare in generale. Durante la Seconda Guerra Mondiale in Europa il consumo di carboidrati complessi aumentò, ma non aumentò l'incidenza di carie poiché il consumo di zuccheri cariogeni era estremamente ridotto.

Altro fattore importante è indubbiamente la frequenza di assunzione degli zuccheri perché una somministrazione, anche in piccole dosi, ripetuta a brevi intervalli di tempo favorisce il sostentamento delle colonie microbiche acido-produttrici.

Infine, va ricordato che negli ultimi decenni l'elaborazione industriale ha diminuito la consistenza dei cibi causando una minore autodetersione meccanica delle arcate dentarie e riducendo la fisiologica e utile stimolazione dei tessuti parodontali legata all'atto masticatorio (1).

1.4.2. Suscettibilità dell'ospite

Con suscettibilità dell'ospite si intende una serie di fattori variabili che possono favorire l'instaurarsi del processo carioso. Tali fattori possono essere raggruppati in:

- *Stato patologico*
 - Disendocrinie
(disfunzioni a carico di tiroide, paratiroide e gonadi che possono alterare l'istogenesi e il metabolismo dentale).
 - Stati carenziali
(malassorbimento o scarso apporto di vitamine soprattutto dei gruppi A, C e D che in età infantile determinano deficit strutturali dei tessuti duri dell'organismo).
 - Iposcialia
(alterazione qualitativa e quantitativa della saliva collegata a terapie farmacologiche, radiazioni o a patologie delle ghiandole salivari che rende gli elementi dentari e le strutture parodontali particolarmente suscettibili).
 - Tossicodipendenze
(l'assunzione di droghe si associa spesso ad un'elevata incidenza e gravità delle lesioni cariose dovute a condizioni igieniche generali scarse, eventuali iposcialia e bruxismo, frequente assunzione di zuccheri per compensare l'ipoglicemia transitoria conseguente all'assunzione di droga).

- *Stato fisiologico*
 - Gravidanza
(è noto come nel corso della gravidanza si verificano una maggiore incidenza e un più rapido decorso della carie ricollegabili alle variazioni ormonali che determinano un aumento del microcircolo periferico. Inoltre si ha una modificazione della saliva

con aumento della quota di mucina che la rende meno efficace nel controllare la placca batterica).

- Morfologia dentale
(la presenza di solchi e fossette profondi, malposizioni o spazi interdentali molto serrati, non permettono una corretta rimozione della placca quindi favoriscono l'instaurarsi di processi cariosi).
- Età
(anche se la carie è indubbiamente più diffusa in età infantile, dopo i 50 anni si osserva un incremento delle carie cervicali dovute a processi distrofici del parodonto e alle variazioni della flora batterica).
- Fattori immunitari
(le capacità difensive nei confronti dei batteri cariogeni sono strettamente legate al corredo genetico e, a parità di condizioni, possono essere più o meno efficaci).

1.4.3. Microrganismi cariogeni

Nel cavo orale sono fisiologicamente presenti numerosi microrganismi definiti opportunisti, che instaurano, cioè, un rapporto biunivoco con l'organismo ospite e possono comportarsi sia da ospiti simbiotici innocui (commensali o saprofiti) che da patogeni.

Qualora si instauri un equilibrio fisiologico tra l'organismo ospite e la flora batterica le sue fonti essenziali di nutrienti sono la saliva, il muco e il fluido crevicolare.

Un eccessivo apporto di substrati a base di carboidrati altera questo equilibrio provocando la proliferazione batterica e la formazione della placca.

Tra i batteri specificatamente cariogeni, i principali responsabili sono lo *Streptococcus Mutans* (così definito per le sue rapide variazioni di forma da cocco a bastoncello) e il *Lactobacillus*.

Lo *Streptococcus Mutans* è un batterio gram-positivo in grado di produrre grandi quantità di polisaccaridi extracellulari, definiti glucani, a partire dal saccarosio contenuto negli alimenti. Tale capacità lo rende il principale organizzatore della matrice extracellulare della placca muco-batterica e, poiché aderisce alla superficie smaltata, fa la sua comparsa nel cavo orale intorno al sesto mese di vita con l'eruzione dei primi elementi dentari, per poi scomparire nel paziente edentulo non trovando più un idoneo sito di adesione.

Per placca muco-batterica si intende un insieme di specie batteriche in grado di aderire alla pellicola salivare che si forma sulla superficie dentale dopo le comuni tecniche di igiene orale.

Questa pellicola, anche detta pellicola salivare acquisita, è costituita da muco e glicoproteine di origine salivare che stabiliscono, con la superficie smaltata da un lato e con i batteri dall'altro, legami di tipo elettrostatico. La pellicola salivare acquisita e una moderata quantità di placca sono da considerarsi fisiologiche ed è la loro mancata rimozione, con progressivo accumulo di colonie batteriche, che contribuisce a renderle patogene.

La patogenicità della placca viene considerata molto bassa finché non raggiunge uno spessore di circa 20 µm, ma se non viene asportata diventa tenacemente aderente, con il passare dei giorni diventa altamente organizzata e con il passare delle settimane calcifica trasformandosi in tartaro.

La composizione della placca evolve nel tempo e vengono selezionati batteri acido-produttori e acido-tolleranti come lo *Streptococcus Mutans* e il *Lactobacillus* in grado, attraverso processi fermentativi, di metabolizzare gli zuccheri alimentari producendo acidi organici e polisaccaridi.

In tali condizioni l'ambiente diventa rapidamente acido e si raggiunge facilmente il pH critico di 5,5 a cui inizia la demineralizzazione dei tessuti duri dentali.

L'ingestione di carboidrati fermentabili e soprattutto di mono e disaccaridi, induce una caduta del pH a 4,5-5 entro 1-3 minuti e sono necessari 10-30 minuti per il ritorno alla neutralità (1).

1.5. Evoluzione

Lo smalto è il tessuto più duro e mineralizzato del corpo umano ed è costituito al 99% di idrossiapatite, un composto a base di calcio e fosfato.

Quando i batteri produttori di acidi riducono il pH della placca ad un livello inferiore a 5,5, l'idrossiapatite dello smalto viene decalcificata, processo che indica la comparsa della carie; gli attacchi ripetuti dei batteri conducono ad una netta perdita di minerali e quindi provocano una lesione.

Il primo segno della carie dello smalto è rappresentato dalla cosiddetta *white spot*; in questa fase può essere individuata grazie alla sua colorazione bianco gesso, che si intensifica man mano che il deterioramento dello smalto avanza e lo smalto stesso diventa più ruvido. Alla fine, il cibo e gli agenti coloranti conferiranno alla lesione un colore più scuro. La carie in questo stadio a volte può essere bloccata rimuovendo la placca batterica e se l'aderenza batterica sulla superficie dentale viene ridotta, il fosfato di calcio contenuto nella saliva può contribuire alla rimineralizzazione della lesione.

Se il deterioramento del tessuto carioso continua, il processo interessa anche la dentina. Quest'ultima è un tessuto caratterizzato da una struttura mineralizzata in una trama di fibre collagene costituita da idrossiapatite (70%), acqua (10%) e matrice organica (20%). Di questa matrice il 18% è collagene e il 2% sono sostanze non-collagene tra cui proteoglicani.

Quando viene raggiunta dal processo carioso, la dentina si ammorbidisce e reagisce all'invasione batterica depositando minerali nei suoi canalicoli. Lo strato carioso più profondo è leggermente demineralizzato ma contiene una matrice organica intatta con fibre di collagene integre e cristalli di apatite. La trama intatta di collagene dello strato interno ha il potenziale per innescare la ricalcificazione, mentre non è possibile che questa abbia luogo nello strato carioso esterno.

Macroscopicamente la lesione cariosa nella dentina può essere distinta in varie zone:

– *Zona 1*

Lo strato più esterno della dentina cariata è necrotico, infetto e insensibile; la struttura del collagene è irreversibilmente modificata poiché è stata attaccata sia dagli acidi che dagli enzimi batterici che hanno distrutto i suoi legamenti crociati. La dentina risulta morbida alla specillazione e non può essere riorganizzata nella sua struttura originale.

– *Zona 2*

La dentina non è infetta, è viva e sensibile e in grado di rimineralizzarsi poiché la rete di collagene è solo reversibilmente alterata.

– *Zona 3*

In prossimità della polpa la dentina è stata attaccata dagli acidi ma è comunque vitale e può rimineralizzarsi, la sua durezza è ridotta e ha reagito all'irritazione depositando minerali nei tubuli dentinali.

La carie dentaria è quindi un processo proprio ed esclusivo dei tessuti duri, smalto, dentina e, nel caso di carie radicolari, risulta coinvolto anche il cemento. La polpa partecipa con l'instaurarsi di un processo infiammatorio non perché interessata direttamente dalla carie ma perché raggiunta dalle tossine batteriche e ciò potrà dar luogo ad un processo infiammatorio definito pulpite, complicanza abituale della carie dentale.

1.6. Sintomatologia

Negli stadi iniziali la patologia cariosa è completamente silente mentre con l'avanzare del processo distruttivo insorge una viva sintomatologia dolorosa agli stimoli fisici (caldo, freddo, pressione) e chimici (zuccheri semplici, sostanze acide) che possono essere presenti nel cavo orale; tale sintomatologia è determinata da fenomeni di iperemia pulpale che regredisce al cessare dello stimolo.

Se invece il dolore permane oltre lo stimolo che lo ha determinato, vuol dire che sono già in atto delle alterazioni vaso-motorie della polpa che precludono al vero e proprio stato pulpitico.

1.7. Rimozione

Il trattamento tradizionale della carie prevede la sua rimozione utilizzando strumenti rotanti montati su manipoli a velocità più o meno elevata che, anche nelle loro versioni più moderne, non sono altro che l'evoluzione del principio meccanico ideato da Singer per la sua macchina da cucire.

L'affermarsi del principio conservativo in tutti i campi odontoiatrici ha rinnovato l'interesse verso procedure operative in grado di rimuovere selettivamente la dentina cariata, evitando il più possibile dolore e fastidio al paziente e risparmiando il tessuto sano. Il restauro delle cavità preparate con questi principi ben si abbina con l'utilizzo di materiali da restauro come resine composite o cementi vetro-ionomerici in grado di aderire alla superficie dentinale. Al contrario l'amalgama d'argento richiede la preparazione di una cavità ritentiva con sacrificio di tessuto dentale.

Saranno ora esposti i vari sistemi di rimozione della carie considerati alla luce dei nuovi orientamenti.

1.7.1. Strumenti rotanti

L'utilizzo di trapani conduce alla rapida rimozione della dentina cariata senza però discriminarla da quella sana circostante, causando quindi una perdita di tessuto. Di frequente è necessaria l'anestesia locale, con lo stato d'ansia che l'iniezione genera nel paziente, poiché la trapanazione della dentina su un dente vitale può causare dolore. Un refrigerante a base d'acqua contribuisce a ridurre i danni alla polpa, ma l'applicazione di un liquido freddo sulla dentina provoca spesso dolore.

I vantaggi di questo metodo comprendono la rimozione rapida ed efficace della carie ed è largamente accettato dai pazienti pur riconoscendone i limiti sopra descritti.

1.7.2. Laser

La tecnologia laser prevede l'applicazione senza contatto di impulsi di energia, che vengono trasmessi direttamente alla zona da trattare attraverso una fibra flessibile.

Rispetto alla trapanazione convenzionale, il metodo offre i vantaggi di una minore intensità di dolore, rumore e pressione ed è anche indicato per ridurre le vibrazioni e garantire una superficie di taglio sterile. Svantaggio del laser, in particolare per i tipi a CO₂, è il rapido aumento di temperatura nel punto in cui il raggio colpisce il dente che può determinare danni per la polpa.

1.7.3. Abrasione ad aria

L'abrasione ad aria consiste nel soffiare sul dente un getto d'aria con ossido di alluminio polverizzato applicato con una pressione incrementale. È descritta come una procedura silenziosa, indolore e capace di preparare al meglio la superficie dentale all'otturazione.

Questa procedura si è tuttavia rivelata più efficace sullo smalto duro, che sul tessuto carioso rammollito e non può essere utilizzata per preparati destinati a ricostruzioni con corone o intarsi né per rimuovere vecchie otturazioni in amalgama. Inoltre in fase operativa è consigliabile proteggere i denti contigui con la diga di gomma, il che rende la procedura più complicata della trapanazione tradizionale.

1.7.4. Tecnica ricostruttiva atraumatica

Il metodo della tecnica ricostruttiva atraumatica prevede l'eliminazione della carie esclusivamente con strumenti manuali e l'otturazione della cavità con materiali adesivi vetroionomerici seguendo i principi di minima invasione e minimo dolore. Poiché non richiede l'utilizzo di elettricità, è particolarmente indicato in quelle zone in cui non sono disponibili le moderne attrezzature odontoiatriche.

Questa tecnica è stata applicata in programmi di cura dentale in Tanzania, Zimbabwe e Thailandia durante la seconda metà degli anni '90 in associazione con il cemento vetroionomerico e si è dimostrata essere la migliore alternativa all'amalgama. Ma è anche indicata nei Paesi industrializzati per trattare bambini e pazienti odontofobici poiché non sono necessari né trapano né anestesia.

Uno dei principali svantaggi è rappresentato dal rischio di lasciare sul dente parte della dentina infetta data la difficoltà nel visualizzarla e rimuoverla solo con strumenti manuali.

1.7.5. Rimozione chemio-meccanica

La rimozione chemio-meccanica della carie è l'alternativa più documentata alla trapanazione tradizionale e, in breve, prevede l'applicazione di una soluzione sulla dentina cariata, seguita da una delicata escavazione mediante strumenti manuali.

Consiste di una soluzione di aminoacidi sotto forma di gel a bassa viscosità che, agendo chimicamente sulla dentina cariata, ne modifica la consistenza consentendo la sua rimozione selettiva mediante appositi escavatori.

2. SISTEMA CARISOLV

Il sistema Carisolv rappresenta il prodotto più recente disponibile sul mercato per la rimozione atraumatica del tessuto dentale cariato.

2.1. Cenni storici

Il primo passo verso la rimozione chemio-meccanica venne effettuato nel 1970 presso la Tufts University School of Dental Medicine di Boston da J. Goldman e M. Kronman, i quali stavano studiando gli effetti dell'ipoclorito di sodio.

L'ipoclorito di sodio è un agente proteolitico non specifico che rimuove efficacemente le componenti organiche a temperatura ambiente.

In odontoiatria l'ipoclorito è la soluzione di irrigazione endodontica più diffusa e viene utilizzata da decenni poiché combina la capacità di dissolvere i tessuti organici con un'attività microbica e con l'assenza di tossicità clinica.

È noto che l'ipoclorito può dissolvere il materiale organico in quanto il cloro spezza i legami peptidici delle proteine.

In seguito alle ricerche effettuate da Goldman e Kronman (3), l'ipoclorito si è rivelato troppo instabile e aggressivo nei confronti del tessuto dentale sano e perciò è stato introdotto in una soluzione tampone di Soerensen contenente una miscela d'idrossido di sodio, cloruro di sodio e glicina. La prima formula, denominata GK101, constava di N-monocloroglicina (NMG) e si è dimostrata più efficace del solo ipoclorito di sodio. Infatti, aggiungendo determinati aminoacidi all'ipoclorito, vengono attaccati solo i legami tra le fibrille collagene e non quelli all'interno delle molecole del collagene.

GK101, formulata da C. M. Habib, J. Goldman e M. Kronman che pubblicarono la prima relazione sull'argomento nel 1975 (4), funzionava però con eccessiva lentezza e i successivi tentativi di accelerare la procedura condussero alla creazione di GK101E il cui componente attivo era l'N-monocloro-DL-2-acido-aminobutirrico (NMAB) (5).

Nel 1984 la Food and Drug Administration (FDA) ha approvato un sistema di rimozione delle carie, denominato Caridex e basato su GK101E, che venne introdotto sul mercato statunitense nel 1985.

Il Caridex veniva ottenuto dalla miscelazione, in uguali proporzioni, di due soluzioni:

- soluzione 1: NaClO + acqua distillata
- soluzione 2: NaClO + NaOH + acido DL-2 aminobutirrico + acqua distillata.

Il sistema consisteva in un serbatoio, un riscaldatore, una pompa e un supporto dotato di punta applicatrice. Il serbatoio conteneva 500 ml di NMAB appena miscelato che, tramite tubi collegati alla pompa, passava accanto al riscaldatore che ne aumentava istantaneamente la temperatura fino a 40,5 °C. La soluzione veniva poi portata a temperatura corporea prima di raggiungere il supporto per l'applicazione sulla lesione cariosa tramite alcune punte intercambiabili. Le dimensioni del sistema erano di 20 x 23 x 10 cm e il peso era di 4 kg.

Il meccanismo di azione, che provocava l'ammorbidirsi della dentina demineralizzata risparmiando quella sana, è stato ampiamente documentato e prevedeva la clorurazione del collagene parzialmente deteriorato e la conversione dell'idrossiprolina in pirrolo-2 acido

carbossilico, che avviava la distruzione delle fibre collagene alterate nella dentina cariosa. L'effetto sul tessuto sano veniva ridotto con il legame tra il cloro e gli aminoacidi.

L'integrazione tra collagene e cloro non avviene, infatti, nel tessuto normalmente mineralizzato, poiché la componente minerale è in grado di proteggere le fibre collagene dall'azione della soluzione.

Pertanto, questo meccanismo d'azione selettivo garantisce la specificità di rimozione della dentina cariosa che diventa friabile e perciò più facilmente rimovibile mediante escavazione con una punta ad ago modificata.

Numerosi studi (6, 7) hanno affermato l'assoluta atossicità del principio attivo di Caridex; infatti, non era irritante per la mucosa del cavo orale, né per gli occhi, né per la cute; inoltre non sono stati osservati effetti nocivi nel sangue o nelle urine e né su smalto, polpa dentale o parodonto.

L'utilizzo di Caridex trovava indicazione soprattutto nelle situazioni in cui fossero presenti difficoltà di tipo emotivo, riguardo all'analgesia e all'impatto psicologico con l'uso del trapano.

Veniva, infatti, drasticamente ridotta la necessità dell'iniezione per l'anestesia locale e il ricorso agli strumenti rotanti.

Il ricorso all'anestesia locale è risultato necessario nello 37,8% dei casi riguardanti 800 denti nel corso di 8 studi clinici.

I test d'efficacia hanno dimostrato che il principio attivo del Caridex rimuoveva completamente la carie nel 76-100% delle lesioni esaminate. Tali lesioni interessavano sia la radice sia la corona di denti decidui e permanenti, in particolare la rimozione della carie è stata osservata nel 100% delle lesioni cervicali.

Nonostante gli incoraggianti risultati ottenuti, il metodo Caridex non ha mai raggiunto il successo commerciale perché presentava numerosi inconvenienti e, infatti, non è più disponibile sul mercato dal 1990.

Gli svantaggi di questo metodo risultavano:

1. necessità di un dispositivo (serbatoio, pompa, riscaldatore) ingombrante e costoso;
2. necessità di grandi quantità di soluzione;
3. sostituzione della soluzione di NAMB, una volta miscelata, dopo 60 minuti, perché non più attiva;
4. individuazione del tessuto carioso ammorbidito difficile (non si poteva valutare se fosse necessaria ulteriore soluzione);
5. strumenti manuali troppo grandi e inutilizzabili per piccole aree cariose;
6. trattamento costoso (il costo delle apparecchiature era ammortizzato dopo oltre 5000 trattamenti);
7. necessità di miglioramento della velocità di rimozione della carie (5-14 minuti).

Gli svantaggi del sistema Caridex sono stati risolti sviluppando Carisolv, un nuovo metodo che fruisce dei più recenti progressi tecnologici e clinici nel campo della rimozione atraumatica e chimico-meccanica della carie (8).

Carisolv è il risultato di una stretta collaborazione tra università, ricercatori e industria svedesi; infatti, negli anni '80 alcuni scienziati delle Facoltà di Odontoiatria delle Università di Malmoe, Huddinge e Goeteborg e della Chalmers Technical University di Goeteborg hanno avviato studi che miravano ad individuare metodi efficaci per la rimozione chimico-meccanica della carie e per migliorare l'efficacia del Caridex.

Queste iniziative hanno portato allo sviluppo del Carisolv. Fin dal 1995 è stato possibile effettuare delle prove cliniche in Svezia facendo testare da dentisti di tutto il Paese il gel e i prototipi degli strumenti (9).

Nel corso degli anni la concentrazione di ipoclorito di sodio è stata perfezionata e aumentata dallo 0,1 allo 0,5%.

L'esperienza ha dato buoni risultati; i liberi professionisti hanno accertato che Carisolv facilita la rimozione della carie, e soprattutto, le reazioni dei pazienti sono state molto positive.

In uno studio multicentrico presso quattro cliniche (Dental School di Malmoe, Dental Healthcare del Malmoe General Hospital, Eastman Institute e la Dental School di Huddinge), cominciato nella primavera del 1997 e completato nel dicembre dello stesso anno, sono stati confrontati il trattamento tradizionale della carie (con il trapano), rispetto al Carisolv. Lo studio ha incluso 137 pazienti (10, 11).

Sono stati confrontati, la quantità di carie rimossa, la durata del trattamento, la praticità operativa del metodo e la reazione dei pazienti.

Dai risultati non si hanno differenze significative riguardo alla quantità di carie rimossa, benché la rimozione con Carisolv richieda più tempo, i pazienti la vivono molto meglio. Tra il 1997 e il 1998 gli studi clinici in Svezia riguardanti il Carisolv includevano circa 1000 pazienti. Nel gennaio 1998 l'associazione svedese corrispondente alla FDA statunitense ha approvato Carisolv per l'impiego clinico nella prassi odontoiatrica e viene classificato come preparato tecnico per odontoiatria.

L'aumento dell'efficacia nella rimozione della carie è basata sulla differenza principale che consiste nell'utilizzo di tre amminoacidi con cariche diverse, anziché uno. Ciò potenzia l'effetto sulla dentina cariosa e inoltre neutralizza il comportamento aggressivo dell'ipoclorito di sodio nel tessuto sano.

La diminuzione della quantità necessaria di soluzione è dovuta alla maggiore viscosità di Carisolv. Sono necessari solo 0,25-1 ml rispetto ai 35-230 ml di Caridex. La forma in gel colorato permette un'applicazione più precisa di Carisolv e ne semplifica l'individuazione e la rimozione.

Il miglioramento delle modalità di trattamento consiste nel fatto che non è necessario alcun dispositivo particolare poiché non serve riscaldare la soluzione che viene utilizzata a temperatura ambiente.

I nuovi strumenti manuali sono disponibili in varie forme e dimensioni e, poiché non tagliano, garantiscono maggiore sicurezza nel conservare il tessuto sano durante la rimozione manuale della carie (12, 13).

2.2. Meccanismo d'azione

In linea di principio il meccanismo d'azione del Carisolv è simile al principio attivo del Caridex, l'NMAB. A differenza dell'NMAB, Carisolv contiene tre amminoacidi con cariche differenti e si ritiene che proprio le cariche differenti consentano agli amminoacidi di interagire con maggiore efficacia con le diverse componenti del collagene.

I componenti della soluzione chimicamente attiva sono due:

1. liquido trasparente costituito da ipoclorito di sodio allo 0,5%.
2. fluido ad alta viscosità di colore rosso, contenente tre diversi amminoacidi (leucina, lisina e acido glutammico), eritrosina come agente colorante, carbossi-metil-cellulosa per renderlo gelatinoso, cloruro di sodio, acqua distillata e idrossido di sodio (il pH della soluzione è 11).

Quando l'ipoclorito di sodio è mescolato ad un aminoacido a elevato pH, il cloro reagisce con gruppi amminici e viene così costituita una forma azoto-clorurata (N-clorinata) dell'aminoacido.

Il cloro a legame instabile è attivo e può intaccare il collagene denaturato nella lesione cariosa. L'aminoacido azoto-clorurato è instabile, decade in modo relativamente rapido e il composto diventa inattivo.

L'effetto di rammollimento sul tessuto cariato è dovuto proprio all'azione sulla struttura del collagene e perciò sarà clinicamente più semplice separare la dentina sana da quella carciata: la dentina carciata è infatti più facilmente asportabile di quella sana.

2.3. Modalità di impiego

I componenti del sistema Carisolv sono forniti in due siringhe separate che presentano punti di collegamento maschio-femmina per permettere la miscelazione delle soluzioni senza entrare in contatto con l'aria.

Le siringhe vanno conservate al freddo ma portate a temperatura ambiente prima della miscelazione che si effettua avvitando insieme le due siringhe e premendo gli stantuffi finché il colore del gel risulta omogeneo. Quindi versare il gel in un contenitore di vetro.

Una volta miscelato, il gel comincia a perdere la sua efficacia dopo circa 20 minuti e la sua capacità di sciogliere la carie si riduce drasticamente.

Recentemente è stato introdotto un nuovo sistema di miscelazione con due siringhe gemelle contenente materiale sufficiente per 10-15 trattamenti. In questo modo è possibile dispensare l'esatta quantità necessaria e conservare il resto in frigorifero per oltre un mese dopo l'apertura.

Il gel viene applicato sulla lesione cariosa con uno degli strumenti manuali e lasciato agire per almeno 30 secondi, dopodiché la dentina cariosa ammorbidita può essere rimossa con l'apposito escavatore.

L'operazione va ripetuta applicando altro gel finché quest'ultimo non smetterà d'intorbidirsi e la superficie non sarà dura al contatto con uno specillo.

Dopodiché, pulire la cavità con un tampone di cotone idrofilo inumidito oppure sciacquandola con acqua tiepida.

Il tempo richiesto per la procedura, è di circa 9-12 minuti (range di circa 5-15 minuti) e il volume del gel di soli 0,2-1,0 ml.

Diversi autori hanno osservato morfologicamente le cavità ottenute dopo il trattamento con Carisolv, sostenendo che non si ha la formazione di fango dentinale e che la dentina rimasta è sana e adeguatamente mineralizzata (15, 16).

La superficie cavitaria appare sufficientemente detersa, anche se quasi disseminata di detriti mineralizzati secondo l'originale propagazione del processo carioso. Se analizzata mediante microscopio elettronico a scansione, la superficie segue topograficamente lo schema della carie nella lesione. La superficie appare ruvida e una volta asciutta presenta un aspetto brinato.

Questo tipo di superficie irregolare, caratterizzata dalla presenza di numerosissime, fini anfrattuosità e rilievi, sembra essere ideale per un successivo restauro con cementi vetro-ionomerici o resine composite poiché aumenta la superficie disponibile per la microritenzione.

L'uso di strumenti rotanti, infatti, crea una superficie liscia, uniforme e regolare con produzione di fango dentinale.

2.4. Indicazioni

L'utilizzo del Carisolv è consigliato per le seguenti categorie di pazienti:

– *pazienti odontofobici*

In pazienti che presentano una vera fobia nei confronti delle cure odontoiatriche, il semplice approccio psicologico non è sufficiente per poter superare lo stress emotivo. È, quindi, indicato il ricorso a trattamenti sedativi farmacologici, a metodiche operative atraumatiche o che comunque non siano ansiogene per il paziente.

– *anziani*

Spesso nei pazienti anziani si ha una riduzione del volume e della qualità salivare come effetto collaterale di alcuni farmaci. Questo fenomeno, associato ad una più frequente retrazione gengivale, contribuisce ad aumentare, nei pazienti geriatrici, l'incidenza della carie radicolare. La terapia della carie radicolare è infatti una fra le più importanti indicazioni per una tecnica chimico-meccanica di rimozione della carie. In questi casi, l'uso di Carisolv è particolarmente appropriato se combinato con l'uso di materiali da restauro contenenti fluoro come i cementi vetro-ionomerici.

– *bambini*

Tutti i trattamenti di odontoiatria infantile si basano su un corretto approccio psicologico e spesso sono condizionati dall'uso di strumenti rotanti e siringhe.

Il ricorso ad una tecnica chimico-meccanica che non necessiti di strumenti rotanti né di anestesia può essere di aiuto nell'instaurare il rapporto di fiducia con il piccolo paziente.

2.5. Vantaggi

Il trattamento con il metodo Carisolv rappresenta una valida alternativa ai tradizionali metodi di rimozione della carie per i seguenti motivi:

- preserva il tessuto dentale sano pur garantendo al completa eliminazione del tessuto carioso, per cui si può affermare che questo metodo è più conservativo di quello tradizionale.
- limita l'uso del trapano a facilitare l'accesso in presenza di cavità difficili da raggiungere. Perciò vengono eliminati molti fastidi legati alle vibrazioni e agli stimoli termici e sonori generati dal trapano.
- è spesso indolore, per cui la necessità di utilizzare anestesia locale risulta minima.

Vanno tuttavia tenuti presenti gli aspetti dell'aumento del tempo operativo necessario, della necessità di ricorrere all'uso di strumenti rotanti per l'apertura della cavità d'accesso o per l'eliminazione di pareti smaltate gravemente sottominare e del fatto che la soluzione resta efficace per non più di trenta minuti dopo la sua miscelazione.

3. CEMENTI VETRO-IONOMERICI

In odontoiatria conservatrice le caratteristiche ideali di un materiale da restauro sono: la biocompatibilità, l'adesione ai tessuti dentari, l'attività cariostatica, l'insolubilità nei liquidi biologici, una superficie levigabile, un'estetica soddisfacente, la stabilità cromatica, la resistenza all'usura e alla frattura, l'integrità marginale, una semplice manipolazione.

Un materiale con tutte queste caratteristiche allo stato attuale non esiste. Nonostante ciò, adattando il materiale alle esigenze del caso, si può trovare una buona soluzione in quanto il materiale stesso contiene la maggior parte dei requisiti atti ad ottenere un risultato ottimale.

I materiali più comuni, utilizzati nel restauro diretto, sono l'amalgama d'argento e i compositi ed entrambi presentano le caratteristiche riportate in Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche dei materiali più comuni utilizzabili nei restauri

Caratteristica	Compositi	Amalgama d'argento
Assenza di attività cariostatica	sì	sì
Biocompatibilità	sì	sì
Estetica soddisfacente	sì	no
Facile manipolazione	sì	sì
Fragilità marginale	no	sì
Possibilità di riparazione	sì	sì
Proprietà adesive	sì	no
Resistenza all'usura	no	sì
Resistenza alla frattura	no	no
Solubilità nei liquidi biologici	sì	sì
Superficie levigabile	sì	sì

Notevole interesse hanno riscosso negli ultimi anni i Cementi Vetro-Ionomerici (CVI) sintetizzati per la prima volta in Inghilterra e successivamente modificati (17, 18).

Alcuni hanno proposto i CVI quali materiali idonei all'impiego in conservativa, alla cementazione dei manufatti protesici e alla ricostruzione di elementi dentari parzialmente distrutti (19).

Inizialmente questi materiali erano disponibili unicamente nella forma auto-indurente e, solo molto tempo dopo la loro prima comparsa, sono stati modificati e resi fotopolimerizzabili mediante l'introduzione di molecole metacriliche. Recentemente i CVI hanno subito ulteriori miglioramenti dal punto di vista della loro composizione chimica e di conseguenza delle loro proprietà fisiche e soprattutto cliniche (20).

I CVI e i loro derivati sono quindi oggi una numerosa famiglia di prodotti che possiamo classificare clinicamente nel modo seguente:

- CVI convenzionali;
- CVI ad elevata viscosità;
- CVI modificati con resina (CVIRM);
- compomeri;
- compomeri a bassa viscosità.

3.1. Cenni storici

Il primo CVI fu ideato nel 1965 miscelando la polvere di un cemento al silicato con una soluzione acquosa al 25% di acido poliacrilico, il risultato a detta dell'autore fu quello di un cemento intrattabile con un tempo di lavorazione breve, se non assente, che induriva con una incredibile lentezza nell'arco delle 24 ore. La felice intuizione di cambiare l'acido ortofosforico con un acido organico multifunzionale, meno aggressivo e in grado di interagire con l'apatite dei tessuti duri del dente, era nata in seguito ad una serie di studi iniziati nel 1964 e finalizzati alla determinazione del reale meccanismo di indurimento dei silicati (21).

Fino a quel momento l'unico meccanismo accertato era quello della formazione di un gel di silice proposto nel 1960. Tale meccanismo faceva apparire il cemento al silicato come un materiale abbastanza diverso dagli altri cementi caratterizzati da una reazione chimica di indurimento tipo acido-base come il cemento al fosfato di zinco e il cemento policarbossilico. Wilson dimostrò la formazione di fosfati di alluminio e calcio nel contesto della matrice del cemento durante il processo d'indurimento dimostrando come il gel di silice giocasse solo un ruolo marginale nel meccanismo di indurimento rimanendo localizzato sulla superficie delle particelle di vetro che avevano reagito. Il CVI, nella sua primitiva formulazione, pur non avendo caratteristiche di manipolabilità adeguate tali da giustificare l'uso clinico, aveva già quelle peculiari caratteristiche che ne hanno decretato il successo in campo odontoiatrico: stabilità idrolitica; rilascio sostenuto di fluoro; ottime proprietà meccaniche; buone proprietà estetiche; adesione chimica ai tessuti duri del dente; e biocompatibilità.

Negli anni successivi si diede sviluppo allo studio della composizione del vetro che costituisce la polvere di questi materiali in modo da individuare se cambiando la proporzioni dei componenti fosse possibile modificare il tempo di indurimento del cemento. Questi vetri venivano generalmente preparati fondendo in un unico crogiolo una miscela di silice, allumina, calcio, fluoro, criolite e fosfato di alluminio e ci si accorse che, modificando il rapporto tra allumina e silice, era possibile influenzare la reattività del vetro e quindi il tempo di indurimento del materiale. Nel 1968 fu testato questo vetro allumino-silicato più reattivo con soluzioni acquose di acido poliacrilico con concentrazioni comprese tra il 40 e il 50% come consigliato da Smith che ideò il cemento policarbossilico nel 1960. Diversamente dal primo CVI, questo induriva in un ragionevole intervallo di tempo (sotto i 5 minuti). Questo materiale fu sottoposto all'analisi di un consulente clinico, il quale pur non valutando il materiale idoneo per applicazioni cliniche a causa del suo breve tempo di presa, intravide le sue enormi potenzialità stimolando a continuare sulla strada intrapresa. Fu così che si misero nuovamente al lavoro nel tentativo di realizzare un vetro in grado di migliorare le caratteristiche di lavorabilità del cemento; dopo numerosi tentativi fu trovato un vetro denominato G-200, con il quale fu possibile realizzare un cemento nettamente superiore rispetto a tutti quelli testati fino a quel momento riguardo il tempo di lavorazione, proprietà meccaniche e resistenza all'attacco acquoso. Il cemento venne denominato ASPA I; questa sigla deriva dalle iniziali di *AluminoSilicate PolyAcrylic Acid*, termine che costituì la prima descrizione scientifica di questo materiale, e successivamente fu coniato il termine *glass ionomer cement* (CVI) che è ancora di comune uso, mentre la definizione di cemento vetro polialchenoato (*glass polyalkenoate cement*) è stata adottata dall'International Organization for Standardization.

L'ASPA I fu ritenuto un materiale valido anche se dotato di insufficienti proprietà estetiche in quanto l'aggiunta di grosse quantità di fluoro e calcio nel suo vetro (G-200) ridusse drasticamente la sua traslucenza che era una caratteristica tipica dei cementi al silicato e che aveva fatto di questi i materiali di elezione per il restauro dei settori anteriori per più di cinquant'anni. L'elevata quantità di fluoro era indispensabile per poter controllare il tempo di reazione perché gli ioni alluminio reagendo prematuramente con le catene dell'acido

poliacrilico, al momento della miscelazione, determinavano la coartazione del cemento impedendone la lavorazione, mentre la formazione di complessi tra alluminio e fluoro era in grado di ridurre l'entità di questo indesiderato fenomeno.

Dopo l'ideazione dell'ASPA I, fu abbandonato il progetto di ricerca e subentrò Steve Crisp che partecipò all'ultima e più importante scoperta.

Il G-200, grazie alla sua elevata quantità di fluoro, era probabilmente l'unico vetro in grado di formare un CVI senza l'aggiunta di un additivo che, chelando gli ioni alluminio, controllasse la reazione di presa; era questo il terzo componente fondamentale. Sulla base di precedenti esperienze in campo geochimico, si conosceva che la precipitazione dell'alluminio poteva essere prevenuta aggiungendo al preparato acido citrico oppure acido tartarico.

Fu utilizzato un reometro oscillatore, per misurare il tempo di lavorazione del cemento, dimostrando che dei due chelanti analizzati solo l'acido tartarico era efficace conferendo al cemento, se aggiunto in proporzioni ottimali, un favorevole allungamento del tempo di presa, migliorando inoltre le sue proprietà meccaniche e la sua resistenza all'attacco acido. Un'altra importante osservazione fu che, delle quattro forme stereochimiche dell'acido tartarico, solo quelle otticamente attive erano efficaci. L'aggiunta di questo terzo componente ai costituenti dell'ASPA I consentì la realizzazione dell'ASPA II.

L'ideazione dell'ASPA II, alla fine del 1970, coincise con l'introduzione sul mercato delle resine composite. Purtroppo questi materiali erano già caratterizzati da buone proprietà estetiche e facilità di manipolazione e, sulla base di questi parametri, l'ASPA II risultò sia al dentista che al paziente indubbiamente un materiale inferiore.

L'impiego dell'acido tartarico rese però praticamente possibile l'utilizzo di una qualsiasi polvere dei cementi al silicato, dotati di ottime proprietà estetiche, nella composizione dei CVI e vennero inoltre creati dei nuovi vetri traslucidi alcuni dei quali entrarono nella composizione di prodotti commerciali come il G-338; tutto questo consentì con gli anni di ridurre notevolmente il divario estetico esistente tra i compositi e i CVI.

Altre importanti scoperte furono: l'impiego di un copolimero dell'acido poliacrilico, itaconico e maleico, per risolvere il problema della gelificazione delle soluzioni acquose al 50% di acido poliacrilico; l'introduzione di CVI monocomponenti sotto forma cioè di una polvere anidra di vetro e acido poliacrilico alla quale si aggiunge acqua al momento dell'uso; l'aggiunta dell'argento e delle sue leghe alla polvere del cemento con funzione di rinforzante.

Quest'ultima scoperta fu fatta nel 1977, combinando la polvere di un amalgama non-gamma² sferica con la polvere di un CVI. Successivamente però si sviluppò il primo CVI contenente solo argento puro legato alle particelle di vetro mediante un processo di sinterizzazione creando il così detto Cermet (*ceramic-metal*).

Sicuramente si deve a Wilson, Kent e Crisp l'ideazione dei CVI ma è grazie alla lungimiranza di McLean che questi materiali nel corso degli anni sono stati accettati dai professionisti, entrando sul mercato dalla porta di servizio alla fine del 1970 fino a diventare uno dei materiali di maggior impiego in campo dentale già nella metà del 1980.

McLean fu infatti il primo a ritenere questo materiale idoneo per la sigillatura dei solchi e per l'otturazione dei denti grazie alle sue favorevoli proprietà adesive e cariostatiche. A lui si devono ulteriori applicazioni: la restaurazione di denti decidui, di erosioni cervicali e di lesioni senza preparazione cavitaria; il restauro di denti strutturalmente compromessi o post-endodontici, prima della realizzazione di monconi protesici (*core build-up*).

Egli ha inoltre sviluppato alcune rivoluzionarie tecniche quali: cavità minimali e a tunnel di II classe e otturazioni estetiche a sandwich dove il CVI lega il composito alla struttura dentale.

All'inizio degli anni '90 l'interesse riguardo ai CVI si è riaperto a seguito dello sviluppo di nuovi materiali restaurativi di tipo ibrido in quanto costituiti sia dai componenti essenziali dei CVI tradizionali autopolimerizzabili, sia da resine fotopolimerizzabili tipiche dei compositi.

Questa nuova famiglia di materiali tipo ionomerico è rappresentata dai vetroionomeri resina-modificati e dalle resine composite poliacide-modificate, queste ultime sono anche conosciute sotto il nome di compomeri.

Questi nuovi materiali sembrano possedere le caratteristiche positive sia dei CVI che dei compositi e non è improbabile che siano questi i materiali restaurativi del prossimo futuro (21).

3.2. Composizione chimica

3.2.1. CVI tradizionali

I CVI sono costituiti da una polvere e da un liquido.

La *polvere* è costituita da particelle di vetro alluminosilicato di calcio fluorato che conferisce caratteristiche di traslucenza al materiale. Questo vetro viene realizzato fondendo in un unico crogiuolo una mistura di quarzo, allumina, ossido di calcio, ossido di sodio e composti inorganici fluorati. Possono essere presenti alti composti come l'ossido di zinco, l'idrossido di calcio e l'idrossiapatite per conferire al prodotto una maggiore biocompatibilità verso l'organo pulpo-dentale.

Il *liquido* è costituito da una soluzione acquosa al 50% di acido poliacrilico e di copolimeri di acido itaconico e maleico per accelerare la reazione di presa e di acido tartarico come stabilizzante.

Si tratta quindi di un acido policarbossilico insaturo. Talvolta i CVI sono costituiti solo dalla polvere da miscelare con acqua al momento dell'uso. In questi casi la polvere contiene, oltre alle particelle vetrose, anche l'acido in forma anidra; la reazione acido-base verrà quindi innescata dall'aggiunta di acqua, consentendo così la reazione di presa del materiale.

Il processo di reazione di presa avviene quando i due componenti vengono miscelati. Si innesca una reazione acido-base, venendosi ad ottenere un sale idratato costituito da una matrice di poliacrilato a legami trasversali che ingloba le particelle vetrose.

Gli ioni H^+ dei gruppi carbossilici ($-COOH$) dell'acido poliacrilico (liquido) corrodono gli strati superficiali delle particelle vetrose (polvere) e a loro volta liberano ioni metallici, in particolare ioni Ca^{++} , ioni Al^{+++} e ioni F^- che migrano poi nella soluzione acida. La liberazione di questi ioni dalle particelle vetrose porta alla formazione, intorno ad esse, di un sottile strato di idro-gel di silice che rappresenta ciò che resta intorno al nucleo vetroso dopo la liberazione in soluzione di ioni Ca^{++} , ioni Al^{+++} e ioni F^- .

La liberazione di ioni H^+ porta alla formazione di un gruppo COO^- (polianioni) che reagisce con gli ioni Ca^{++} e con gli ioni Al^{+++} , formando una matrice di polisali di calcio e di alluminio, mentre non può reagire con il F^- in quanto ione negativo. Il F^- pertanto non resta legato e può essere liberato gradualmente nel tempo sviluppando così una attività cariostatica.

Viene così a formarsi una struttura bi-fasica costituita da particelle vetrose inglobate in una matrice di poliacrilato di calcio, fluoro e alluminio.

Va però precisato che gli ioni calcio reagiscono prima degli ioni alluminio formando un poliacrilato di calcio che, sulla base di studi spettroscopici, sembra essere responsabile della gelificazione e presa iniziale del materiale.

La formazione del calcio poliacrilato può essere inibita dall'acqua se questa è in eccesso, è quindi necessario che ci sia un ottimale isolamento del campo operatorio durante l'applicazione e l'indurimento del materiale in modo da impedire l'indesiderata contaminazione con i fluidi orali che potrebbero aumentare la solubilità finale del cemento compromettendone inoltre le caratteristiche estetiche e meccaniche.

Perciò teoricamente la reazione di presa può essere distinta in due fasi. Una prima fase che dura circa 5 minuti durante i quali si ha il massimo assorbimento di acqua e che dà origine al polycarbossilato di calcio; una seconda fase che dura circa 20 minuti, dà origine al polycarbossilato di alluminio ed è responsabile della durezza finale del materiale.

La reazione di indurimento dei CVI passa macroscopicamente attraverso tre fasi: malleabile, filante e gommosa.

L'indurimento completo del materiale si realizza in 24 ore. Alla fine della reazione le particelle vetrose risultano coperte da un sottile strato di gel di silicio e circondate da una matrice di poliacrilato di calcio, alluminio e fluoro (21).

3.2.2. CVI resina-modificati

I CVI resina-modificati sono stati concepiti allo scopo di ottenere, oltre alla classica reazione acido-base tra la polvere di fluoro-allumino-silicato e l'acido polycarbossilico, anche una fotopolimerizzazione, che comporta i ben noti vantaggi operativi e contribuisce a migliorare le proprietà fisiche del prodotto finale.

Infatti, nella reazione di presa dei CVI entra in gioco anche un monomero acrilico, l'idrossietil-metacrilato (HEMA) che può polimerizzare per auto e/o fotocatalisi. I CVI sono costituiti da una polvere e da un liquido.

La polvere è costituita da un vetro fluoro-allumino-silicato.

Il liquido è costituito da una soluzione acquosa di un copolimero di monomeri acrilici, HEMA e un fotoiniziatore.

Se il CVI resinoso non è fotoattivabile conterrà nel liquido come iniziatore un perossido e nella polvere come attivatore una ammina terziaria in modo da consentire la polimerizzazione dell'HEMA; saranno inoltre presenti degli inibitori, degli stabilizzatori e dei ritardanti che hanno la funzione di regolare la velocità della reazione di presa del materiale.

La reazione di presa viene innescata quando i due componenti del cemento vengono miscelati tra loro. Insieme alla caratteristica reazione acido-base dei CVI, tra i poliacidi e la polvere vetrosa si verifica una reazione di polimerizzazione dell'HEMA che può essere innescata, a seconda del sistema di catalisi previsto, o da una luce blu a 470 nm o dalla combinazione del perossido con l'ammina terziaria al momento della miscelazione. La fotopolimerizzazione ha come effetto, rispetto all'attivazione chimica, di determinare un immediato indurimento dei CVI (21, 22).

3.2.3. Compomeri

Per anni, la ricerca nell'industria dentale si è prodigata verso il miglioramento delle caratteristiche dei materiali vetro-ionomerici. Uno dei principali traguardi raggiunti è stato quello di eguagliare la maneggevolezza e le proprietà estetiche dei materiali compositi. Lo sviluppo di nuovi monomeri acrilici con proprietà acide, ha reso possibile la creazione di una nuova famiglia nell'ambito dei materiali dentali da restauro: i compomeri, che racchiudono in sé sia i vantaggi dei compositi, sia quelli dei CVI.

Questi materiali sono anche detti resine composite poliacido-modificate in quanto si presentano macroscopicamente come i compositi fotoattivabili cioè composti da un'unica pasta. Sono come i compositi costituiti da una matrice resinosa rappresentata da monomeri acrilici fotopolimerizzabili analoghi a quelli delle resine composite come l'Uretano-DiMetAcrilato (UDMA) ma anche da monomeri acrilici acidi del tutto peculiari di questi materiali come le resine TCB (Tooth Conditioner Bonding) contenuto nel noto prodotto commerciale Dyract

(Haereus). È presente anche una fase dispersa rappresentata da un riempitivo vetroso radio opaco di fluoro-silicato contenente stronzio e alluminio.

Una volta fotoattivato con una luce blu a 470 nm il materiale indurisce in maniera analoga ai compositi per la polimerizzazione delle molecole acriliche tradizionali (UDMA) e acide (resine TCB) si viene così a formare un copolimero che imbriglia come in una fitta rete tridimensionale le particelle vetrose del riempitivo. In questa fase non ha ancora luogo la reazione acido-base dei CVI, questa inizierà tardivamente durante l'assorbimento igroscopico del materiale che si protrarrà per alcuni mesi. Durante questo intervallo di tempo il materiale sarà in grado di assorbire fino ad un 3% d'acqua.

Sarà la progressiva diffusione delle molecole d'acqua nel contesto del materiale ad innescare e alimentare la reazione di salificazione. La base sarà rappresentata dalle particelle di vetro mentre l'acido sarà costituito dai due gruppi carbossilici di ciascuna molecola di TCB incorporata nella matrice polimerica del materiale. Il risultato finale sarà quello di una complessa rete polimerica caratterizzata da legami trasversali di tipo ionico che coinvolgeranno i gruppi carbossilici delle catene resinose e gli ioni stronzio e alluminio liberatisi dalle particelle vetrose inglobate nella matrice resinosa. La reazione acido-base non è in fondo necessaria per incrementare le caratteristiche meccaniche del compomero quanto per innescare quel meccanismo di diffusione ionica che è assolutamente indispensabile per il rilascio sostenuto di fluoro da parte del materiale.

Esistono notevoli differenze tra i diversi prodotti e queste differenze consistono nel campo di applicazione clinica, nelle caratteristiche merceologiche, nelle modalità di manipolazione, nel valore estetico, ma soprattutto la loro diversità risiede nel fatto che via via che ci si sposta dai CVI convenzionali verso i compomeri, diminuisce la componente acido-base (che produce l'indurimento) e aumenta la quota di molecole metacriliche che producono la fotopolimerizzazione (22).

3.3. Caratteristiche

I CVI tradizionali presentano indubbiamente delle proprietà fisico-meccaniche superiori se confrontati con gli altri cementi dentali, caratterizzati da una reazione di indurimento acido-base. Se si pensa poi che rilasciano fluoro, come i cementi al silicato, e che aderiscono spontaneamente ai tessuti del dente, come i cementi al polycarbossilato, non c'è dubbio che siano i cementi dentali con le migliori proprietà.

Le caratteristiche fondamentali dei CVI sono essenzialmente:

1. biocompatibilità;
2. adesione chimica e meccanica alle strutture dentali;
3. liberazione di fluoro.

Per quanto riguarda le proprietà biologiche di questi cementi, sono state analizzate *in vitro* e *in vivo* ed è emerso che sulle colture cellulari questi materiali esplicano una blanda reazione, a differenza dei cementi al polycarbossilato di zinco e dei cementi all'ossido di zinco ed eugenolo (ZOE) che sono visibilmente citotossici. In questi due ultimi cementi l'effetto citotossico sembrerebbe esplicito dagli ioni zinco da loro rilasciati nell'ambiente circostante. Anche l'eugenolo possiede però un effetto irritante e questo giustifica la maggiore citotossicità *in vitro* dei cementi ZOE rispetto ai polycarbossilici. Per quanto riguarda il comportamento *in vivo*, su polpe di denti di scimmia, non si evidenziano significative differenze tra CVI e cementi ZOE in quanto la reazione tissutale è blanda in entrambi i casi.

Si può concludere che pur essendo la miscela dei CVI notevolmente acida nella fase iniziale, la penetrazione delle macromolecole ad alto peso molecolare dell'acido poliacrilico nei tubi dentinali è minima, grazie alle elevate dimensioni di tali molecole. Questi cementi presentano quindi una buona biocompatibilità, hanno inoltre la caratteristica di lasciare diffondere al loro esterno gli ioni fluoro che esplicano un'azione cariostatica e antibatterica.

I requisiti fondamentali per ottenere una buona adesione sono una superficie dentale detersa e un alto grado di bagnabilità dell'adesivo.

In seguito alla preparazione cavitaria uno strato di fango dentinale è sempre presente sulle superfici parietali, si ritiene perciò essenziale l'uso di un acido policarbossilico (per i CVI tradizionali) o l'acido orto-fosforico (per i sistemi a prevalente componente resinosa), per eliminare dalla cavità il fango dentinale e permettere l'adesione chimico meccanica del CVI alle strutture dentali.

Il legame che i CVI convenzionali possono sviluppare con le strutture dentali non è solo di tipo ionico e covalente (chimico), ma si instaura anche attraverso una sorta di ibridizzazione del substrato dentinale. È importante precisare come ambedue i meccanismi di adesione vengano attivati più efficacemente quando il substrato dentale non sia disidratato e ciò dà ragione al fatto che i CVI sviluppano una maggiore forza adesiva quando vengono applicati sulla dentina vitale.

Quando i CVI tradizionali sono applicati su smalto e dentina, dopo il trattamento acido con acido poliacrilico, la superficie dentale si presenta irregolare, la sua energia di superficie risulta ridotta e sono quindi create le condizioni per ottenere un legame chimico e meccanico ottimale.

Le caratteristiche saline dei materiali ionomero-vetrosi, dovute alla presenza nella loro composizione di un poliacrilato di calcio, alluminio e fluoro, espongono questi materiali ad una minima anche se continua idrolisi per effetto dei fluidi del cavo orale. Questa minima solubilità determina il rilascio nell'ambiente circostante di ioni tra cui il fluoro.

L'ampia documentazione scientifica esistente autorizza a credere che il fluoro abbia un effetto di inibizione sulla demineralizzazione e permetta la remineralizzazione dei tessuti dentali duri, interferendo con la produzione di acidi da parte dei batteri cariogeni. Estese ricerche epidemiologiche, di laboratorio e cliniche, hanno dimostrato un significativo effetto di controllo sulla carie da parte del fluoro topico, ma non una completa prevenzione della carie secondaria.

Questo fenomeno è tuttavia indotto dal tipo di somministrazione. È stato dimostrato che applicazioni a bassa concentrazione, ma frequenti, risultano più efficaci nella prevenzione della carie rispetto a quelle a più alta concentrazione ma meno frequenti.

Il rilascio di fluoro da parte dei CVI diminuisce così rapidamente che l'attività antimicrobica si esplica intensamente solo per pochi giorni dopo la collocazione del restauro. Per essere efficace nell'impedire la demineralizzazione, poiché il rilascio del fluoro diminuisce così rapidamente, il CVI deve assorbire nuovo fluoro dall'ambiente circostante e rilasciarlo con un gradiente di cessione piuttosto elevato.

Alcuni materiali che rilasciano fluoro possiedono maggiore capacità di ricaricarsi dello ione, piuttosto di altri. I CVI per esempio possiedono maggiori capacità rispetto ai compositi.

I restauri in CVI necessitano di applicazioni esterne di fluoro, quali dentifrici fluorurati o sciacqui con soluzioni fluorurate, per poter riacquistare questi ioni e poterne aumentare il rilascio. Ciò permette al materiale di cedere quantità di fluoro tali da proteggere gli elementi dentari anche in pazienti con elevata cariorecettività (21, 22).

3.4. Applicazioni cliniche

I CVI possono essere utilizzati in una vasta gamma di situazioni cliniche grazie alla loro versatilità e alle loro caratteristiche di maneggevolezza. Sono indicati nel restauro conservativo

di elementi decidui, nei processi cariosi corono-radicolari di pazienti adulti e anziani e come restauro provvisorio nei casi di elevata cariorecettività, nella ricostruzione di parti di monconi protesici vitali e nel trattamento conservativo in portatori di handicap (23-25).

4. INDAGINE SPERIMENTALE

4.1. Materiali

In questo studio sperimentale è stato valutato lo sforzo di taglio a compressione all'interfaccia dentina-ricostruzione in 60 campioni ricavati da denti umani trattati con il sistema Carisolv, per rimuovere uno strato carioso artificialmente indotto e poi restaurati con il CVI Fuji IX GP.

Il Carisolv è un materiale che ammorbidisce la dentina cariata per poi poterla rimuovere con strumenti raschianti; si miscelano 0,5 ml di soluzione di ipoclorito di sodio allo 0,5% con 0,5 ml di una soluzione contenente aminoacidi, cloruro di sodio, eritrosina, acqua distillata e idrossido di sodio.

Il Fuji IX GP è un CVI da restauro indicato per ricostruzioni in pazienti di ogni fascia di età, sia pediatriche che geriatriche, per lesioni cervicali e per restauri posteriori (25). Le sue caratteristiche includono: alta resistenza all'usura, buona resistenza alla compressione, adesione alle strutture dentali, rilascio di fluoro e semplicità di utilizzo, poiché non aderisce agli strumenti metallici ed è auto-indurente. È disponibile nella versione polvere/liquido, da miscelare, e in capsule pre-dosate. Esistono in commercio 6 tonalità nella scala colorimetrica Vita.

4.2. Metodi

4.2.1. Preparazione dei campioni per le prove meccaniche

Sono stati utilizzati 60 campioni ricavati da denti umani integri, esenti da carie, recentemente estratti. I denti sono stati conservati in soluzione fisiologica a temperatura ambiente. Per standardizzare le preparazioni tutti i denti sono stati squadrati con carta abrasiva grana 600 tramite una strumentazione per conferire loro la forma di un parallelepipedo e per eliminare lo smalto.

I campioni finali sono stati ottenuti in forma di parallelepipedi di dentina con i lati di circa 6,1 mm e 4,6 mm e con uno spessore di circa 3 mm. In seguito è stato eseguito centralmente un foro di diametro di circa 2,5 mm, dove è stato inserito il CVI, secondo le procedure indicate in seguito, per ogni gruppo di campioni da sottoporre alle prove meccaniche (Figura 1).

Per simulare la carie dentale, le superfici dentinali dei campioni interne al foro, sono state demineralizzate tramite l'esposizione per 30 secondi ad acido fosforico al 35%, avendo l'accortezza di isolare il resto del dente con una vernice a base di acetone.

I campioni così trattati sono stati quindi suddivisi in maniera randomizzata in 6 gruppi da 10 denti ciascuno, per avere un numero sufficientemente ampio di valori da poter consentire una elaborazione dei risultati ottenuti in modo da assicurare una corretta rilevanza statistica.

Nel gruppo di controllo (A), di 30 campioni, la carie è stata rimossa con la metodica tradizionale utilizzando una fresa cilindrica montata su manipolo. Di questo gruppo di controllo:

- 10 campioni sono stati pre-trattati con acido poliacrilico per 10 secondi e poi risciacquati con spray aria-acqua per 10 secondi. La superficie è stata quindi restaurata con Fuji IX seguendo le istruzioni della casa produttrice (1A).

- 10 campioni sono stati pre-trattati con acido poliacrilico, senza essere successivamente risciacquati e poi restaurati con Fuji IX seguendo le istruzioni della casa produttrice (1B).
- 10 campioni sono stati direttamente restaurati con Fuji IX senza effettuare il pre-trattamento acido (1C).



Figura 1. Aspetto dei campioni preparati per le prove meccaniche

Nel gruppo di test (B), di 30 campioni, la carie è stata rimossa utilizzando il sistema Carisolv, il gel è stato mescolato come descritto dalla casa produttrice e versato in un contenitore di vetro, poi è stato applicato sulla superficie dentinale dei campioni e lasciato agire per 30 secondi. La rimozione della dentina cariata è avvenuta mediante strumenti manuali. Dove necessario, la procedura è stata ripetuta finché la superficie dentinale non è risultata dura all'esame con uno strumento manuale. Di questo gruppo di test:

- 10 campioni sono stati pre-trattati con acido poliacrilico per 10 secondi e poi risciacquati con uno spray aria-acqua per 10 secondi. La superficie è stata quindi restaurata con Fuji IX seguendo le istruzioni della casa produttrice (2A).
- 10 campioni sono stati pre-trattati con acido poliacrilico senza essere successivamente risciacquati e quindi restaurati con Fuji IX (2B).
- 10 campioni sono stati direttamente restaurati con Fuji IX senza effettuare il pre-trattamento con acido poliacrilico (2C).

Una volta terminata la preparazione dei campioni, questi sono stati sottoposti a prove di resistenza allo sforzo di taglio a compressione tramite un dinamometro elettronico LR30K della Lloyd Instruments, gestito da computer con apposito software NEXYGEN, equipaggiato con cella di carico di 5 KN (Figura 2). Le prove sono state eseguite ad una velocità di spostamento di 10 mm/min. La compressione sul campione di cilindro di vetro-ionomero, interno alla dentina, è stata effettuata tramite la realizzazione di un punzone apposito del diametro di 2,5 mm, posizionato nella parte superiore del dinamometro. Nella parte inferiore dell'LR30K è stato costruito un supporto cilindrico in materiale plastico, per ospitare il campione, con un foro centrale per il passaggio del cilindro di vetro-ionomero, sfilato in compressione dal punzone (27).



Figura 2. Sistema di dispositivi per effettuare le prove meccaniche

4.2.2. Preparazione dei campioni per l'osservazione al microscopio a scansione

Per le osservazioni al microscopio elettronico a scansione (Scanning Electron Microscope, SEM) sono stati presi in esame dei campioni di dentina, dopo le prove meccaniche (Figura 3).

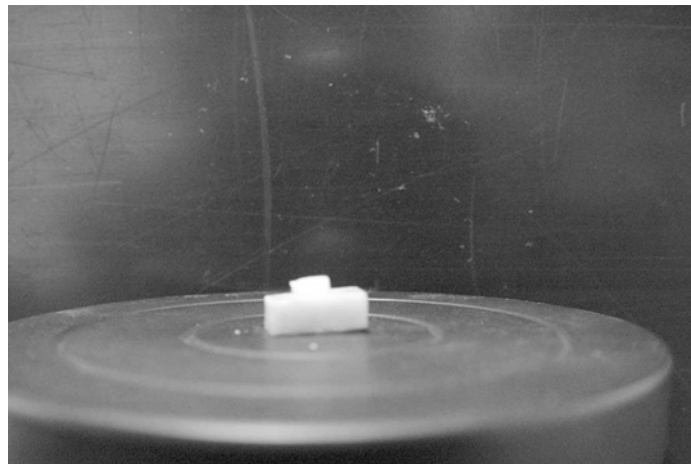


Figura 3. Aspetto del campione dopo le prove meccaniche

Si è proceduto a tagliare in due i campioni di dentina per osservare le superfici del foro centrale che sono state trattate sia con metodo tradizionale che con il Carisolv e poi ricostruite.

Le due metà di ogni campione di dentina sono state montate su supporti circolari di alluminio (*stub*) e quindi metallizzati con oro mediante un processo di *sputtering* al fine di renderli conduttivi, per uno spessore di 25 nanometri. La tensione fornita per determinare l'accelerazione del fascio di elettroni per l'osservazione è stata fissata a 20 KV.

4.3. Risultati

4.3.1. Prove meccaniche

I dati relativi allo sforzo di taglio a compressione a rottura sono stati ottenuti tramite il software di gestione dell'LR30K.

Nella Tabella 2 sono mostrati i valori medi, con le relative deviazioni standard, della resistenza allo sforzo di taglio a compressione dell'interfaccia dentina-CVI espressa in MPa (megaPascal = N/mm²). Tali valori evidenziano che la differenza delle prestazioni della resistenza allo sforzo di taglio dei sei gruppi di campioni sottoposti a stress meccanici è, nell'ambito delle deviazioni standard ottenute, statisticamente non significativa.

Tabella 2. Risultati delle prove meccaniche di sforzo di taglio a rottura a compressione (in MPa) dell'interfaccia dentina-CVI dei sei gruppi di campioni

Gruppo	Valore medio + deviazione standard
1A	7,0 ± 2,6
1B	5,0 ± 3,1
1C	6,7 ± 3,6
2A	9,3 ± 3,8
2B	4,6 ± 2,0
2C	5,3 ± 4,5

Si può notare che il gruppo che ha ottenuto i risultati migliori alle prove meccaniche risulta essere il 2A dimostrando l'efficacia del sistema Carisolv nella detersione della dentina cavitaria potenziata dall'azione dell'acido poliacrilico.

Il gruppo con valore medio inferiore a tutti gli altri, pur presentando una delle più basse deviazioni standard, risulta essere il 2B. Complessivamente i valori medi di adesione minori si sono avuti nei campioni trattati con il Cavity Conditioner senza risciacquo, indipendentemente dalla tecnica adottata per la rimozione della carie. Questi risultati dimostrerebbero che lo strato ibrido, già descritto da altri autori (28-30), che si formerebbe nel punto di passaggio tra dentina e CVI, grazie all'interdiffusione tra acido poliacrilico e dentina superficialmente demineralizzata, non sarebbe in grado di migliorare la forza di adesione tra questi due materiali. La spiegazione di questo fenomeno va probabilmente ricercata nell'assenza di un legame chimico tra l'acido poliacrilico e le fibre di collagene, quindi contrariamente a quanto avviene nei compositi dove la forza di legame è incrementata appunto dalla presenza dello strato ibrido a livello del quale l'adesivo smalto-dentinale si lega al collagene della dentina demineralizzata (31). Quindi il sottile film di acido poliacrilico interposto tra CVI e dentina andrebbe considerato alla luce di questi risultati come un luogo di minore resistenza che va necessariamente rimosso mediante un abbondante risciacquo seguito da un'idonea asciugatura che non disidrata eccessivamente la dentina (32).

Il gruppo 2B presenta la più bassa deviazione standard rispetto a tutti gli altri gruppi mostrando quindi una maggiore affidabilità nella riproducibilità delle prestazioni.

Alla luce dei risultati ottenuti dalle prove meccaniche, si può indicare che la più adeguata metodica finalizzata al miglioramento del legame dell'interfaccia dentina-CVI è quella adottata per la preparazione dei campioni del gruppo 2A.

Questi incoraggianti risultati dovranno essere ulteriormente supportati e avvalorati da un ampliamento della sperimentazione.

4.3.2. Osservazioni al SEM

Le osservazioni effettuate al SEM sulle superfici dentinali non sembrano evidenziare particolari differenze morfologiche dipendenti dai due tipi di trattamento, dopo le prove di sforzo di taglio successive alla ricostruzione con CVI.

La superficie dentinale mostrata in Figura 4, dopo trattamento di rimozione della carie con il sistema atraumatico Carisolv, presenta uno strato uniforme e compatto di cemento di ricostruzione da cui sembrano emergere le estremità di probabili tubuli dentinali sotto forma di cavità di sezione circolare variamente angolate rispetto al piano della figura. Non è escluso, tuttavia, che alcune di tali cavità possano essere relative a bolle d'aria generate durante l'applicazione del cemento.



Figura 4. Aspetto della dentina dopo le prove meccaniche in un campione trattato con il sistema Carisolv e restaurato con CVI

La Figura 5, relativa alla superficie dentinale dopo il trattamento tradizionale di rimozione della carie, evidenzia un quadro morfologico simile a quello riportato nella Figura 4, con probabile presenza di tubuli dentinali.

Tuttavia, si ritiene possibile affermare che la maggiore compattezza e uniformità dello strato di cemento di ricostruzione, rilevato dopo il trattamento con il Carisolv, possa essere messo in relazione con la formazione di un più consistente legame tra cemento e dentina.

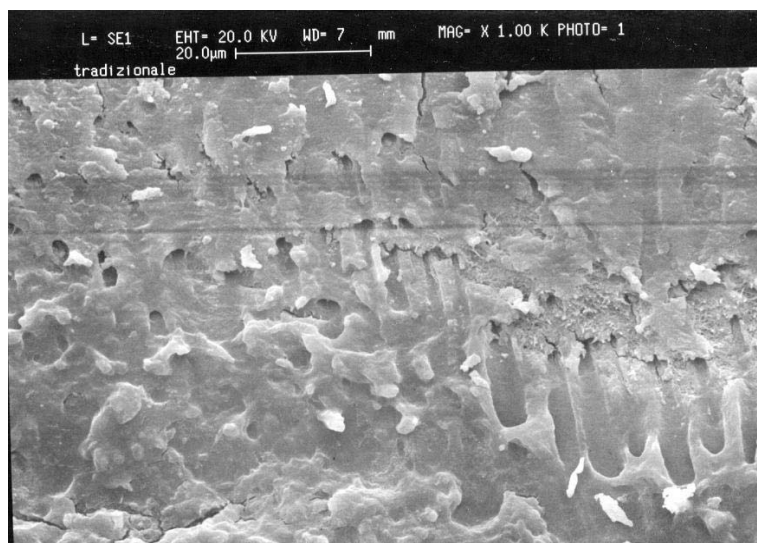


Figura 5. Aspetto della dentina dopo le prove meccaniche in un campione trattato con il sistema tradizionale e restaurato con CVI

In questo quadro, la prevista estensione della sperimentazione a fasi intermedie dei trattamenti potrà fornire dati ulteriori sul meccanismo e sulla morfologia del processo ricostruttivo.

4.4. Conclusioni

Il sistema Carisolv rappresenta certamente un progresso nel campo dell'odontoiatria conservatrice in quanto il suo approccio microinvasivo rende minimo l'utilizzo degli strumenti rotanti aumentando peraltro il comfort per il paziente. La sua semplicità di utilizzo non richiede inoltre un particolare tirocinio pratico da parte dell'operatore. Le sue prevalenti indicazioni riguardano il trattamento delle carie su denti di soggetti pedodontici e geriatrici.

In precedenza, sono stati condotti degli studi sulla forza di legame tra la dentina trattata con il Carisolv e i compositi utilizzando diversi sistemi adesivi smalto-dentinali (33, 34).

Nonostante la validità di queste ricerche va considerato che i materiali che meglio si associano a questa metodica, per la loro praticità e semplicità di utilizzo e per le loro indiscusse proprietà cariostatiche, sono i CVI.

È quindi importante conoscere quale forza di adesione si instaura tra questi materiali e la dentina trattata con il Carisolv e l'esistenza di procedure operative in grado di ottimizzare l'adesione tra questi materiali (35).

Nella presente ricerca *in vitro* è stato appunto valutato questo aspetto, comparando mediante il test meccanico di resistenza allo sforzo di taglio a compressione, il legame di un CVI del commercio (Fuji IX GP) indicato nel restauro nei settori posteriori con campioni di dentina sui quali è stata simulata sperimentalmente la carie (36) poi rimossa in maniera tradizionale, con strumenti rotanti, o con metodica chimico-meccanica con il sistema Carisolv.

È stato inoltre valutato l'effetto del trattamento dentinale con e senza l'applicazione di acido poliacrilico (37). Riguardo a quest'ultimo prodotto è stato valutato se la sua rimozione o meno

dalla dentina prima dell'applicazione del CVI poteva condizionare l'entità dell'adesione tra questi due materiali.

I risultati dimostrerebbero che l'adesione del Fuji IX sulla dentina è migliorata qualora la rimozione della carie sia effettuata con il Carisolv (8, 14). Inoltre l'applicazione dell'acido poliacrilico in soluzione acquosa seguita poi dalla sua rimozione mediante risciacquo aumenterebbe ulteriormente i valori di adesione. È emerso anche che la rimozione dell'acido poliacrilico utilizzato per il condizionamento risulta di vitale importanza, in quanto la sua interposizione tra la dentina e il CVI è in grado di compromettere il sigillo di quest'ultimo (38).

I risultati di questa ricerca pongono le basi per ulteriori studi atti a valutare a livello ultrastrutturale le caratteristiche dell'interfaccia dentina-CVI a seguito delle varie metodiche di trattamento della dentina cariate prese in considerazione in questo studio.

BIBLIOGRAFIA

1. Anderlini A. *Moderni orientamenti per la restaurazione dentale*. Bologna: Ed. Martina; 1995.
2. Frenken JE, Pilot T, Phantumvanit P. Atraumatic restorative treatment (ART): rationale technique and development. *J Public Health Dent* 1996;56:135-40.
3. Goldman M, Kronman JH. A preliminary report on a chemo-mechanical means of removing caries. *JADA* 1976;93:11-49.
4. Kronman JH, Goldman M, Habib CM, Mengel L. Electron microscopic evaluation of altered collagen structure induced by N-monochloroglycine (GK-101). *J Dent Res* 1977;56(12):1539-45.
5. Habib CM, Kronman JH, Goldman M. A chemical evaluation of collagen and hydroxyproline after treatment with GK-101 (N-Chloro-glycine). *Pharmacol Ther Dent* 1975;2:209-15.
6. Bianchi S, Piacentini C, Paoli R. Sistema Caridex per la rimozione della carie. *Dental Cadmos* 1989;10:72-6.
7. Caprioglio D, Vernole B. Caridex: un nuovo sistema di rimozione della carie. *Dental Cadmos* 1988;10:56.
8. Banjeree A, Watson TF, Kidd EAM. Carious dentine excavation using Carisolv gel: a quantitative autofluorescence assessment using scanning microscopy. *Caries Res* 1999;33:313.
9. Burke F, Lynch E. Chemo-mechanical caries removal. *J Irish Dent Assoc* 1995;41:10-4.
10. Ericson D, Bornstein R, Gotrik B, Raber H, Zimmerman M. Clinical multicentre evaluation of a new method for chemiomechanical caries removal. *Caries Res* 1998;32:308.
11. Ericson D, Zimmerman M, Raber H, Gotrick B, Bornstein R, Thorell J. Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemo-mechanical removal of caries: A multi-centre study. *Caries Res* 1999;33(3):171-7.
12. Yip HK, Samaranyake LP. Caries removal techniques and instrumentation: a review. *Clin Oral Investig* 1998;2(4):148-54.
13. Beeley JA, Yip HK, Stevenson AG. Chemochemical caries removal: a review of the techniques and latest developments. *Br Dent J* 2000;188(8):427-30.
14. Wennerberg A, Sawase T, Kultje C. The influence of Carisolv on enamel and dentine surface topography. *Eur J Oral Sci* 1999;107(4):297-306.
15. Legeros RZ. Chemical and crystallographic events in caries process. *J Dent Res* 1990;69:567-74.
16. Yip HK, Beely JA, Stevenson AG. Mineral content of the dentine remaining after chemiomechanical caries removal. *Caries Res* 1995;29:111-7.
17. Kawahara H, Imanishi Y, Oshima H. Biological evaluation on glass ionomer cement. *J Dent Res* 1979;58(3):1080-86.
18. Brantley WA, Kerby RE. Thermal diffusivity of glass ionomer cement systems. *J Oral Rehabil* 1993;20(1):61-8.
19. Wilson AD. A hard decades's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1996;10:1723-7.
20. Wandera A, Spencer P, Bohaty B. *In vitro* comparative fluoride release, and weight and volume change in light-curing and self-curing glass ionomer materials. *Pediatr Dent* 1996;18(3):210-4.
21. Calabrese M, Graiff L, Mason PN. *Una nuova generazione di materiali per restauri estetici: i cementi Vetro-Ionomerici Fotoindurenti*. Bologna: Monduzzi Ed; 1993.

22. Simionato F. *Tecnologie dei materiali dentali: materiali per odontoiatria conservativa e cementi dentali*. Padova: Ed. Piccin; 1983.
23. Peterson LG, Lodding A, Koch G. Elemental microanalysis of enamel and dentin by secondary ion mass spectrometry (SIMS). Deciduous and permanent teeth from high and low fluoride area. *Swed Dent J* 1978;2:41-54.
24. Yip HK, Stevenson AG, Beely JA. An improved reagent for chemomechanical removal of dental caries in permanent and deciduous teeth. An *in vitro* study. *J Dent* 1995;23(4):197-204.
25. Yip HK, Stevenson AG, Beely JA. Chemomechanical removal of dental caries in deciduous teeth: further studies *in vitro*. *Br Dent J* 1999;86(4):179-82.
26. Gladys S, Van meerbek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative Physico-mechanical Characterization of New Hybrid Restorative Materials with Conventional Glass-ionomer and Resin Composite Restorative Materials. *J Dent Res* 1997;76(4):883-94.
27. Bedini R, Ioppolo P, Andreasi Bassi M, Caciari E. Valutazione meccanica dell'interfaccia dentina-ricostruzione dopo rimozione atraumatica della carie. *Biomateriali* 2001;15(1): 77-8.
28. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod* 1978;4(2):60-4.
29. Eramo S. Substrati dentali e adesione. *Dental Cadmos* 1997;6:15-60.
30. Fusayama T. Intratubular crystal deposition and remineralisation of carious dentin. *J Biol Buccale* 1991;19:255-62.
31. Wakabayashi Y, Kondou Y, Suzuki K, Yatani H, Yamashita A. Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. *Int J Prosthodont* 1994;7(4):302-6.
32. Harnirattisai C, Inokoshi S, Shimada Y, Hosoda H. Interfacial morphology of an adhesive composite resin and etched caries-affected dentine. *Oper Dent* 1992;17:222-8.
33. Garbaroglio R, Brannstorm M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol* 1976;21:3555-62.
34. Basdra E K, Huber H, Komposch G. Fluoride released from orthodontic bonding agents alters the enamel surface and inhibits enamel demineralization *in vitro*. *Amer J of Orthod and Dentofac Orthoped* 1996;109(5):466-72.
35. Brannstorm M. *Dentin and pulp in restorative dentistry*. London: Wolfe Medical Publication Ltd; 1982.
36. Fonzi L, Garberoglio R, Pizzirani M. La carie della radice. *Dental Cadmos* 1984;7:13-48.
37. Goracci G, Eramo S. *La protezione pulpo dentinale in conservativa*. Padova: Ed. Piccin; 1987.
38. Bazzucchi M, Goracci G, Morl G: Evaluation of fluor uptake by dental structures: a SEM study. *J Dent Res* 1998;77(5):1231.

*Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità
e Direttore responsabile: Enrico Garaci*

*Coordinamento redazionale:
Paola De Castro e Sandra Salinetti*

*Stampato dal Servizio per le Attività Editoriali
dell'Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena, 299 - 00161 ROMA*

*La riproduzione parziale o totale dei Rapporti e Congressi ISTISAN
deve essere preventivamente autorizzata.*

Reg. Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988

Roma, settembre 2002 (n. 3) 5° Suppl.

*La responsabilità dei dati scientifici e tecnici
pubblicati nei Rapporti e Congressi ISTISAN è dei singoli autori*