



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria
Presidente: Prof. Maurizio Procaccini

**INTEGRITÀ DELLA SIGILLATURA E
PROTEZIONE DAI PROCESSI DI
DEMINERALIZZAZIONE**

Relatore: Chiar.mo

Prof. Francesco Sampalmieri

Tesi di Laurea di:

Benedetta Banini

A.A. 2019/2020

RINGRAZIAMENTI

Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro supporto alla realizzazione dello stesso.

Voglio quindi fare un ringraziamento speciale al mio relatore, il Prof. Sampalmieri, che mi ha seguito, con la sua disponibilità e i suoi consigli, permettendomi di arrivare fino a qui.

INDICE

1. Introduzione	2
2. Sviluppo dentale e morfologia della superficie occlusale	6
2.1 Odontogenesi	6
2.2 Anatomia occlusale	8
2.3 Anatomia occlusale di premolari superiori e inferiori	9
2.4 Anatomia occlusale di molari superiori e inferiori	11
2.5 Correlazione tra anatomia occlusale e sviluppo di lesioni cariose	12
3. Carie	18
4. Sigillature e sigillanti	24
4.1 Indicazioni	26
4.2 RBS	29
4.3 CVI	36
4.4 Confronto tra CVI e RBS	40
4.5 RMGI	43
4.6 Compomeri	43
4.7 Compositi fluidi	44
4.7.1 compositi fluidi autoadesivi	45
4.8 Pretrattamento di superficie	45
4.9 Tecnica di applicazione	47
5. Correlazione tra perdita di sigillante e comparsa di carie	54
6. Adesione	58
6.1 Etch&rinse	60
6.2 Etch&dry	61
6.3 Adesivi universali	62
6.4 Adesivi: quali scegliere e perché?	63
7. Conclusioni	68
8. Bibliografia	70

1. INTRODUZIONE

La carie è una patologia multifattoriale che deriva da una modifica dell'equilibrio del biofilm, della placca dentale, verso una popolazione batterica cariogena, cioè produttrice di acidi, causata e mantenuta dalla frequente assunzione di carboidrati facilmente fermentabili (Simonsen, 2002; Mejare et al., 2003) e si manifesta come una gamma continua di malattie con crescente gravità e distruzione dei denti, che varia da cambiamenti subclinici a lesioni con coinvolgimento dentinale [1]. Rappresenta ancora oggi una delle patologie più diffuse nella popolazione generale e in età pediatrica (Jokovic & Locker 2001, Featherstone 2003, Harris et al. 2004, Guzman-Armstrong 2005, Cleaton-Jones et al. 2006, Hiiri et al. 2006).

L'elevata prevalenza della patologia cariosa nella popolazione infantile italiana recentemente rilevata (Campus et al., 2007) ci porta a valutare l'intera popolazione come potenzialmente a rischio di carie e come tale bisognosa di interventi preventivi di tipo estensivo (Tinanoff et al., 2002; Kallestal et al., 2003; De Grauwe et al., 2004).

Secondo quanto riportato dalle linee guida del Ministero della Salute italiano, (Forza della raccomandazione A Grado dell'evidenza I) la sigillatura dei solchi e delle fossette della superficie oclusale degli elementi dentari è una metodica di prevenzione della carie conosciuta ed applicata in tutto il mondo ormai da molti decenni (Simonsen, 2002; Mejare et al., 2003; Ahovuo-Saloranta et al., 2004; Kitchens, 2005; Hiri et al., 2006). La metodica consiste nella chiusura meccanica di quelle irregolarità dello smalto dentario presenti principalmente sulla porzione masticante dei molari, ma anche dei premolari ed in alcuni casi sulla superficie palatina dei denti anteriori. Nei bambini e ragazzi di età compresa fra 5 e 17 anni infatti, più dell'80% delle lesioni cariose si manifesta nelle irregolarità dello smalto situate sulla superficie

masticante [2], in quanto essi sono notoriamente cattivi spazzolatori e tendono a ignorare le aree posteriori della bocca le quali non risultano facilmente raggiungibili dalle setole dello spazzolino [3]. Il 74% dei solchi dei molari permanenti trattati con questa metodica preventiva si mantiene sano a distanza di 15 anni (Jokovic e Locker, 2001; Nunn et al., 2000). L'efficacia delle sigillature nel prevenire l'insorgenza di carie è massima se vengono applicate in tempi brevi dopo l'eruzione (nel caso dei primi molari permanenti il momento ideale per la sigillatura è tra il sesto e il settimo anno), per la maggior suscettibilità alla malattia del dente appena erotto che persiste per i primi due anni circa (Smallridge, 2000) [2].

In passato, furono fatti diversi tentativi per proteggere solchi e fessure dalla comparsa di carie, ad esempio la loro l'eradicazione. Ciò comportava l'ampliamento delle fessure, o cosiddetta fissurotomia, per trasformarle da profonde a lavabili. Un altro metodo utilizzato è stato quello di trattare solchi e fessure con nitrato d'argento ammoniacale. Nessuno di questi approcci, tuttavia, ha avuto un grande successo. Un approccio più invasivo fu introdotto da Hyatt nel 1923 e ciò comportò la preparazione di una cavità di classe I che includeva tutti i solchi profondi e le fessure e il successivo posizionamento di un restauro profilattico. In realtà, questo approccio è rimasto il trattamento di scelta fino agli anni '70.

Nel 1955, Buonocore pubblicò uno studio nel quale documentò l'adesione della resina acrilica sullo smalto dentale precedentemente mordenzato. Descrisse la tecnica della mordenzatura, usando acido ortofosforico all'85% per 30 s, al fine di aumentare l'adesione dei materiali a base di resina metilmetacrilata autopolimerizzante allo smalto. Questo studio è stato davvero l'inizio di una rivoluzione nella pratica clinica.

Il primo materiale sigillante (introdotto da Cueto a metà degli anni '60), valutato come soggetto a disintegrazione batterica nella cavità orale, fu sostituito dal materiale inventato da Bowen, una resina viscosa chiamata

bisfenolo-un-glicidil dimetacrilato, (noto come bis-GMA), che è risultata resistente alla degradazione batterica e in grado di produrre un soddisfacente legame con lo smalto mordenzato.

Buonocore fece ulteriori progressi e pubblicò, nel 1970, il suo primo articolo sui sigillanti per solchi e fessure, dove descrisse la riuscita dell'utilizzo di bis-GMA con l'ausilio della luce ultravioletta [4].

Essendo la superficie occlusale l'area dentale più colpita, la sigillatura di solchi e fessure è stata considerata la tecnica più efficace per affrontare l'insorgenza della carie occlusale. Attualmente, infatti, l'OMS considera il sigillo come la principale misura preventiva, uno dei mezzi più efficaci e meno invasivi disponibili [5] per la prevenzione e il controllo della carie sulle superfici occlusali [6]. Agiscono come una barriera fisica legandosi micromeccanicamente al dente, impedendo così l'accesso dei batteri cariogeni alla loro fonte di nutrienti [7]. I loro benefici preventivi si basano direttamente sulla capacità del materiale sigillante di impregnare a fondo i solchi con l'obiettivo di una buona integrità marginale nel tempo [8,9].

Una corretta diagnosi permette di evidenziare possibili controindicazioni alle sigillature e si basa sull'assenza di segni evidenti di smalto decomposto o demineralizzato (white o brown spots) sul fondo dei solchi occlusali, vestibolari o linguali, dopo una variazione netta della traslucenza dello smalto a seguito di un'essiccazione prolungata (5 s) [1]. In tal caso, infatti la terapia prevede la sigillatura associata ad ameloplastica mentre nel caso di lesioni cariose minimali sono indicati restauri minimamente invasivi [10].

Il protocollo per il posizionamento del sigillante include la pulizia e l'isolamento del dente, il pretrattamento della superficie dello smalto e l'applicazione del sigillante, seguita da valutazione e monitoraggio del sigillante [1]. Durante l'applicazione del sigillante, è fondamentale evitare un riempimento eccessivo, poiché è stato dimostrato che può portare a un maggiore distacco dalla superficie dello smalto e, successivamente, a una maggiore micro-dispersione [11]. Dopo il restauro, i sigillanti devono essere

controllati dai pazienti durante le procedure di igiene domiciliare, nonché in regolari sedute di controllo e devono essere sostituiti quando indicato [1].

I requisiti di un materiale sigillante consistono in una serie di proprietà organolettiche, fisico-chimiche, biocompatibilità, facilità d'uso e convenienza che rendono questo materiale un prodotto ideale. In particolare, per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche, il materiale sigillante deve possedere un elevato grado di bagnabilità e un grado di viscosità tale da consentire la penetrazione nelle microporosità prodotte dalla mordenzatura dello smalto. Questa proprietà definita "coefficiente di penetrazione", è direttamente proporzionale alla tensione superficiale del liquido e indirettamente proporzionale alla viscosità del materiale stesso. Minore è la viscosità di un sigillante, maggiore sarà il suo coefficiente di penetrazione e quindi maggiore sarà la sua efficacia. Altre caratteristiche importanti sono la resistenza all'abrasione, che dovrebbe sempre manifestare valori di durezza Knoop tra 15 e 20 e il coefficiente di restringimento della polimerizzazione, che dovrebbe essere nell'ordine del 4% (per resine a base di bis-GMA).

I parametri che influenzano la ritenzione del sigillante sono dovuti alla natura del materiale, alla sua modalità di polimerizzazione e ad altri fattori, tra cui la posizione del dente in bocca, l'età del paziente e la sua collaborazione. Infine, la maggiore percentuale di successo dipende proprio dall'esperienza e dalla capacità dell'operatore di applicare il sigillante secondo una procedura corretta e precisa.

Le caratteristiche estetiche, sebbene importanti, sembrano secondarie all'obiettivo preventivo in età pediatrica. Per questo motivo, nel corso degli anni sono stati prodotti sigillanti colorati, con l'obiettivo di facilitare nel tempo il controllo clinico della loro integrità, consentendo una protezione significativa contro l'insorgenza di carie [5].

La loro efficacia è documentata in diversi studi, tra cui quello di Simonsen che nel 1991 ha eseguito un randomized trial di due gruppi di individui affini

per età, sesso, residenza con controllo remoto di 15 anni dove nel gruppo test, il 69% degli individui ha mostrato superfici occlusali sane, mentre solo il 31% ha mostrato denti cariati o trattati. Nel gruppo di controllo, tuttavia, il 17% degli individui ha mostrato superfici occlusali sane e l'83% ha mostrato denti cariati o trattati [5].

2. SVILUPPO DENTALE E MORFOLOGIA DELLA SUPERFICIE OCCLUSALE

2.1 Odontogenesi

L'odontogenesi è il frutto dell'interazione del tessuto epiteliale con quello mesenchimale, un meccanismo questo comune allo sviluppo embriogenetico di molti organi. Il processo inizia a circa 5 settimane di vita intrauterina con una proliferazione focale di cellule epiteliali che si addentrano verso l'area sottostante, inducendo un addensamento di cellule ectomesenchimali. I denti iniziano il loro sviluppo intorno alla sesta settimana di vita embrionale quando i processi mascellare e mandibolare si accrescono procurando uno spazio idoneo a garantire un possibile domicilio agli abbozzi dentari. Intorno alla 6° -7° settimana di sviluppo la cavità buccale è rivestita da un epitelio di rivestimento bistratificato che prolifera rapidamente per tutta la propria estensione e forma una lunga propaggine epiteliale che si approfonda nel mesoderma, la lamina dentale primitiva, la quale corrisponde alle future arcate dentarie. La lamina dentale, grazie alla proliferazione delle cellule che la costituiscono, forma in specifici siti ed in precisi momenti morfogenetici delle gemme, in

numero di 10 per ciascuna arcata, che si invaginano ulteriormente nel mesenchima. Le cellule mesenchimali si condensano e rilasciano segnali che danno origine

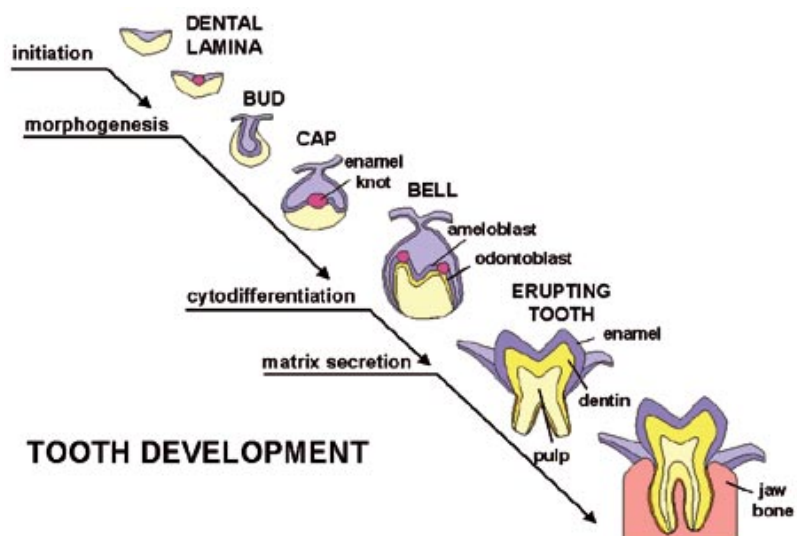


Figura 1 Fasi dello sviluppo dentale, è possibile notare i nodi di smalto i quali saranno responsabili della definizione della morfologia dei solchi.

ai nodi di smalto primario, che si trova sulla punta della gemma dentale. I nodi di smalto sono centri di segnalazione che controllano le cellule epiteliali adiacenti per la formazione dell'organo dello smalto e delle cellule mesenchimali per la formazione della papilla dentale. L'epitelio si ripiega attorno al nodo dello smalto dando origine allo stadio del cappuccio, intorno all'11 settimana. Le cellule mesenchimali condensate che circondano l'organo dello smalto formano il follicolo dentale. Il germe dentale è ora organizzato in tre parti: l'organo dello smalto, la papilla dentale e il follicolo dentale - che in seguito formano rispettivamente lo smalto, il complesso dentina-polpa e il parodonto [1]. Nodi di smalto secondari compaiono in futuri denti pluri-cuspidati (molari decidui, i premolari permanenti e i molari permanenti) rappresentando nuovi centri di segnalazione che definiscono la morfologia della corona. La distanza dei centri di segnalazione influenza lo spessore dello smalto delle cuspidi e definisce la morfologia dei solchi.

I solchi profondi si formano se i centri di segnalazione sono distanti e la fusione delle cuspidi avviene in ritardo. Intorno alla 14 settimana l'epitelio dentale si estende ulteriormente nel mesenchima dando origine alla fase della campana. Il mesenchima addensato, che viene a trovarsi all'interno dell'invaginazione, va a costituire la papilla dentale. Nell'abbozzo ectodermico del dente si differenziano l'epitelio esterno dello smalto, e in vicinanza della papilla dentale, l'epitelio interno dello smalto. Tra questi due strati dell'organo dello smalto, si trova il reticolo stellato. Al momento di differenziarsi in ameloblasti, le cellule dell'epitelio interno dello smalto diventano più alte e colonnari. Le cellule mesenchimali della papilla immediatamente a contatto con l'epitelio interno dello smalto, non appena si sono formati gli ameloblasti, si differenziano in odontoblasti; queste cellule specializzate iniziano la sintesi e la secrezione di predentina ed a seguito della calcificazione di quest'ultima si forma la dentina definitiva. La continua formazione e il relativo ispessimento della dentina spinge gli odontoblasti verso la papilla dentale; nella dentina essi lasciano dei sottili prolungamenti

citoplasmatici, i processi dentinali dette anche “fibre del Tomes”, che sono racchiusi nei canalicoli dentinali, il cui decorso conformato ad “S” italica presenta un diametro decrescente dal limite pulpale a quello superficiale, gli odontoblasti permangono per tutta la durata della vita del dente, continuando a formare la dentina. Le cellule della papilla dentale, situate esternamente allo strato odontoblastico, danno luogo alla costituzione della polpa dentaria, tessuto mesenchimale avvolgente i vasi sanguigni e le fibre nervose del dente. Una volta che la predentina viene ad essere depositata, gli ameloblasti dell’epitelio interno dello smalto prendono ad elaborare il tessuto minerale che costituirà i lunghi prismi dello smalto che si depositano sopra la dentina e che si orienteranno con l’asse maggiore volto verso la superficie esterna del futuro dente. La formazione dello smalto inizia in corrispondenza della superficie più esterna del dente e da qui si estende gradualmente fino alla porzione cervicale, limite futuro tra smalto e cemento radicolare, il cosiddetto “colletto” del dente [12]. La dentizione permanente segue lo stesso schema di odontogenesi. I germi dentali dei denti permanenti derivano dalla porzione linguale della lamina dentale del germe deciduo. Poiché i molari permanenti non hanno predecessori decidui, la lamina dentale si trova posizionata posteriormente senza una connessione con l'epitelio orale.

2.2 Anatomia occlusale

È stata definita la porzione occlusale come la più interessata dal processo carioso, questo per via delle sue caratteristiche anatomiche. In questa faccia infatti troviamo, accanto alle cuspidi e alle creste, delle depressioni (depressions) o concavità (concavities). Queste si distinguono in:

- Fosse (Fossa, plurale- fossae). Sono depressioni della corona di forma rotondeggiante. I denti anteriori mostrano una depressione poco pronunciata sulla faccia interna (linguale e palatale); i denti posteriori al

contrario esibiscono due o più fosse che variano di forma e posizione (centrale, mesiale, distale, marginale, ecc.).

- Pozzetti (*Pits*) [pozzetti]. Sono il punto più profondo della fossa.
- Solchi (Grooves). Sono depressioni lineari di forma allungata, distinguibili in:
 - Solchi principali (Primary grooves) o solchi di sviluppo (developmental grooves). Si tratta delle depressioni maggiori che dividono tra loro le cuspidi e che rappresentano il punto di giunzione dei lobi (lobes), ossia i centri di formazione unitari all'origine del dente. Nei denti bicuspidati è presente un solo solco principale che, estendendosi in direzione mesio-distale, separa il dente in una parte vestibolare e in una linguale/palatale. Nei denti pluricuspidati dal solco mesio-vestibolare – anche chiamato solco centrale (*central groove*) – originano altri solchi che si dirigono in direzione linguale/palatale o vestibolare.
 - Solchi secondari (Secondary grooves) o solchi supplementari (supplemental grooves). Sono solchi meno profondi che originano da un solco principale e che mostrano una direzione variabile [13].

2.3 Anatomia occlusale di premolari superiori e inferiori

I primi premolari mascellari possiedono un solco principale mesio distale, leggermente spostato lingualmente, che separa la cuspidi vestibolare dalla palatale, e termina nelle fosse marginali dividendosi in due braccia: una vestibolare ed una palatale. Il solco mesio-distale prosegue tagliando la cresta marginale mesiale sulla faccia mesiale. Succede solo nel primo premolare superiore, e questa è una caratteristica peculiare per riconoscere il primo premolare superiore dal secondo.

I secondi premolari mascellari possiedono un solco principale mesio-distale leggermente spostato palatalmente, che separa la cuspid vestibolare dalla palatale. Il solco è più corto di quello del primo premolare, e da questo originano numerosi solchi accessori che conferiscono all'elemento un aspetto increspato, in questo dente è assente il solco di sviluppo caratteristica differenziale col primo premolare superiore.

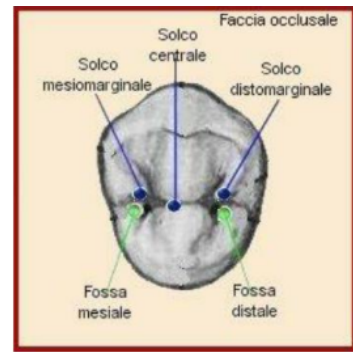


Figura 2 Primo premolare superiore, faccia occlusale

I primi premolari mandibolari di solito hanno due cuspidi, la loro superficie occlusale risulta inscritta in una forma quasi rotondeggiante, è circonscritta dalle creste cuspidali e marginali. È costituita per lo più dalla cresta triangolare della cuspid vestibolare. Questa è separata dalla linguale dal solco principale mesiodistale, che origina dalle fosse marginali disegnando una curva e concavità vestibolare. Questo solco, a differenza dei premolari superiori che lo hanno quasi al centro della faccia occlusale, è molto spostato lingualmente e determina una grande differenza di volume tra le due cuspidi. I secondi premolari mandibolari hanno spesso tre cuspidi: una vestibolare e due linguali [1], si nota che la cuspid vestibolare è la più estesa, occupando i 2/3 della faccia occlusale propriamente detta. Nel tricuspidato i contorni interprossimali divergono dal lato linguale, e il solco principale con andamento mesio-distale separa la cuspid vestibolare dalle due linguali e ha la forma di Y asimmetrica: infatti il solco linguale è spostato verso distale in quanto la cuspid mesio-linguale ha volume doppio rispetto alla distale. Solo quando la cuspid disto-linguale è ipertrofizzata, la Y diventa simmetrica. Le cuspidi in ordine di grandezza quindi sono: la vestibolare, più grande, poi la mesio linguale ed infine la disto-linguale, la più piccola. Nel bicuspidato le facce prossimali sono nettamente convergenti verso il lato linguale, che risulta così decisamente convesso [14].

2.4 Anatomia oclusale di molari superiori e inferiori

Le corone dei molari mascellari di solito hanno da tre a cinque cuspidi. Quando hanno quattro cuspidi, tre sono più grandi (la mesiobuccale, distobuccale e mesiolinguale) e la quarta cuspidè è più piccola (la distolinguale). Su molti primi molari mascellari, vi è una quinta cuspidè molto più piccola (tubercolo di Carabelli) situata sulla superficie linguale della cuspidè più alta e più grande, la mesiolinguale. Su

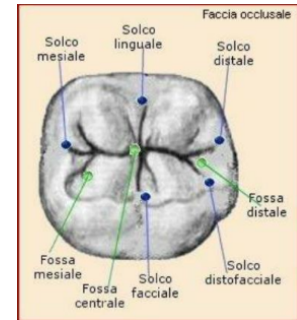


Figura 3 Primo molare inferiore, faccia oclusale

molti secondi molari mascellari, manca la quarta cuspidè (tricuspидati).

La superficie oclusale del primo molare mandibolare mostra due solchi principali, uno mesiale e uno distale. Il solco mesiale ha origine tra le due cuspidi vestibolari, corre in diagonale, quindi ruota in senso mesiale e corre in senso longitudinale. La fessura distale ha la sua origine tra le cuspidi palatali. Si dirige distobuccalmente e termina di fronte alla cresta marginale. Le corone molari mandibolari hanno normalmente quattro o cinque cuspidi. I primi molari mandibolari presentano frequentemente cinque cuspidi, di cui la quinta, più piccola, si trova distalmente sulla superficie buccale (avremo quindi tre cuspidi: mesiobuccale, centrobuccale e distobuccale). I secondi molari hanno quattro cuspidi relativamente grandi: due buccali (mesiobuccale e distobuccale) e due linguali (mesiolinguale e distolinguale).

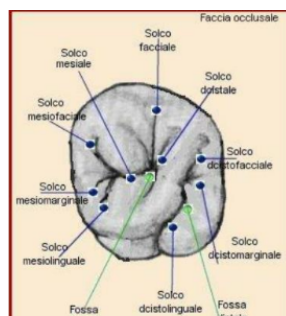


Figura 4 primo molare superiore, faccia oclusale

I molari mandibolari presentano un solco principale che corre longitudinalmente da mesiale a distale, terminando generalmente nella regione della cresta marginale. Tre solchi diagonali originano dal centro. Nel caso del primo molare, un solco è in direzione linguale e due sono in direzione buccale. A seconda

del numero di cuspidi, i solchi assumeranno forma di Y o di X (in base alla presenza di 5 o 4 cuspidi rispettivamente) [1].

2.5 Correlazione tra anatomia oclusale e sviluppo delle lesioni cariose

Le superfici oclusali comprendono solo il 12% della superficie dentale totale, tuttavia sono otto volte più vulnerabili alla carie rispetto alle superfici prossimali. La carie che coinvolge le superfici oclusali dei molari comprende dal 52,7% al 66,3% di tutte le lesioni cariose. La carie di solchi e fessure corrisponde a circa il 90% della carie dei denti posteriori permanenti e al 44% della carie nei denti permanenti nei bambini e negli adolescenti [15].

I molari possono avere un rischio maggiore di carie a causa delle dimensioni e della complessa morfologia dei solchi oclusali, considerata un sito ideale per la ritenzione di batteri e residui di cibo, ed inaccessibile alla pulizia meccanica mediante le quotidiane pratiche di igiene orale domiciliare.

Il fatto che i solchi e le fessure sono più inclini allo sviluppo della carie è dovuto alla complessità morfologica di queste superfici, che a sua volta può portare ad un aumento dell'accumulo di placca e alla diminuzione dei livelli di protezione della carie su solchi e fessure. L'accumulo di placca e la suscettibilità della carie sono maggiori durante l'eruzione dei denti molari [16]. I primi molari permanenti appena erotti dovrebbero essere visti come denti sensibili, per questo devono essere sigillati in una fase iniziale o tardiva di questo processo naturale, questo perché l'incompleta mineralizzazione del dente, che sarà ultimata circa due anni dopo l'eruzione, lo rende più aggredibile dagli acidi della placca [2].

Si è visto che la sigillatura dei molari decidui riduce i restauri e le estrazioni e garantisce un ambiente orale con meno fattori di rischio per i denti permanenti recentemente erotti [17].

Poiché è morfologicamente impossibile determinare la complessità anatomica e le caratteristiche dei solchi mediante esame diretto visivo o radiografico, dobbiamo basarci su quello che è stato reso noto mediante studi di sezioni di dente [18, 19].

Nel 1960 Nagano [20] ha classificato i solchi in base alla loro forma in:

- Tipo V: (34%) largo nella parte superiore e progressivo restringimento verso il basso, tende ad essere autopulente, è poco profondo e largo, si raccomanda una tecnica non invasiva.
- Tipo di U: (14%) sono di larghezza simile a quella di tipo V, poco profonde e larghe, tendono ad essere autopulenti e si raccomanda una tecnica non invasiva.
- Tipo I: (19%) fessura estremamente stretta, sono profonde e strette, ricordano un collo di bottiglia, sono cariorecettive e richiedono una tecnica invasiva.
- Tipo IK: (26%) visto come una fessura stretta associata a una forma più grande nella parte inferiore, richiede una tecnica invasiva, poiché molto sensibile alla carie.
- Tipo Y invertito: (5%-10%)
- Altri tipi: (7%) [16].

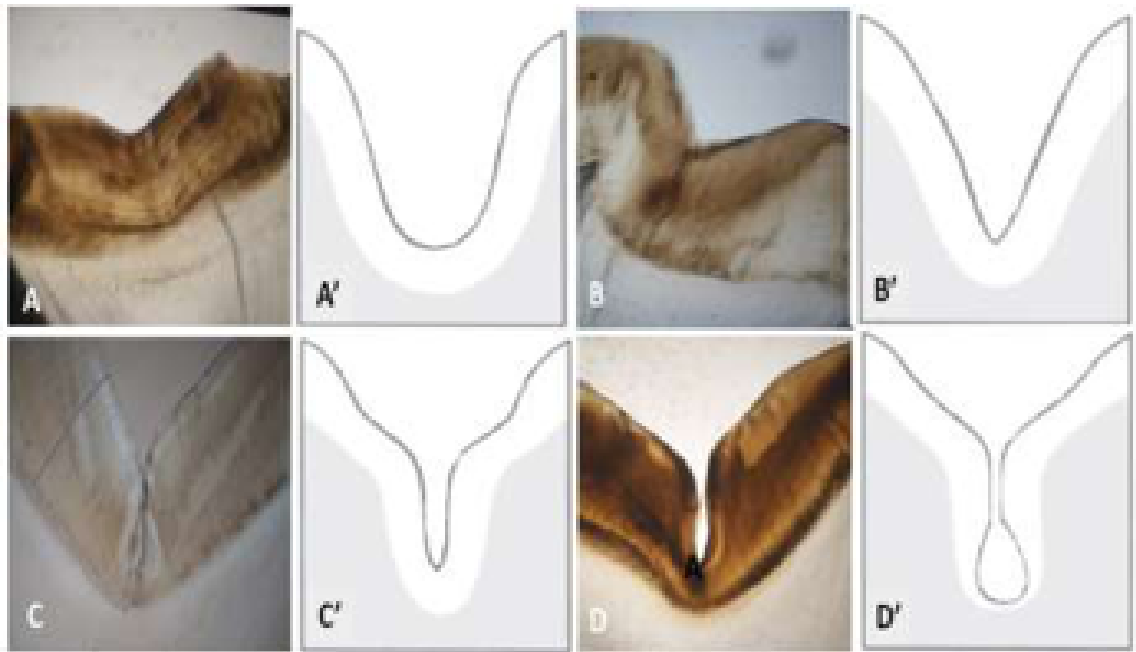


Figura 5: morfologia dei solchi. A-A' solchi ad U, B-B' solchi a V, C-C' solchi ad I, D-D' solchi a IK

È stato visto che vi è una stretta correlazione tra morfologia occlusale e profondità di penetrazione del sigillante, valori superiori al 70% per solchi con morfologia ad U (93,89%), V e IK (78,62%), valori inferiori al 70% caratterizzano invece i solchi con morfologia ad I (65,91%) e IK [21].

Nagano ha anche scoperto che la forma e la profondità dei solchi sono strettamente correlati, il tipo V appare poco profondo, il tipo U di media profondità mentre le restanti conformazioni appaiono profonde. Inoltre, ha osservato una relazione tra la localizzazione di una lesione primaria e la forma e la profondità della fessura: nel tipo V, poco profondo, nella maggior parte dei casi, la carie inizia dal basso; nel tipo U, di media profondità, inizia a metà solco mentre inizierà dall'alto nel tipo I ed IK [20].

Per quanto riguarda la morfologia dei denti, Klein e Palmer sono stati i primi a segnalare che la suscettibilità relativa di un dente alla carie era direttamente associata ai vari tipi di morfologie dentali. Sullo studio di Klein e Palmer e sui dati del terzo sondaggio nazionale sulla salute e l'alimentazione

(NHANES III), sono state indicate sei categorie di suscettibilità relativa alla carie, elencate successivamente in ordine di rischio decrescente:

- (a) secondi molari mandibolari,
- (b) primi / secondi molari mascellari e primi molari mandibolari,
- (c) secondi premolari mascellari / mandibolari,
- (d) primi premolari mascellari / mandibolari,
- (e) centrale mascellare / incisivi laterali e
- (f) mascellari / mandibolari e incisivi mandibolari centrali / laterali [1].

La presenza della carie della prima infanzia è un indicatore ad alto rischio per lo sviluppo della carie futura e dovrebbe essere utilizzata per aiutare il medico nella decisione di applicare sigillanti dentali. Allo stesso modo, Sheiham e Sabbah basati su schemi di carie universali suggeriscono che, se tutti i primi molari permanenti hanno carie, allora c'è un'alta probabilità che anche i secondi molari siano interessati. Sulla stessa base, supportano una simmetria sinistra-destra e una mascella-mandibola nell'incidenza della carie dei denti posteriori.

Spesso i dentisti prendono la decisione di posizionare sigillanti in molari permanenti in base alla profondità percepita delle fessure occlusali, a causa del suo ruolo nello sviluppo della carie, sigillando le superfici occlusali dei denti posteriori con fessure profonde. La logica di ciò si basa sullo studio di Ekstrand et al. che ha valutato la relazione tra la morfologia del sistema solco-fossa, le caratteristiche istologiche della carie e se la morfologia delle creste convergenti influenza la vitalità dei microrganismi. È stato valutato che la morfologia interna dei solchi influenza le condizioni per la crescita batterica e questo determina la posizione per la progressione della carie

all'interno del sistema solco-fossa. Una bassa attività di carie nella parte più profonda dei solchi implica un basso livello di vitalità batterica in questi siti.

Il contenuto delle fessure è costituito principalmente da ameloblasti che rivestono la parete delle fessure, resti di cellule che costituiscono gli organi dello smalto e globuli rossi; è stato suggerito che il contenuto di tali solchi potrebbe influenzare significativamente l'efficacia di alcune procedure di prevenzione della carie. Nelle regioni centrali i batteri sono più abbondanti, mentre nelle parti più profonde sul fondo dei solchi predominano le masse amorfe di materiale e si verifica una più forte mineralizzazione. I batteri sembrano subire una calcificazione più in profondità nel solco. Questo processo può anche avere un effetto protettivo contro lo sviluppo della carie. La morfologia delle fessure potrebbe essere un fattore significativo per quanto riguarda il successo dei sigillanti. Diversi autori hanno valutato l'effetto della morfologia delle fessure sul microleakage e sulla penetrabilità dei sigillanti. Selecman et al. hanno scoperto che la morfologia della fessura non era un fattore significativo per quanto riguarda il microleakage, mentre la morfologia ha avuto un impatto significativo sulla penetrabilità del sigillante, con le fessure di tipo U che hanno mostrato i valori più alti. Non è stata trovata alcuna correlazione tra l'estensione del microleakage e la penetrabilità del sigillante. Al contrario, Iyer et al. ha descritto che le forme sei solchi hanno influenzato significativamente l'adattamento ma non la penetrazione dei sigillanti. Entrambi gli studi hanno stabilito che i solchi ad U hanno mostrato la più alta percentuale media di penetrazione. Più stretta è la fessura, più difficile è la penetrazione a causa del fenomeno della capillarità [1].

Symons afferma che i sigillanti per fessure mostrano un'ottima adattabilità contro le pareti delle fessure verticali, ma non hanno la capacità di penetrare completamente sul fondo della fessura, indicando perciò che nessun materiale è in grado di penetrare fino alla base di fessure profonde e strette;

è quindi comprensibile che alcuni clinici sospettino che vi siano microrganismi nello spazio non riempito o che il sigillante sia spesso posizionato sopra una lesione cariosa incipiente [21]. È stato notato però che massima profondità di penetrazione, buon adattamento e microleakage marginale limitato sono più importanti della completa penetrazione del sigillante alla base della fessura [15].

3. CARIE

La patologia cariosa è una malattia infettiva a carattere cronico-degenerativo, trasmissibile, ad eziologia multifattoriale, che interessa i tessuti duri dentali e che porta alla distruzione degli stessi (Featherstone, 2003).

Se non si interviene preventivamente, nel tempo può culminare nella distruzione localizzata di tessuti dentali duri da parte degli acidi deboli prodotti dalla fermentazione dei carboidrati batterici. I cambiamenti microbiologici all'interno del biofilm orale alterano l'equilibrio del processo di remineralizzazione / demineralizzazione dello smalto dei denti verso una popolazione batterica cariogena, cioè produttrice di acidi; questo equilibrio è anche influenzato dal flusso e dalla composizione salivare, dall'esposizione al fluoro, dalla frequente assunzione di carboidrati facilmente fermentabili (Simonsen, 2002; Mejare et al., 2003) e da comportamenti preventivi (ad es. pratiche di igiene quotidiana) .

Sebbene colpisca l'intera popolazione, la carie è la singola malattia cronica infantile più comune. Rappresenta ancora oggi una delle patologie più diffuse nella popolazione generale e in età pediatrica (Jokovic & Locker 2001, Featherstone 2003, Harris et al. 2004, Guzman-Armstrong 2005, Cleaton-Jones et al. 2006, Hiiri et al. 2006).

La carie nei bambini inizia poco dopo l'eruzione dei denti decidui e continua ad aumentare a un ritmo considerevole in età scolare [22].

Se la carie dentale progredisce, si ferma o si inverte dipende da un equilibrio tra fattori protettivi e patogeni [23].

I solchi presenti sulle superfici occlusali dei molari permanenti possono intrappolare le particelle di cibo e



Figura 6 lesione cariosa sulla superficie occlusale di un elemento molare

promuovere la presenza di biofilm batterico, aumentando il rischio di sviluppare lesioni della carie.

Le condizioni socioeconomiche ed ambientali giocano un ruolo importante nello sviluppo della patologia cariosa, influenzando anche le abitudini correlate alla salute orale, quali l'igiene orale personale e l'igiene alimentare (Kallestal et al. 2003, Johnson 2004, Whelton 2004, Hugoson et al. 2005, Senna et al. 2005, Nunn 2006).

Secondo il diagramma proposto da Keyes nel 1962, ancora oggi ritenuto valido, sono necessari tre fattori di rischio fondamentali perché si realizzi la carie: flora batterica cariogena, dieta ricca di carboidrati fermentabili e ridotte difese dell'ospite.

Per fattore di rischio si intende “un fattore biologico, ambientale e comportamentale che nel tempo aumenta la probabilità del manifestarsi di una patologia; se rimosso o assente, ne riduce la probabilità. Esso è parte della catena causale oppure espone l'ospite alla catena causale. Al conclamarsi della patologia, la sua rimozione non necessariamente lo riduce”.

Batteri - Nel cavo orale sono presenti centinaia di specie microbiche per lo più commensali. Almeno 20 specie batteriche hanno la capacità di produrre acidi deboli (specie cariogene); il batterio più importante nell'eziopatogenesi della carie è lo *Streptococcus mutans*, anche se nelle lesioni cariose si possono rinvenire altri batteri cariogeni, tra cui altri streptococchi (*S. oralis*, *S. sanguis*, *S. mitis*), lattobacilli e actinomiceti. Le proprietà principali di questi microrganismi sono: adesività, fermentazione di alcuni carboidrati assunti con la dieta (soprattutto saccarosio, glucosio, fruttosio e lattosio), sintesi di polisaccaridi intra ed extracellulari e crescita in ambiente acido (Thenisch et al., 2006; Law et al., 2007). In particolare, si ribadisce che il batterio cariogeno più rilevante è *Streptococcus mutans*, la cui presenza nel cavo

orale della madre, in qualità e quantità, condiziona il rischio di carie del bambino. Esiste, quindi, una correlazione tra le condizioni di igiene e di salute nelle madri e lo sviluppo di carie dentali nei figli, ed è anche dimostrato che è possibile controllare e prevenire tale trasmissione da madre a figlio riducendo la concentrazione salivare materna di *Streptococcus mutans* mediante la somministrazione combinata di fluoro e clorexidina (Brambilla et al, 1997). È stata notata anche la comparsa di cambiamenti qualitativi nel biofilm con livelli più alti di streptococchi non mutanti e *Actinomyces israelii* nei denti in fase di eruzione rispetto ai denti completamente erotti.

Carboidrati - La fermentazione dei carboidrati da parte dei batteri cariogeni comporta la formazione di metaboliti acidi responsabili in prima istanza della demineralizzazione della componente inorganica dello smalto (inizialmente reversibile) e della dentina; la produzione di enzimi proteolitici (es. aminopeptidasi) è poi responsabile della disgregazione della componente organica dei tessuti sopra citati. Le specie cariogene, avendo come habitat le superfici dure dentarie, possono colonizzare stabilmente il cavo orale del bambino solo dopo l'eruzione dei primi denti decidui. È stato ampiamente dimostrato che tanto più massiva e precoce è la colonizzazione del cavo orale del bambino da parte di questi microorganismi, tanto maggiori saranno le probabilità di sviluppo di lesioni cariose nella dentatura decidua (Johnson, 2004).

Dieta - Numerosi studi clinico-epidemiologici hanno messo in relazione il consumo di zuccheri fermentabili con l'aumento della carie. La frequenza con cui i carboidrati vengono assunti, più che la dose complessivamente assunta, sembra essere l'elemento più importante nella genesi della patologia.

Ospite - Le variabili relative all'ospite riguardano essenzialmente la saliva. La saliva esercita un'importante azione protettiva, grazie ai sistemi tampone

che agiscono innalzando il valore del pH, quando questo scende sotto la soglia di rischio per la demineralizzazione. La saliva è, inoltre, fornita di sistemi antimicrobici (lisozima, perossidasi) e immunitari (IgA secretorie) che agiscono sinergicamente nel controllo della flora cariogena (Tenovuo, 1998; Lenander-Lumikari et al., 2000; Hicks et al., 2003; Dodds et al., 2005).

Fattori di rischio aggiuntivi – Le condizioni socioeconomiche ed ambientali giocano un ruolo importante sullo sviluppo della patologia cariosa, influenzando anche le abitudini correlate alla salute orale, quali l'igiene orale personale e l'igiene alimentare. (Kallestal et al. 2003, Johnson 2004, Whelton 2004, Hugoson et al. 2005, Senna et al. 2005, Nunn 2006) [2].

La presenza di carie può essere classificata mediante sette codici ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) che collegano l'aspetto visivo alla profondità della lesione.

Negli esperimenti diagnostici sulla carie che utilizzano l'istologia come standard di riferimento, i codici ICDAS sono interpretati come segue:

- 0: smalto sano e assenza totale di segni di carie.
- 1: smalto che evidenzia una iniziale demineralizzazione (maggiore opacità) dopo asciugatura della superficie con getto d'aria per 3-5 secondi.
- 2: smalto con evidente alterazione del suo aspetto (opacità) anche senza asciugatura forzata.
- 3: smalto che presenta aree di disgregazione (breakdown) ma senza rendere visibile in traslucenza la dentina sottostante.
- 4: smalto che presenta aree di disgregazione maggiori rispetto al livello 3 e che permette la visione in traslucenza della dentina sottostante, che appare come un'ombra grigia/marrone.

- 5: si evidenzia una cavità cariosa franca in smalto e dentina che interessa meno del 50% della superficie occlusale osservata.
- 6: si evidenzia una cavità cariosa franca in smalto e dentina che interessa più del 50% della superficie occlusale osservata [24].

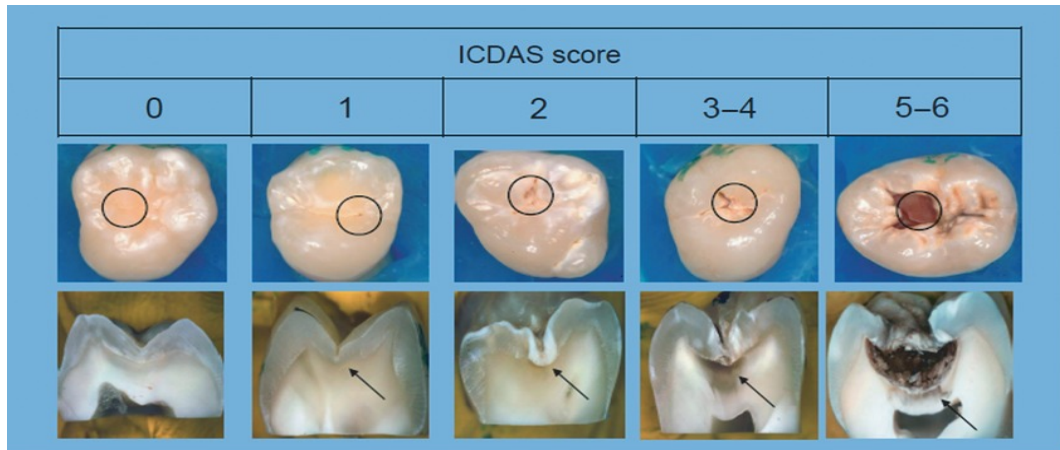


Figura 7 classificazione ICDAS

Il rilevamento di lesioni occlusali è difficile a causa della morfologia dei molari e dei premolari. Le fessure profonde sono spesso otturate da materiale organico che può andare in contro a pigmentazione nel tempo o che può favorire l'inizio del processo carioso. I solchi profondi spesso ostacolano la vista diretta di una lesione cariosa incipiente esistente che potrebbe di conseguenza essere rilevata in una fase relativamente avanzata. Mentre il meticoloso rilevamento della carie visiva-tattile è il primo e più importante metodo per rilevare e diagnosticare le lesioni della carie occlusale, la carie nascosta può essere rilevata con maggiore sensibilità con altri mezzi come le radiografie bitewing e la fluorescenza laser [1].

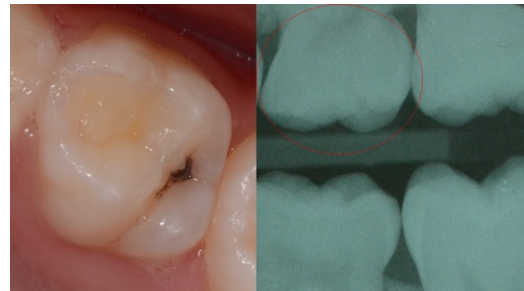


Figura 8 lesione cariosa a carico di un molare superiore e relativa indagine radiografica mediante bitewing

Finché la carie è localizzata solo sullo smalto, è raccomandata la sigillatura dei solchi. Se la carie si è estesa in dentina, si raccomanda un approccio maggiormente invasivo per la rimozione del tessuto cariato e il successivo ripristino dell'anatomia dentale. Tuttavia, anche nei casi in cui la carie ha interessato la dentina, i sigillanti hanno dimostrato di essere efficaci nell'arrestare lesioni cariose se posizionati correttamente [25].



Figura 9 carie occlusale con origine a livello del solco

4. SIGILLATURE E SIGILLANTI

Introdotta a metà degli anni Sessanta, la sigillatura occlusale costituisce un importante presidio nei programmi di prevenzione della salute orale, in quanto rende le superfici dentali inaccessibili all'impianto dei batteri responsabili dell'insorgenza della patologia cariosa. Si era notato infatti, che a livello dei solchi e delle fessure, zone più difficili da pulire correttamente, vi era un maggiore incremento della comparsa di carie.

Il primo tentativo di prevenire la carie occlusale, applicando nitrato d'argento sulle superfici dei denti allo scopo di trattare chimicamente il biofilm con le sue funzioni antibatteriche contro i patogeni *Streptococcus mutans* e *Actinomyces naeslundii*, fu realizzato da Willoughby Miller già nel 1905.

Poi, nel 1921 Hyatt introdusse la cosiddetta "odontotomia profilattica", ovvero l'otturazione sistematica di tutti i solchi di denti che erano considerati a rischio di sviluppare carie occlusale (quindi sia in presenza sia in assenza di carie) creando preparazioni di cavità di classe I [26, 27].

Questa tecnica prevedeva l'ampliamento di solchi e fessure che venivano successivamente riempiti da amalgama, al fine di prevenire la comparsa di carie occlusali [26, 27]. Questa tecnica però, così come l'eliminazione delle fessure dello smalto proposta da Bodecher successivamente, implicava la rimozione di struttura dentale sana senza garantire un risultato sicuro a lungo termine [28]. In seguito, è stato introdotto l'utilizzo di altre sostanze chimiche per la prevenzione della carie occlusale come cloruro di zinco, ferrocianuro di potassio e nitrato d'argento ammonico ma senza successo [21]. Successivamente, meno di 10 anni dopo, fu utilizzata una grande fresa sferica per appianare le fessure senza alcun materiale di riempimento poiché si riteneva che questa procedura meccanica sarebbe stata in grado di prevenire la colonizzazione batterica in queste aree [26]. Quindi queste

fessure sono state riempite con cemento dentale, come il cemento ossifosfato. Tutte le tecniche e i prodotti utilizzati, non hanno però avuto successo nella prevenzione della carie. Fu in seguito alla scoperta di Buonocore, che nel 1955 introdusse la tecnica di mordenzatura acida dello smalto [27,17], che 10 anni dopo si ebbe lo sviluppo di sigillanti da parte di Cueto e Buonocore. Nell'ultimo studio, i ricercatori utilizzarono acido fosforico (50%), ossido di zinco (7%) e una miscela di metilcianoacrilato con cemento siliconico. I risultati mostrarono che la ritenzione era del 71% dopo 1 anno, mentre la riduzione della carie aveva raggiunto l'87%. Tuttavia, questo materiale sigillante era suscettibile alla degradazione batterica e successivamente è stato sostituito da una resina viscosa (bisGMA). Il nuovo materiale aveva un coefficiente di dilatazione termica inferiore, produceva meno calore durante la polimerizzazione ed era più duro del metilcianoacrilato. Questa resina viscosa ha costituito la base per lo sviluppo di numerosi sigillanti e compositi a base di resina oggi disponibili.

L'introduzione dei cementi vetroionomerici (CVI) come sigillanti si ebbe nel 1974 grazie a McLean e Wilson che sfruttarono la capacità del materiale di legarsi chimicamente alla dentina e allo smalto e al rilascio attivo di fluoro nello smalto circostante.

Da allora sono stati introdotti anche altri materiali per sigillare i solchi come i compomeri (resine composite composte modificate con poliacidi) o resine composite fluide [1].

La storia ci mostra come l'evoluzione dei materiali sigillanti sia iniziata dai materiali attivati con luce ultravioletta, spostandosi poi su quelli autopolimerizzanti, quindi sui sigillanti che sono attivati dalla luce visibile, su resine e cementi vetroionomerici per poi arrivare a compomeri, sigillanti compositi modificati con resina e compositi fluidi, da riempiti a parzialmente riempiti, opachi, da chiari a bianchi e contenenti o meno fluoro [4].

4.1 Indicazioni

La letteratura tradizionale, ci fornisce le indicazioni per quanto riguarda le applicazioni dei sigillanti:

- primi molari permanenti per bambini dai 6 agli 8 anni poiché occupano una posizione piuttosto arretrata nel cavo orale;
- secondi molari permanenti per bambini dagli 11 ai 13 anni;
- premolari in bambini ad alto rischio ovvero soggetti il cui stile di vita o una carente terapia di fluoro li rende maggiormente soggetti al manifestarsi di carie;
- molari decidui [29];
- superficie palatina dei denti anteriori [1].

Tuttavia, in un articolo pubblicato nel 1995 da Manton e Messer è stato osservato che non si determina una diminuzione della suscettibilità alla carie per quanto riguarda i denti molari che continuano a costituire un terreno fertile rispettivamente fino a 10 e 16 anni dopo la loro eruzione per cui si ipotizza che la sigillatura di tali denti potrebbe essere giustificata anche fino a dieci anni dopo la loro eruzione [29].

Secondo l'American Dental Association, i sigillanti possono essere collocati anche in presenza di carie iniziale dello smalto, nonché in elementi con lesioni a livello della dentina sotto superfici di smalto apparentemente sane (carie nascoste). La sigillatura marginale è importante per il successo del sigillante poiché la penetrazione di batteri sotto il sigillante potrebbe consentire l'insorgenza e / o la progressione della carie. È stato anche sostenuto che, se la rimozione completa della carie è preclusa o mancata, la capacità di sigillatura del materiale di riempimento sembra essere più

importante delle sue proprietà cariostatiche. Diversi studi hanno studiato che la lesione cariosa viene arrestata anche quando le lesioni della dentina non vengono completamente rimosse. I risultati di questi lavori hanno mostrato una diminuzione del numero di microrganismi coltivabili nella dentina infetta dopo il posizionamento del sigillante. A causa di questo effetto benefico della sigillatura della carie dentina o della carie incipiente dello smalto, il materiale sigillante dovrebbe riempire completamente fosse e fessure durante il posizionamento del sigillante. A maggior ragione, in questo caso controlli clinici e radiografici periodici mediante l'utilizzo di bitewing sono necessari [30].

Nell'utilizzo dei sigillanti, essendo essi applicabili su una vasta gamma di soggetti, devono essere valutate le condizioni ambientali in cui vengono applicati e le procedure da utilizzare, al fine di migliorarne la durata e l'efficacia. Sebbene debba essere fondamentale un adeguato isolamento del dente da sigillare (utilizzando ad esempio la diga di gomma), in molti casi può risultare piuttosto difficile, a causa della scarsa collaborazione del paziente o delle caratteristiche anatomiche dell'elemento, come nel caso di una parziale eruzione dei molari, che rende spesso impossibile l'isolamento del campo operatorio come procedura standard.

La considerazione chiave per il successo è un'adeguata adesione (cioè la penetrazione del materiale nel sistema di fessure precedentemente condizionato). La penetrazione a sua volta dipende dalla configurazione geometrica delle fessure, dalla deposizione del materiale nelle fessure e dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale sigillante utilizzato. Determinare la scelta migliore tra i diversi materiali sigillanti potrebbe essere complicato [31].

Le proprietà richieste per un sigillante per solchi e fessure ideale comprendono:

- la biocompatibilità,
- una buona adesione,
- capacità di ritenzione,
- resistenza all'abrasione e all'usura
- viscosità sufficientemente bassa da bagnare adeguatamente e penetrare facilmente nei solchi [32].

Inoltre, poiché vengono posizionati sul dente in forma liquida, necessitano di una reazione di polimerizzazione che ne permetta l'indurimento.

In base al tipo di reazione di polimerizzazione che è in grado di attivarli, li possiamo distinguere in:

- Resine composite: si fissano attraverso una reazione di polimerizzazione che di solito è iniziata da una luce polimerizzante;
- Vetroionomeri: subiscono una reazione acido-base mentre si fissano;
- Cementi vetroionomeri modificati con resina e resine modificate con poliacidi: sono caratterizzati invece da una combinazione di queste due reazioni di polimerizzazione e ci offrono prodotti sigillanti con caratteristiche diverse che variano in un continuum da quelle dei CVI tradizionali a quelle delle resine composite.

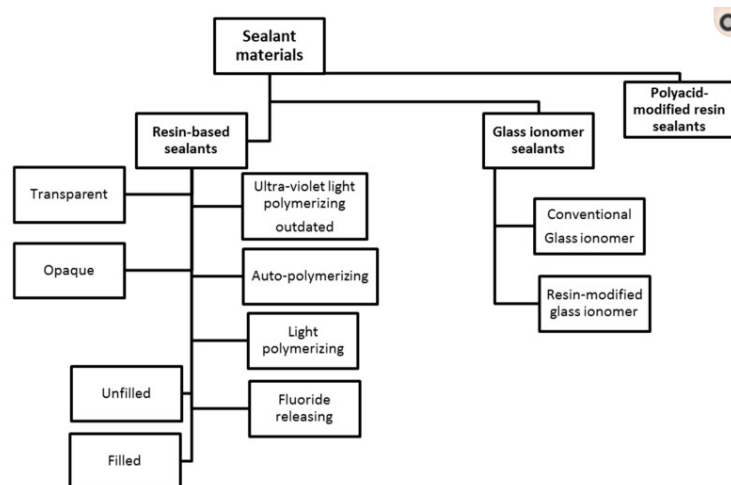


Figura 10 classificazione dei materiali sigillanti

4.2 Sigillanti a base di resina composita (RBS)

Un materiale composito è caratterizzato da tre componenti: la matrice resinosa, il riempitivo inorganico e un agente intermedio, derivato dal silano, che dovrebbe garantire un intimo contatto tra le due fasi precedenti. La fase organica della maggior parte dei compositi attualmente in commercio è costituita dal Bisfenolo-A e GlicidilMetAcrilato (Bis-GMA). Questo, è un monomero bifunzionale prodotto originariamente dalla reazione tra bisfenolo-A e GlicidilMetAcrilato, forma polimeri reticolati orientati nelle tre dimensioni dello spazio per reazione di addizione dei gruppi metacrilici conferendo minor contrazione da polimerizzazione; i gruppi aromatici migliorano le proprietà meccaniche (durezza, resistenza alla trazione, usura), mentre i gruppi idrossilici favoriscono la formazione di legami idrogeno e l'assorbimento d'acqua. Il Bis-GMA essendo molto viscoso viene diluito con diversi monomeri o oligomeri con basso peso molecolare, tra i regolatori di viscosità il TEGDMA è il più utilizzato. Le resine fluide non riempite (bonding) essenziali nel promuovere l'adesione tra il tessuto ed il composito, contengono generalmente più monomero diluente.

L'agente legante serve a mantenere unito il materiale resinoso al materiale inorganico e mantiene il legame matrice-riempitivo. Usualmente, le particelle inorganiche vengono ricoperte con una pellicola monomolecolare di agenti di accoppiamento a base di silano. Queste molecole sono bifunzionali in quanto possiedono un'estremità capace di legarsi ai gruppi ossidrilici, presenti lungo le superfici del riempitivo, mentre l'altra estremità è in grado di copolimerizzare con i doppi legami dei monomeri della matrice. Il legame che viene a formarsi ha un duplice scopo: trasferire gli stress della matrice al riempitivo (di elevata resistenza) e formare una rete polisilossanica che impedisce la penetrazione dell'acqua e l'idrolisi del riempitivo.

Il riempitivo è costituito da minute particelle di natura ceramica a base di silice incorporate nella matrice resinosa, tali da migliorarne le proprietà meccaniche.

Il riempitivo, definito anche con il termine inglese *filler*, varia per composizione chimica, dimensioni, forma e quantità in peso. La natura della matrice e del riempitivo influenzano le proprietà meccaniche dei compositi [33].

In passato, le resine composte erano caratterizzate da elevata contrazione durante la polimerizzazione, migliorata dopo l'aggiunta di nuovi materiali come il silorano. Quelle di ultima generazione mostrano una riduzione della polimerizzazione inferiore rispetto ai dimetacrilati [1].

I sigillanti a base di resina (RBS) dalla loro introduzione, hanno subito uno sviluppo in cui è possibile identificare quattro generazioni, determinate dal metodo di polimerizzazione.

La prima generazione di RBS era caratterizzata da una reazione di polimerizzazione indotta dall'azione dei raggi ultravioletti, che consentivano l'inizio della reazione di polimerizzazione. Attualmente l'utilizzo di questa prima generazione non è previsto.

La seconda generazione era costituita dai sigillanti a base di resina autopolimerizzante (ARBS) o sigillanti induriti chimicamente; l'ammina terziaria (l'attivatore) viene aggiunta mediante miscelazione alla resina. La reazione tra questi due componenti produce radicali liberi che avviano la polimerizzazione del materiale sigillante in resina, anch'essi ormai obsoleti.

La terza generazione comprende sigillanti a base di resina (sempre bisGMA) a polimerizzazione a luce visibile (LRBS). In questo tipo di sigillante, la luce

visibile attiva i fotoiniziatori (solitamente Camphorochinone) che sono presenti nel materiale sigillante e sono sensibili alla luce visibile nella regione della lunghezza d'onda di circa 470 nm. Confrontando questa polimerizzazione a luce visibile con la sua generazione precedente, il sigillante autopolimerizzante a base di resina, LRBS, polimerizza in un tempo più breve (cioè 10-20 s), rispetto al tempo di presa da 1 a 2 minuti di ARBS. Il tempo di lavoro è più lungo e il materiale non polimerizza fino all'esposizione alla luce polimerizzante. Attraverso l'eliminazione della fase di miscelazione, vengono incorporate meno bolle d'aria con l'applicazione di sigillante.

La quarta generazione è costituita dai sigillanti a base di resina a rilascio di fluoro (FRBS). Il sigillante a base di resina di fluoruro è il prodotto risultante dall'aggiunta di particelle a rilascio di fluoro a LRBS nel tentativo di inibire la carie. Secondo la letteratura, tuttavia, FRBS non può essere considerato come un serbatoio di fluoro che fornisce un rilascio a lungo termine di fluoro e, come tale, questo tipo di sigillante non fornisce ulteriori benefici clinici a LRBS.

I sigillanti RBS possono inoltre essere classificati in base alla traslucenza e al colore (opachi, chiari o colorati), alla presenza/assenza di fluoro e alla presenza di riempitivo (non riempiti, mediamente riempiti ed altamente riempiti) [4].

Per quanto riguarda la differenza di colore, questa permette una facile e più rapida individuazione del sigillante in bocca sia da parte del paziente che del medico. Esistono sigillanti sia di varie colorazioni visibili ad occhio nudo, sia in grado di modificare la loro colorazione se sottoposti alla luce polimerizzante/visibile.

Per quanto riguarda il fluoro, sono stati condotti studi sia in vitro che in vivo ed entrambi hanno dimostrato un effettivo rilascio di fluoro.

Uno studio effettuato in vitro da Shariati suggerisce che il rilascio di fluoro potrebbe inibire la demineralizzazione e promuovere al contrario una mineralizzazione dello smalto sottostante provvedendo a lasciare uno strato di fluoro che rende il dente più resistente alla carie qualora il sigillante venga perso.

Generalmente l'incorporazione del fluoro può avvenire con due metodi:

- il sale fluorato solubile è aggiunto alla resina non polimerizzata: dopo che il sigillante è stato applicato al dente, il sale dissolve, e gli ioni fluorati vengono rilasciati.
- un composto organico fluorato viene legato chimicamente alla resina ed il fluoro viene rilasciato dallo scambio con altri ioni.

Il fluoro agisce:

1. rinforzando la struttura cristallina dello smalto con la formazione di fluoroapatite;
2. favorendo la remineralizzazione dello smalto demineralizzato;
3. svolgendo un effetto antimicrobico, soprattutto su *Streptococcus mutans*, così da diminuirne la capacità di adesione ai tessuti orali ed i tempi di moltiplicazione.

Uno studio di Kula e co-autori ha utilizzato la microscopia elettronica a scansione per determinare se d'attualità i fluoruri causano il deterioramento di sigillanti riempiti e non riempiti e sigillanti vetroionomerici. Dopo il trattamento, gli autori hanno riferito che non c'erano cambiamenti di superficie nei sigillanti non riempiti, ma c'erano cambiamenti di superficie nei sigillanti riempiti e nei sigillanti vetroionomerici. Pertanto, hanno concluso che i fluoruri topici possono causare il deterioramento dei sigillanti riempiti e dei sigillanti vetroionomerici ma non sigillanti non riempiti.

Per quanto riguarda la percentuale di riempitivo, è possibile distinguere:

- sigillanti non riempiti;

- sigillanti mediamente riempiti (con percentuale di riempitivo intorno al 5%);

- sigillanti altamente riempiti (con percentuale di riempitivo oltre il 50%) [28].

Nel tentativo di migliorare l'usura abrasiva, i sigillanti subiscono nel tempo l'aggiunta di materiali di riempimento come fluoruro di sodio, zirconia o silicio [34].

Poiché la penetrazione e la ritenzione del sigillante nei solchi sono inversamente proporzionali alla viscosità, una resina non riempita è più sottile e penetra più in profondità nel sistema di solchi e forse è meglio applicata e trattenuta rispetto a un materiale riempito o parzialmente riempito (come un sigillante riempito o un composito di resina fluida). Una revisione sistematica ha valutato il tasso di ritenzione dei diversi materiali di sigillanti a base di resina (RBS) posizionati su molari permanenti. Non vi era alcuna differenza significativa tra la conservazione completa di LRBS e ARBS. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata confrontando LRBS con FRBS a otto o 12 mesi. Tuttavia, al follow-up di 48 mesi, i risultati hanno indicato una conservazione significativamente migliore per LRBS rispetto a FRBS. La riduzione complessiva del tasso di ritenzione completo è stata osservata nel tempo in tutti i tipi di materiali sigillanti.

Per quanto riguarda i tassi di ritenzione del sigillante riempito e non riempito a base di resina, uno studio ha valutato la ritenzione del sigillante riempito a base di resina Heliocore F e del sigillante non riempito a base di resina Clinpro. Hanno concluso che i sigillanti non riempiti a base di resina hanno mostrato tassi di ritenzione leggermente più elevati al follow-up di 12 mesi

rispetto a quelli dei sigillanti riempiti a base di resina. La ritenzione completa è stata del 53,57% per RBS riempito e del 64,39% per RBS non riempito, ma la differenza non era statisticamente significativa. I sigillanti senza riempitivi sembrano avere una migliore penetrazione nelle fessure rispetto ai sigillanti che incorporano particelle di riempitivo, a causa della loro bassa viscosità.

Tuttavia, altri autori non hanno trovato differenze significative nella ritenzione o nella forza di legame tra sigillanti con e senza riempitivo [4].

Il sigillante non riempito si deteriorerà rapidamente, di solito entro 24–48 h, se viene lasciato in occlusione con una punta opposta della cuspidale. Tilliss et al. (1992) hanno scoperto che l'occlusione deve essere regolarmente controllata e, se necessario, regolata immediatamente dopo il posizionamento di un sigillante riempito. Pertanto, la regolazione occlusale è considerata una parte ordinaria della procedura di applicazione del sigillante riempito che aumenta il tempo trascorso dal paziente sulla poltrona del dentista. Questo elemento deve essere preso in seria considerazione soprattutto quando deve essere eseguito in un giovane paziente [1].

In ogni caso, la maggior parte delle resine autopolimerizzanti non sono riempite.

Le proprietà dei sigillanti quali la tensione superficiale e la viscosità sono i fattori più importanti che influenzano la penetrazione dei sigillanti. L'aggiunta delle particelle di carica altera la viscosità e riduce la capacità del sigillante di penetrare nelle fessure e nelle microporosità dello smalto mordenzato. In uno studio, la profondità di penetrazione è risultata superiore per il cemento Ionomer Cement GC Fuji VII (85,82%) seguito dal sigillante ClinproTM (78,26%) e dal sigillante Delton FS (74,89%). La penetrabilità inferiore rilevata in caso di sigillante riempito (sigillante Delton FS), rispetto al sigillante non riempito (sigillante ClinproTM), potrebbe essere dovuta alle particelle di riempitivo aggiunte. Ciò aumenta la viscosità del materiale e porta a un flusso ridotto e una profondità di penetrazione completa del sigillante alla base delle fessure occlusali, specialmente in caso

di fessure profonde e strette come il tipo I e il tipo IK. Clinicamente, una minore profondità di penetrazione può anche influenzare la ritenzione del sigillante, che potrebbe essere uno dei fattori nella riduzione del tasso di ritenzione. Tuttavia, con il sigillante non riempito (sigillante Clinpro™) che è meno viscoso, vi è un maggiore potenziale per il sigillante di fluire, diffondersi più rapidamente sulla superficie e penetrare [35].

Le resine composite sono le più comunemente utilizzate come sigillanti. L'aggiunta di nanoparticelle alla resina ha portato all'introduzione di resine flowable con proprietà meccaniche migliori rispetto ai sigillanti precedenti. Il microleakage dei nanocompositi fluidi viene comparato con quello dei sigillanti convenzionali. Uno studio [36] ha confrontato cinque tipologie di compositi (fluidi nanoriempiti, fluidi, sigillanti riempiti, sigillanti nanoriempiti e sigillanti non riempiti) e si è visto che il composito fluido e il composito fluido nanoriempito non avevano quasi nessun microleakage ($P < 0,001$). Il sigillante per fessure non riempito invece presenta il più alto tasso di microleakage. Nessuna differenza statisticamente significativa è stata trovata tra i due compositi fluidi ($P = 0,317$). Il sigillante riempito a base di resina presentava microleakage significativamente inferiore rispetto al sigillante non riempito a base di resina ($P < 0,001$). Si è arrivati alla conclusione che l'uso di compositi fluidi nano riempiti seguito da composti fluidi è vantaggioso in termini di basso microleakage dopo la sigillatura di fessure occlusali, in particolare rispetto al sigillante a base di resina non riempito, che potrebbe avere il più alto microleakage tra i marchi testati e i tipi di materiali.

Secondo un altro studio il nanocomposito è risultato essere un eccellente materiale dentale per la penetrazione in fosse profonde e fessure, sebbene presenti un leggero microleakage. Pertanto, può essere raccomandato per l'uso in pazienti pediatrici dentali, come sigillatura di solchi e fessure [37].

Secondo un ulteriore studio [38] l'efficacia dei sigillanti riempiti e non in termini di adattamento marginale, ritenzione, sviluppo di carie, rugosità della superficie e la discolorazione marginale a 3, 6 e 12 mesi, indica entrambi come efficaci per la prevenzione della carie. Non sono evidenziate differenze tra i due gruppi per le altre valutazioni, se non per l'adattamento marginale e la ruvidità superficiale che sono maggiori nel sigillante non riempito.

4.3 Cementi vetroionomerici (CVI)

Negli anni '70 si è posto interesse verso i cementi vetro-ionomerici quali materiali idonei non solo ad eseguire sigillature occlusali, ma anche a indurre un processo chimico di remineralizzazione dello smalto che circonda le fosse stesse.

I cementi vetro-ionomerici dal punto di vista chimico sono fluoro-allumino-silicati uniti a un polimero, l'acido poliacrilico. Questa composizione conferisce proprietà particolari al composto quali la biocompatibilità, l'adesività a tessuti dentali umidi, un'espansione termica vicina a quella naturale dei denti e un'azione cario-protettiva per presenza dello ione fluoro. Durante la reazione di polimerizzazione (reazione acido-base), gli ioni del cemento creano un legame con gli ioni di calcio e fosfato del dente [39].

I CVI non sono vulnerabili all'umidità e possono essere usati quando non si possono usare sigillanti a base di resina a causa del difficile controllo dell'umidità [4].

L'indicazione all'utilizzo di un CVI tradizionale come sigillante resta indiscussa in determinate situazioni cliniche quali:

- soggetti in tenera età poco cooperativi con solchi e fessure di denti molari, sia decidui che permanenti, difficili da isolare;

- sigillature su primi o secondi molari permanenti non completamente erotti specialmente quando l'opercolo copre la parte distale della superficie occlusale;
- sigillature transitorie per soggetti ad alto rischio di cario-suscettibilità con necessità di remineralizzazione con fluoro, prima della realizzazione di una sigillatura definitiva [39].

Il vantaggio principale di un sigillante a base di cemento vetroionomerico è il rilascio continuo di fluoro e la capacità di ricarica del fluoro, che può durare dopo la perdita visibile del materiale sigillante poiché alcune parti del sigillante possono rimanere in profondità nelle fessure [4].

Data la sua alta carica in fluoro, i sigillanti CVI continuano a rilasciare questo ione anche se una parte di esso tende a perdersi: questo meccanismo gli conferisce il nome di materiali “bioattivi”. Il massimo rilascio di fluoro avviene nelle prime settimane dopo la sigillatura. Trascorso questo periodo essi sono in grado di “ricaricarsi” grazie all’assorbimento di ione fluoro fornito da altre sorgenti nel cavo orale, quali dentifrici e colluttori [39].

I CVI hanno un coefficiente di elasticità simile alla dentina e il loro completo indurimento (negli autopolimerizzabili) avviene in 24 ore. In questo lasso di tempo avvengono microriparazioni di eventuali aree di vuoto per assorbimento di acqua dal dente e conseguente espansione del materiale. La lenta polimerizzazione poi consente alle molecole di scorrere le une sulle altre, ammortizzando le forze di tensione. Infine, le fratture nei CVI avvengono spesso in modo “coesivo”, all’interno cioè del cemento stesso, anziché tra cemento e smalto. Sul piano clinico ciò costituisce un vantaggio, poiché fino a quando una parte di cemento resta in adesione, in quell’area l’effetto protettivo è comunque conservato.

I cementi vetro-ionomerici, se dotati di bassa viscosità, aderiscono con facilità a superfici ben deterse, si legano chimicamente allo smalto senza l'uso della tecnica di mordenzatura acida, che li rende meno vulnerabili all'umidità.

Anche se non obbligatoria per via del legame chimico che si viene a creare tra questi materiali e la superficie dello smalto, il corretto condizionamento è un fattore determinante: oltre a una decontaminazione dei residui di film batterico, esso è fattore di incremento di ritentività. L'acido poliacrilico al 20% è il mordenzante di elezione per questi materiali.

La mordenzatura trasforma la superficie liscia dello smalto in un substrato irregolare su cui il sigillante può fluire infiltrandosi in solchi e fessure. Il legame chimico che si ottiene è ottimo in uno smalto non disidratato, dunque, e soprattutto per un sigillante CVI la superficie non deve essere totalmente asciutta.

I CVI presentano una ridotta resistenza alla flessione, abrasione e corrosione, mentre il loro principale svantaggio è stata la ritenzione inadeguata. La resistenza meccanica naturalmente tende a ridursi nel tempo e può comportare distacchi parziali o anche completi delle sigillature, seppure in limitati casi.

Oggi distinguiamo quattro tipologie di cementi vetro-ionomerici (5): i CVI convenzionali, i CVI modificati con resina, i CVI ad alta viscosità (o condensabili) e i nano-ionomeri (CVIn) [39].

La bassa viscosità del sigillante CVI resta la variabile più importante nel determinismo di eccellenti proprietà fluide e ottima bagnabilità di solchi e fessure.

La viscosità è la grandezza fisica che quantifica la resistenza dei fluidi allo scorrimento e quindi il grado di coesione del fluido. La qualità del

riempitivo determina la viscosità di qualsiasi prodotto. La bassa viscosità è determinata da una maggior componente fluida che aumenta la penetrabilità del sigillante nella fessura. Bassa viscosità ed alta bagnabilità sono caratteristiche anche dei compositi *flowable*, che vengono infatti utilizzati anche come sigillanti [39].

Solitamente l'alto rilascio di fluoro è peculiare dei composti ad alta viscosità. Uno studio che ha analizzato la ritenzione del materiale sigillante Riva Protect L.V.-SDI è a bassa viscosità e ad alto rilascio di fluoro (con utilizzo di conditioner) ha valutato il tasso di ritenzione a tre mesi in base ai seguenti parametri:

- ritenzione: completa, parziale, perdita totale;
- infiltrazione: assente, lieve, discreta.

I risultati per quanto riguarda la ritentività a breve termine dei sigillanti sono coerenti con altre ricerche su questo tema. Ricci et al., in particolare, utilizzando un sigillante autoipolimerizzante, non CVI, a bassa viscosità e a rilascio di fluoro hanno evidenziato, a distanza di 3 mesi, caratteristiche di resistenza simili.

La perdita totale di sigillante vetro-ionomerico si limita a una percentuale bassa dell'intera campionatura (14,4%). Le infiltrazioni marginali delle sigillature effettuate forniscono un dato positivo: queste sono infatti assenti nel 70% di casi di ritenzione completa o parziale. Tale livello basso di infiltrazioni si rileva anche limitandosi a considerare i soli casi di ritenzione completa, in cui le infiltrazioni sono assenti nel 56% dei casi. Il tipo di infiltrazione, inoltre, non è mai ampio: il 23% delle infiltrazioni è soltanto lieve, percentuale che quasi raddoppia tenendo conto solo dei casi di ritenzione completa [39].

4.4 Confronto tra RBS e CVI

Per confrontare le due principali categorie di sigillanti, possiamo prendere in considerazione:

- **ritenzione:** secondo una recente meta-analisi i sigillanti a base di resina hanno mostrato i migliori tassi di ritenzione: i tassi di ritenzione a cinque anni per i sigillanti a base di resina fotopolimerizzanti, autopolimerizzanti e a rilascio di fluoro sono stati rispettivamente dell'83,8%, 64,7% e 69,9%. I sigillanti per fessure a base di CVI avevano un tasso di ritenzione del 5,2% al tempo di osservazione di cinque anni. Anche i sigillanti a base di resina modificata da poliacidi hanno mostrato bassi tassi di ritenzione. Tuttavia, gli studi che hanno utilizzato HVGIC o Fuji Triage hanno mostrato risultati di percentuale di ritenzione migliorati per i sigillanti a base di CVI che sono comparabili ai sigillanti a base di resina. Il recente aggiornamento delle raccomandazioni dell'American Dental Association, in collaborazione con l'American Academy of Pediatric Dentistry, ha riferito che la perdita di ritenzione del sigillante CVI è cinque volte maggiore rispetto a RBS e tre volte maggiore rispetto al sigillante RMGI. La differenza qui è statisticamente significativa, ma la qualità delle prove è stata valutata come molto bassa. Allo stesso modo otto dei quindici studi contenuti in "Sigillanti per prevenire la carie dentale nei denti permanenti, 2013" (database Cochrane di recensioni sistematiche) confrontando sigillante a base di resina con vetroionomerico riportano chiaramente migliori tassi di ritenzione per sigillanti a base di resina rispetto ai vetroionomerici [Forss 1998; Karlzén-Reuterving, 1995; Kervanto-Seppl, 2008; Poulsen, 2001; Rock, 1996; Sipahier, 1995; Songpaisan, 1995; Williams, 1996]. Ad esempio, al follow-up di 36-48 mesi, il tasso di ritenzione medio per i

sigillanti a base di resina era del 76%, mentre, per i CVI era solo dell'8% (basato su cinque studi con questi tempi di follow-up).

Secondo un altro studio, i tassi di ritenzione dei sigillanti a base di resina dopo 2 anni erano i più alti (tutti erano compresi tra l'84% (sigillanti auto-polimerizzanti) e il 78% (sigillanti fotopolimerizzanti) rispetto ai compomeri e sigillanti a base di vetroionomerici con un'eccezione; il tasso di ritenzione per sigillanti a polimerizzazione a luce UV (oggi non più utilizzati) era notevolmente inferiore (51%) rispetto agli altri sigillanti a base di resina. Per i sigillanti a base di compomero, il tasso di ritenzione calcolato dopo 2 anni era basso come per i sigillanti a polimerizzazione a luce UV (52%) e per i vetroionomerici il tasso di ritenzione a 2 anni era più basso (12%) tra tutte le classi di materiali incluse.

A 5 anni i risultati ottenuti indicano che i sigillanti a fotopolimerizzazione (84%), i sigillanti autopolimerizzanti (65%) e i sigillanti a base di resina a rilascio di fluoro (70%) hanno dato i risultati migliori per quanto riguarda il tasso di ritenzione, mentre i sigillanti vetroionomerici (5%), sigillanti a base di compomero (4%) e sigillanti a polimerizzazione UV (19%) eseguiti inferiori. Considerato quanto sopra, il CVI può essere usato come agente preventivo provvisorio quando ci sono indicazioni per il posizionamento, tranne nel caso di HVGIC che potrebbero essere una valida alternativa [4].

- **effetto preventivo:** l'effetto preventivo per la comparsa di carie dei sigillanti a base di resina è stato confrontato con i sigillanti a base di CVI in un recente aggiornamento di una revisione sistematica. Nei sei studi inclusi nella meta-analisi non sono state riscontrate differenze statisticamente significative nell'effetto preventivo della carie nel confronto tra RBS e sigillanti a base di CVI a periodi di follow-up di

24, 36 e 48 mesi. Al follow-up di 60 mesi, c'era un minimo sbilanciamento a favore dei sigillanti a base di CVI. Tuttavia, tutti gli studi inclusi sono stati giudicati ad alto rischio di parzialità. Il risultato è stato pertanto in accordo con la recensione precedentemente pubblicata. L'effetto anti-carie è anche correlato alla proprietà di rilascio del fluoruro del CVI. Il cemento vetroionomerico si è quindi dimostrato essere una misura efficace nella prevenzione della carie, sebbene avesse un tasso di ritenzione significativamente inferiore rispetto all'RBS. Un possibile motivo dietro a questo effetto preventivo, nonostante non sia ritentivo come RBS, è che il CVI rimane nelle aree più profonde delle fessure, anche se non è clinicamente evidente.

Tuttavia, in un recente aggiornamento, l'American Dental Association, in collaborazione con l'American Academy of Pediatric Dentistry, non ha potuto trarre alcuna conclusione su quale dei due sigillanti sia migliore a causa della scarsa qualità delle prove disponibili. L'AAPD, “ha determinato la qualità complessiva delle prove per questo confronto come molto bassa”. In conclusione, determinare la scelta migliore tra i diversi materiali sigillanti potrebbe essere complicato [4] come è possibile vedere in fig. 11.

Sealant Materials	Summary of Findings	Level of Significance	Quality of Evidence
GI vs. RBS	Sound occlusal surface: GI reduces caries incidence by 37%	Non-significant	Very low
	Non-cavitated occlusal carious lesion: GI increases incidence of caries by 53%	Non-significant	
	Risk of retention loss: GI has a 5× greater risk of loss	Significant	
GI vs. RMGI	Sound occlusal surface: GI increases caries incidence by 41%	Non-significant	Very low
	Risk of retention loss: GI has a 3× greater risk of loss	Significant	
RMGI vs. Polyacid-modified resin sealant	Sound occlusal surface: RMGI reduces caries incidence by 56%	Non-significant	Very low
	Risk of retention loss: RMGI has an increased risk of loss of 17%	Non-significant	
Polyacid-modified resin sealant vs. RBS	Sound occlusal surface: Poly-acid modified resin sealant increases caries incidence by 1%	Non-significant	Very low
	Risk of retention loss: Poly-acid modified resin sealant has a decreased risk of loss of 13%	Non-significant	

Figura 11 confronto tra le diverse tipologie di sigillanti

4.5 Ionomeri di vetro modificati con resina (RMGI)

Quando la resina è incorporata con vetroionomero, viene chiamata ionomero di vetro modificato in resina (RMGI) e possono essere utilizzati come materiali sigillanti, unendo allo stesso tempo i vantaggi delle resine composite e dei cementi vetroionomerici [40]. La reazione di polimerizzazione di questi materiali è duplice, da una parte abbiamo la fotoattivazione del componente resinoso, dall'altra la reazione acido-base in grado di attivare il cemento vetroionomerico [41]. I vantaggi di questi materiali sono la buona fluidità e la bassa viscosità, mentre i microleakage, la resistenza alla frattura e l'usura rimangono ancora seri problemi.

Questi materiali creano uno strato ibrido con i tessuti dentali ed hanno una solubilità inferiore nell'ambiente orale [1]. Da un punto di vista clinico il loro utilizzo può prevedere o meno la scelta di un condizionatore al fine di preparare il substrato per l'adesione. È stato valutato che l'utilizzo di un adesivo (soprattutto quelli automordenzanti) migliora l'adattamento marginale, tuttavia non è ancora chiaro se il loro utilizzo possa andare a prevenire o limitare il rilascio di fluoro [40].

4.6 Compomeri

Il materiale composito a base di resina modificato con poliacidi (compomero), combina le vantaggiose proprietà di un sigillante a base di resina fotopolimerizzabile con la capacità di rilascio di fluoro del sigillante CVI [41]. I compomeri possono essere utilizzati come materiali sigillanti, sono idrofobici e non hanno la capacità di legarsi chimicamente ai tessuti dentali, mentre i loro livelli di rilascio di fluoro sono significativamente inferiori a quelli dei cementi vetroionomerici.

Hanno una buona capacità di adesione a smalto e dentina e sono anche meno solubile in acqua rispetto al materiale sigillante a base di CVI e meno sensibile alla tecnica rispetto ai sigillanti a base di resina [4].

4.7 Compositi fluidi

Le resine composite fluide possono avere un tasso di ritenzione simile ai sigillanti convenzionali. Considerati i risultati incoraggianti della letteratura e il fatto che le resine composite fluide possono anche facilmente penetrare in fessure poco profonde o larghe, il loro uso come materiale sigillante sembra logico. In uno studio recente, Asefi e colleghi hanno concluso che le resine composite fluide possono essere un buon materiale sigillante per via della loro resistenza all'usura, buona durata e basso costo. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi clinici sull'effetto preventivo della carie e sulla longevità di questi materiali.

I flowable presentano un contenuto di riempitivo inferiore del 40–55% vol. (o 55–70% in peso), il che significa un volume del riempitivo del 10–25% in meno rispetto ai materiali ad alta viscosità. La resistenza all'usura di conseguenza inferiore influisce sulle proprietà del materiale poiché in precedenza solo le aree non soggette a sollecitazione sono state descritte come indicazioni per i materiali flowable.

Il maggiore contenuto di riempitivo, che causa una riduzione dell'usura superficiale, è la logica principale per l'utilizzo di compositi fluidi come sigillanti. Diversi studi hanno concluso che il sigillante convenzionale e la resina composta fluida hanno presentato risultati simili in termini di ritenzione.

Secondo Gillet et al. la resina composta fluida Tetric Flow può non presentare microleakage e può essere più efficiente dei sigillanti resinosi (Helioseal F), nella sigillatura di fessure profonde.

Rispetto ai classici flowable (riduzione della polimerizzazione fino al 6%), la riduzione della polimerizzazione e la sua sollecitazione sono state significativamente ridotte [49]. I nostri studi non hanno rivelato alcuna differenza tra SDR e flowables convenzionali per quanto riguarda l'omogeneità e la tenuta [1].

Anche i risultati ottenuti in meta-analisi [42] hanno mostrato un significativo effetto positivo dell'utilizzo dei compositi fluidi come materiale sigillante per fessure (odds ratio, 2.387 [95% CI, 1.047, 5.444; P 0.039]). Sembra che l'uso del composito fluido come materiale sigillante può aumentare leggermente il tasso di ritenzione rispetto ai sigillanti convenzionali a base di resina.

4.7.1 Compositi fluidi autoadesivi

Negli ultimi anni sono stati poi introdotti dei compositi flowable autoadesivi. Secondo vari studi [32, 43] l'utilizzo di sigillanti autoadesivi non solo è valido, ma anche più vantaggioso (sicuramente in tempi di applicazione) del normale sigillante. L'integrità marginale e la ritenzione di entrambi i materiali era simile, pertanto possono essere una valida alternativa ai comuni compositi flow. Secondo un altro studio invece [44] il microleakage era inferiore nei compositi autoadesivi rispetto a comuni flow.

4.8 Pretrattamento di superficie

L'adattamento marginale pone un ruolo chiave nel determinare il successo o il fallimento di un sigillante. Si suggerisce che i tassi di ritenzione più elevati per i sigillanti siano ottenuti a seguito della preparazione meccanica dell'area della fessura e che anche il rischio di microleakage venga ridotto



Figura 12 pretrattamento di superficie, preparazione meccanica dell'area dei solchi

quando la fessura viene allargata. È stato svolto molto lavoro sulle tecniche invasive e non invasive utilizzate per il posizionamento dei sigillanti. Tuttavia, non è stato svolto molto lavoro sulla valutazione di queste tecniche nel modo in cui incidono sull'adattabilità dei sigillanti [45??].

È stata suggerita una preparazione meccanica per fornire un migliore accesso alle aree di fessura più profonde, consentendo in tal modo la rimozione di detriti, una penetrazione più profonda del sigillante e una migliore ritenzione [46], nonché la possibilità di individuare un processo carioso già presente. Numerosi studi hanno suggerito che la preparazione meccanica e l'airflow possono migliorare la penetrazione e l'adattamento del sigillante, fornendo una maggiore superficie di ritenzione. Controversamente, altri ricercatori non hanno riportato differenze significative tra la sola mordanatura acida e il suo utilizzo in combinazione con la preparazione meccanica [47].

La tecnologia laser è stata recentemente introdotta nel campo dentale con l'idea di



Figura 13 pretrattamento di superficie con tecnica laser a Erbio

sostituire la strumentazione meccanica. Il termine laser è l'acronimo di amplificazione della luce per emissione stimolata di radiazioni. All'interno di un laser, un mezzo attivo viene stimolato per produrre fotoni di energia che vengono erogati in un raggio con una lunghezza d'onda esatta unica per quel mezzo [1].

L'uso del laser è stato suggerito come strumento per il pretrattamento e il condizionamento di superficie nelle sigillature. Le prime osservazioni sulle superfici di smalto preparate con laser a erbio hanno dimostrato un modello di incisione simile a quello della mordanatura. L'incisione laser è semplice e presenta il vantaggio di non richiedere la necessità di isolamento dei denti e di portare alla formazione di composti più stabili e meno solubili in acido.

Man mano che il rapporto calcio / fosforo cambia con l'applicazione laser, lo smalto diventa più resistente all'attacco della carie. Tutte queste proprietà che rafforzano lo smalto sembrano indicare la preparazione della superficie dello smalto come potenzialmente obbligatoria prima dell'applicazione del sigillante per fessure, in particolare nel caso di smalto primario non trattato, che presenta uno strato superficiale aprismatico resistente agli acidi [1].

Secondo diversi studi che analizzano l'efficacia dei vari trattamenti applicabili allo smalto per la riduzione del microleakage la mordenzatura con acido ortofosforico è ritenuta sufficiente [48], infatti i risultati ottenuti sono risultati sovrapponibili a quelli dell'utilizzo del laser (Er: YAG laser) e/o della sabbiatura seguiti da mordenzatura acida [49]. L'applicazione di fluoro eseguita prima della sigillatura invece non sembra influenzare negativamente la forza d'adesione.

4.9 Tecnica di applicazione

L'applicazione, sebbene intrinsecamente semplice, è molto sensibile alla tecnica e richiede attenzione ai dettagli in tutte le fasi. Ogni materiale sigillante richiede tecniche specifiche per l'adesione allo smalto. I sigillanti a base di resina si basano su un legame micromeccanico reso possibile dall'uso di un mordenzante, che crea micropori sulla superficie dello smalto in grado di creare un legame tra resina e smalto. La scelta tra sigillanti resinosi, compositi e vetroionomerici dovrebbe basarsi sull'idoneità del controllo dell'umidità [1].

La tecnica di applicazione di un sigillante prevede una serie di tappe che devono essere scrupolosamente eseguite per ottenere il successo auspicato nella terapia.

La tecnica è standardizzata e prevede i seguenti passaggi:

1) Selezione del dente da sigillare in base alle indicazioni precedentemente esposte [22];

2) Isolamento del dente mediante diga di gomma: è il problema più critico nella corretta collocazione dei sigillanti ed è importantissimo un controllo adeguato della saliva affinché si ottenga la necessaria forza di legame;

infatti, la contaminazione salivare provoca una rapida precipitazione di glicoproteine sulla superficie mordenzata che diminuisce notevolmente la forza di legame.



Figura 14 isolamento con diga di gomma

Inoltre, se la porosità dello smalto viene riempita da qualsiasi tipo di

liquido diverso dal primer adesivo, la formazione di tag resinosi nello smalto verrà bloccata o ridotta e la resina verrà scarsamente trattenuta.

Non a caso la contaminazione salivare dello smalto mordenzato è citata come una delle più comuni ragioni di fallimento della tecnica della sigillatura. L'isolamento può essere ottenuto in diversi modi: con la diga, con rulli di cotone, aspirasaliva etc. La procedura di isolamento può essere spesso estremamente impegnativa, in particolare in caso di denti parzialmente erotti o se utilizzata su bambini scarsamente collaboranti [22]. Un recente articolo di Feigal, Splieth e Hitt ha dimostrato che la ritenzione del sigillante è possibile anche sullo smalto mordenzato e contaminato dalla saliva qualora venga applicato lo Scotchbond Dual Cure prima del sigillante stesso poiché la natura idrolipidica del suddetto prodotto provoca una miscela con la saliva e consentendo la penetrazione della resina all'interno dei prismi mordenzati. Questi risultati confermano anche quelli ottenuti nel 1987 da Dorignac il quale comparando due gruppi campione in uno dei quali era stato utilizzato lo Scotchbond come strato intermedio sotto il sigillante ha ottenuto dopo circa due anni livelli

di ritenzione del 97,8%- 98,6%, rispetto all'81,2% ottenuto nel gruppo controllo [50].

- 3) Profilassi delle superfici dentali: si discute, tuttavia, da parte di alcuni Autori se e quanto sia necessaria la profilassi delle superfici che devono essere mordenzate. Alcuni sostengono che la sola mordenzatura acida sia sufficiente a rimuovere la pellicola organica e a pulire queste aree, altri invece indicano come necessaria una profilassi che può essere varia (coppette di gomma e acqua, coppette di gomma e pomice, coppette di gomma e paste non fluorate, coppette di gomma e paste fluorate, airflow). Dal suddetto studio emerge che non c'è differenza tra i diversi tipi di materiali usati qualora la profilassi risulti bene eseguita.

Dal momento che condizio sine qua non affinché si determini una ritenzione eccellente è data dalla penetrazione nelle fessure e nei solchi del mordenzante prima e del sigillante dopo, e che gli studi al microscopio elettronico a scansione hanno dimostrato che raramente questa penetrazione completa si verifica con i metodi di pulizia convenzionali, sono stati proposti altri metodi di detersione delle fessure occlusali nessuno dei quali, tuttavia, è scevro di essere



Figura 15 mordenzatura con acido ortofosforico al 37%

soggetto ad opinioni discordi da parte degli specialisti. La scelta migliore e più prudente è quella che richiede il minore dispendio di mezzi consentendo al tempo stesso di rimuovere i detriti dalla superficie dentale [22].

Abbiamo già detto che nel caso di materiali sigillanti a base di resina, a differenza di quelli a base di vetroionomero, è necessaria una fase di mordenzatura generalmente per questa operazione viene utilizzato acido

ortofosforico al 37% veicolato sulla superficie del dente o sotto forma di liquido o di gel (non vi sono differenze per quanto riguarda l'efficacia). Sono stati compiuti diversi studi per valutare il tempo adeguato di mordenzatura e tutti confermano che si ottengono medesimi risultati mordenzando da 20 fino a 60 sec. anche se la maggior parte convengono che tempi più lunghi si dovrebbero osservare per i denti decidui rispetto ai permanenti. L'aumentato tempo di mordenzatura da applicare per i denti decidui è attribuibile a vari fattori quali:

1. I denti decidui hanno meno materiale minerale e più organico nello smalto.
2. I denti decidui hanno un volume interno dei pori maggiore e quindi materiale organico più esogeno.
3. I denti decidui hanno più prismi meno smalto sulla superficie rispetto ai denti permanenti.
4. L'orientamento dei prismi nei denti decidui rispetto alla superficie avviene con un angolo maggiore e quindi sono più difficili da incidere [22].

In accordo con Buonocore un buon condizionamento acido si ottiene per tempi minimi di 20 sec. al di sotto dei quali Eidelman dimostra una riduzione della ritenzione del sigillante. La tradizionale mordenzatura a 60 s è stata utilizzata per la prima volta da Ripa e Cole [22]. Gli obiettivi della mordenzatura sono la rimozione della pellicola organica, dello strato aprismatico nello smalto non tagliato e di dissolvere parzialmente i cristalliti minerali per creare schemi topografici irregolari microretentivi che permettano l'infiltrazione di materiali resinosi. Inoltre, aumenta l'energia superficiale e abbassa l'angolo di contatto tra le resine e lo smalto [1]. Il mordenzante può essere applicato liberamente e dovrebbe fluire su e in tutti i solchi. L'influenza del tipo di acido utilizzato (fosforico o maleico) sulla ritenzione di sigillanti è stata studiata in uno studio in vivo. È stato riscontrato che non vi era alcuna differenza statisticamente

significativa tra i due gruppi (37% di fosforico e 10% di acido maleico) nei due periodi di prova, né differenze nello stesso gruppo nei diversi periodi.

Nel caso di prodotti vetroionomerici, non è necessaria una fase di mordenzatura, tuttavia può essere consigliato l'utilizzo di un condizionatore di superficie [1].

A seguito dell'esposizione dello smalto all'acido fosforico si verificano tre pattern ultrastrutturali [22]:

1. Tipo 1: comporta la dissoluzione dei nuclei dei prismi ma non quella delle aree periferiche (a favo);
2. Tipo 2: la dissoluzione riguarda le aree periferiche dello smalto, mentre i nuclei restano intatti (a ciottolato)
3. Tipo 3: è meno netto degli altri due e comprende delle aree che assomigliano alle due precedentemente elencate ed altre aree la cui topografia non è collegata alla morfologia dei prismi dello smalto [51].

- 5) Lavaggio e asciugatura della superficie dentale: molti produttori di sigillanti raccomandano di sciacquare il dente per 20-30 secondi per rimuovere l'eccesso. Probabilmente un tempo di risciacquo esatto non è importante quanto garantire che il risciacquo sia sufficientemente lungo e sufficientemente accurato da rimuovere tutto l'eccesso dalla superficie. Anche l'essiccazione del dente con aria compressa non avviene per un tempo specifico, ma piuttosto per un risultato specifico. Un dente completamente essiccato mostrerà un aspetto gessoso e satinato [22]. Da questo punto, è estremamente importante evitare la contaminazione salivare. Se la superficie del dente viene contaminata dalla saliva, sarà necessario ripetere il processo di mordenzatura [1].

- 6) Applicazione del sigillante: il materiale può essere applicato in vari modi; alcuni sigillanti presentano il loro dispenser tramite il quale il materiale può essere direttamente applicato alla superficie del dente; altri, invece, vengono applicati tramite un pennellino. È necessario applicare una quantità minima di sigillante per coprire adeguatamente la rete di solchi e fessure, in modo da evitare il riempimento eccessivo. In caso di riempimento eccessivo, il materiale in



Figura 16 applicazione del sigillante, in questo caso colorato

eccesso può essere rimosso con una piccola spazzola. L'inconveniente che si può verificare consiste nella formazione di bolle all'interno del materiale e quando ciò si verifica, queste devono essere rimosse prima che inizi la polimerizzazione. Durante l'applicazione del sigillante, tutte le fosse sensibili e le fessure devono essere sigillate per la massima protezione della carie. I sigillanti non riempiti hanno una bassa viscosità che li rende inclini a raggrupparsi nell'area della fossa distale dei molari mascellari a causa della posizione e della gravità del paziente. Questo può essere corretto applicando il sigillante con giudizio o rimuovendo le quantità in eccesso con un pennello [22].

- 7) Polimerizzazione del sigillante: se il materiale è stato posizionato in modo soddisfacente su tutte le superfici sensibili, la punta della lampada fotopolimerizzante deve essere posizionata il più vicino possibile alla superficie e ogni superficie sigillata deve essere polimerizzata per tutto il tempo raccomandato dal produttore. Le unità alogene e LED



Figura 17 polimerizzazione del materiale sigillante

convenzionali, con lunghezza d'onda e intensità sufficienti, sono considerate equivalenti e possono essere entrambe utilizzate [1].

- 8) Controllo dell'occlusione: viene effettuato con carta di articolazione e qualora si osservi un sovrariempimento si dovrà provvedere ad eliminare gli eccessi mediante l'impiego di punte diamantate al fine di ricostituire una occlusione adeguata. In uno studio clinico Tillis e coll. hanno osservato che i sigillanti non riempiti anche qualora siano in sovraocclusione creano molte meno interferenze rispetto a quelli riempiti e se l'occlusione non viene ripristinata dal dentista nel corso della stessa seduta, questi hanno la proprietà di "sistemarsi" in meno di una settimana senza creare disagio al paziente. I sigillanti riempiti, invece, tendono più spesso ad essere posizionati con uno spessore maggiore rispetto ai primi e ciò comporta spesso dei cambiamenti a livello occlusale che i pazienti non riescono a compensare l'occlusione tramite l'abrasione del materiale sigillante se non dopo più di una settimana e a scapito di un notevole disagio. Il sigillante deve essere ispezionato visivamente e tatticamente per la copertura completa e l'assenza di vuoti o bolle. Dovrebbero essere fatti tentativi per rimuovere il sigillante con un esploratore. Se il sigillante viene rimosso, il dente deve essere ispezionato con cura per verificare che non siano stati lasciati detriti nella fessura, che potrebbe aver interferito con il legame. Piccoli vuoti nel sigillante possono essere riparati semplicemente aggiungendo nuovo materiale al vuoto e polimerizzando [52].

5. CORRELAZIONE TRA PERDITA DI SIGILLANTI E COMPARSA DI CARIE

A seguito dell'introduzione sul mercato dei materiali sigillanti, sono stati per lungo tempo valutati i benefici/rischi associati al loro utilizzo, nonché la loro efficacia come prevenzione primaria o secondaria.

Sulla base dell'osservazione che la "ritenzione" (intesa come la presenza del materiale sigillante all'interno del solco) sia un fattore benefico nella prevenzione della comparsa di carie, si è ritenuto per anni che il tasso di ritenzione del sigillante fosse un endpoint surrogato valido per definirne l'efficacia.

Numerosi autori (Rock e Anderson (1982), Weintraub e Bart (1987), Liebenberg (1994), Locker et al. (2003) e Muller-Bolla et al. (2006) hanno sostenuto che la correlazione tra perdita di sigillante e comparsa di carie fosse vera.

Beauchamp et al. (2008) hanno dichiarato, a nome dell'American Dental Association for Scientific Affairs, che poiché l'efficacia dei sigillanti dipende dalla loro presenza clinica, il tasso di ritenzione è accettabile come variabile per la prevenzione della carie; Sasa e Donly (2010) hanno anche ammesso che la presenza clinica di sigillanti equivale alla prevenzione della carie mentre Khnisch et al. (2012) hanno dichiarato che, poiché la protezione ottimale è garantita solo se il sigillante copre completamente tutte le fosse e fessure, il "sigillante intatto" (in cui non era avvenuta nessuna perdita di materiale) potesse essere il principale criterio per la valutazione dell'efficacia del sigillante [53].

Tuttavia, ci siamo posti dei quesiti:

- 1- È corretto associare la perdita del sigillante con la comparsa di carie?
- 2- È corretto definire le superfici occlusali precedentemente sigillate e successivamente andate in contro a perdita totale/parziale di sigillante come maggiormente a rischio rispetto alle superfici mai sigillate?

3- È corretto escludere i pazienti con scarsa adherence da questa metodica di prevenzione dalle lesioni cariose?

Per rispondere al primo quesito, sono stati analizzati diversi studi [54, 55] in cui è emerso che per poter definire valido il rapporto tra perdita di sigillante (endpoint surrogato¹) e comparsa di carie (vero endpoint clinico²) dovevano essere rispettati alcuni criteri:

- associazione diretta tra presenza/assenza di sigillante e assenza/presenza di carie;
- indipendenza di questa associazione dal tipo di materiale utilizzato nelle sigillature.

Poiché l'associazione possa essere considerata valida è necessario che non sia possibile riscontrare la presenza di carie in presenza di sigillature intatte e che, d'altra parte, ogni qual volta ci sia una perdita totale o parziale di sigillante sia possibile rilevare un processo carioso ad essa associato, indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato [55].

In realtà ciò che è emerso dagli studi analizzati è che solo una piccola parte dei casi di comparsa di carie possa essere imputabile alla perdita di sigillante, poiché molti altri fattori hanno un potenziale effetto sulla manifestazione di tale lesione, ad esempio: la posizione del dente, la disponibilità di fluoro, l'igiene orale e le abitudini alimentari, la struttura dello smalto, fattori intrinseci della saliva o, eventualmente, fattori che rimangono sconosciuti [54].

Anche la diversa natura del materiale utilizzato influisce sulla veridicità di tale associazione, infatti sebbene sia possibile stabilire che in caso di perdita (parziale o totale) di sigillanti a base di resina vi sia la possibilità di rilevare nuove lesioni, ciò non accade per i sigillanti a base di cementi vetroionomerici.

¹ Un "endpoint surrogato" è stato definito come una misura o un segno fisico, usato come sostituto di un "endpoint clinico".

² Un "vero endpoint clinico" è stato definito come un evento clinico rilevante per il paziente di cui esso è a conoscenza, che vuole evitare e che influisce sulla sua qualità della vita.

I CVI infatti, grazie alle loro caratteristiche intrinseche subiscono fratture di tipo coesivo, ossia all'interno del materiale stesso, permettendo ad un sottile strato di sigillante di permanere a protezione delle superfici occlusali. Inoltre, la presenza di fluoro al suo interno, nonché la capacità di fungere da serbatoio di tale ione (che gli conferiscono il titolo di materiale "bioattivo") gli consentono di svolgere un'azione preventiva continua nei confronti dello smalto, nonostante una parte più o meno ampia di sigillante sia andata persa. Lo ione fluoro infatti induce la formazione di fluoroidrossiapatite, maggiormente resistente alla demineralizzazione da parte dei batteri, rispetto all'idrossiapatite [39,58,59,60].

Pertanto, le previsioni basate sulla perdita dei sigillanti non possono essere considerate più accurate di stime casuali e quindi non è possibile considerare come endpoint surrogato valido la presenza di sigillante [54, 55].

Per rispondere al secondo quesito invece sono stati analizzati studi [53,55,56] in cui viene messo in rapporto il rischio di comparsa di carie di denti mai sigillati rispetto a quelli che hanno subito la perdita delle sigillature. I dubbi insorti si basano sulla supposizione che le superfici precedentemente trattate (ad esempio con agenti mordenzanti) possano essere maggiormente suscettibili alla demineralizzazione e che l'eventuale presenza di residui di materiale sigillante possa essere responsabile dell'accumulo di cibo e batteri, diventando così un fattore di rischio. Quello che è emerso dagli studi analizzati è che il rischio relativo³ - calcolato come $RR = \frac{\% \text{ FS che hanno sviluppato carie}}{\% \text{ NS che hanno sviluppato carie}}$ (dove FS sono i denti con

³ Il rischio relativo (RR) è il rapporto tra la probabilità che si verifichi un evento in un gruppo esposto e la probabilità che si verifichi lo stesso evento in un gruppo di non esposti. Se $RR = 1$ significa che non c'è associazione fra l'esposizione e l'esito; se $RR > 1$ significa che il rischio del verificarsi dell'evento nel gruppo dei trattati o esposti è superiore rispetto al gruppo di controllo. In questo caso l'esposizione è dannosa. Se $RR < 1$ significa che il rischio che si verifichi un evento nel gruppo dei trattati o esposti è inferiore rispetto al gruppo di controllo. In questo caso l'esposizione è protettiva. (http://www.quadernodiepidemiologia.it/epi/cause/ris_rel.htm)

perdita totale o parziale di sigillante e NS i denti mai sigillati) - è 1 in tutti e quattro gli anni di durata dello studio, e che quindi le sigillature sono un fattore protettivo per la comparsa di carie.

Anche in questo caso possiamo presupporre che la presenza di fluoro all'interno dei materiali applicati sulle superfici abbia influito su tali risultati, supportando l'utilizzo di tale metodica preventiva su tutti i pazienti a rischio.

In conclusione, per rispondere al terzo quesito, quello che emerge dagli studi analizzati è che l'applicazione di sigillanti (meglio se a base di CVI) come metodica di prevenzione per la comparsa di carie è supportata anche in quei soggetti che difficilmente si presenteranno ai controlli periodici (nei quali è più facile che la perdita del sigillante non venga notata) che prima venivano esclusi dal programma di prevenzione [55, 56].

6. ADESIONE

La parola “adesione” deriva dal latino adhaerere (ad: a; haerere: aderire) e indica tutti quei processi fisico-chimici che consentono di unire due superfici di natura diversa tra loro [51]. L’“American Society for Testing and Materials” definisce l’adesione come “lo stato in cui due superfici sono trattenute insieme da forze di interfaccia, le quali possono consistere in forze meccaniche, chimiche o entrambe” [61]. Qualunque sia la forma di adesione considerata, prerequisito essenziale perché essa abbia luogo è che due sostanze siano in quanto più possibile a contatto tra di loro. Perché si sviluppino forze molecolari la distanza tra due superfici dovrebbe essere nell’ordine di un nanometro. L’adesivo quindi permette di eliminare il gap esistente tra superfici rendendole congrue e complementari [51].

È noto che i cementi vetroionomerici (oltre ai cementi self-adhesive recentemente formulati) siano gli unici materiali in grado di legarsi direttamente alla superficie dentaria, mentre tutti gli altri materiali utilizzati in odontoiatria adesiva necessitano di sostanze intermedie che facciano da ponte tra il materiale da ricostruzione e il dente, che riconosciamo nei sistemi adesivi utilizzati nella clinica quotidiana [61].

Hitt and Feigal (1992) per la prima volta hanno riportato il vantaggio di aggiungere un agente legante la dentina tra lo smalto e il sigillante mordenzati come un modo per ottimizzare la forza di adesione nella fase di umidità e contaminazione salivare. Borem e Feigal hanno dimostrato che l'uso di agente legante sotto sigillanti su smalto contaminato aumenta la resistenza del legame, riduce il microleakage e migliora la penetrazione della resina nel substrato, consentendo la formazione di un legame forte [62].

I sistemi adesivi smalto-dentinali, come dice il nome stesso, devono aderire simultaneamente allo smalto e alla dentina unendo i tessuti duri dentari con i materiali resinosi. Per questo motivo servirà un materiale che prepari il substrato dell'adesione (il mordenzante), una sostanza anfotera che sia in grado di unire un substrato idrofilo con uno idrofobo (il primer) e un componente che aderisca intimamente al tessuto dentario e sia in grado di legarlo al materiale resinoso da restauro (il bonding) [61].

Per poter comprendere il funzionamento degli adesivi dobbiamo però definire la bagnabilità, la tensione e l'energia superficiale. La bagnabilità indica il grado di espansione di una goccia di liquido sul substrato; l'angolo di contatto tra la goccia di liquido e la superficie è la misura di questo fenomeno. Se tale angolo determinato tra il piano del substrato e la tangente alla goccia di liquido, è piccolo, acuto, allora la bagnabilità sarà buona, mentre se esso è ampio e superiore a 90° allora la bagnabilità sarà scarsa. La bagnabilità dipende sia dalle proprietà intrinseche del substrato che dal liquido; un substrato idrofilo sarà bagnato facilmente dall'acqua ma non da un composto idrofobico. L'energia di superficie del solido può essere però modificata, diminuendo così l'angolo di contatto tra una resina idrofobica come il BisGMA sullo smalto del dente è approssimativamente di 55° . Dopo la mordenzatura con acido ortofosforico, l'angolo di contatto diviene prossimo a 0° [51]. Questo significa che il condizionamento della superficie non solo crea delle microporosità adeguate alla penetrazione del monomero ma aumenta la bagnabilità della stessa. L'acido ha la capacità di polarizzare il substrato, rendendolo più recettivo alle molecole monomeriche polari.

Non si può parlare di adesione senza considerare e conoscere le diverse caratteristiche di struttura dei substrati dentali: lo smalto e la dentina.

Lo smalto è un tessuto omogeneo costituito per circa l'86% da matrice inorganica minerale (idrossiapatite per il 97%), per il 3% da acqua e da una

piccola percentuale di proteine residue. Caratteristica dello smalto è la disposizione dei cristalli di idrossiapatite in prismi esagonali che attraversano lo smalto in tutto il suo spessore, fatta eccezione per la parte più superficiale (presenta anche nei solchi) costituita da smalto aprismatico con cristalli disposti in maniera più disordinata.

La dentina, invece, è un tessuto molto più complesso: è costituita infatti per circa il 70% da materiale inorganico, per il 18% da materiale organico (collagene e proteine non-collageniche) e per il restante 12% da acqua. La dentina è un substrato molto problematico principalmente perché è altamente idrofilico e ha quindi difficoltà a legarsi con i materiali resinosi da restauro che sono invece idrofobi. Inoltre, all'interno di questo tessuto possiamo ritrovare zone con differenti caratteristiche istologiche [61]. I componenti di base dei sistemi adesivi sono i monomeri di resina acrilica, i solventi organici, gli iniziatori, gli inibitori e, talvolta, le particelle di carica con la composizione proporzionale: la chimica di questi ingredienti differisce tra le diverse classi di adesivi.

Storicamente, gli adesivi dentali sono stati classificati in "generazioni", generando non poca confusione. Anche una nomenclatura basata su componenti non si è rivelata pratica.

Attualmente, oltre al numero di passaggi dell'applicazione, gli adesivi possono essere ulteriormente classificati in base alla strategia di adesione sottostante, in particolare "etch&rinse" o "etch&dry" [1].

6.1 Etch&rinse

La tecnica etch&rinse, ossia mordenza e risciacqua, prevede almeno due/tre passaggi. La tecnica a tre passaggi prevede l'applicazione di mordenzante, primer e del bonding ognuno in un passaggio distinto. La versione

semplificata in due fasi invece prevede l'utilizzo del mordenzante seguito dall'applicazione di primer e bonding in un solo passaggio.

Questa tecnica ha un'azione mordenzante maggiore, necessaria per poter incidere la superficie smaltosa del dente, caratterizzata da una porzione aprismatica che si trova più superficialmente rispetto a quella prismatica. Lo smalto aprismatico è tipico delle superfici non usurate del dente (e quindi anche dei solchi) e necessiterebbe di un tempo di mordenzatura 30 s. Questo fornisce un'elevata energia superficiale che consente una buona bagnabilità dello smalto mordenzato.

I mordenzanti a base di acido fosforico (H_3PO_4) sono presenti sul mercato principalmente sottoforma di gel al 35-40% (concentrazioni 40% dissolvono meno calcio e le concentrazioni 27% sono caratterizzate da precipitati meno solubili) e necessitano di un tempo di applicazione tra 15-60 s, quindi devono essere sciacquati con acqua e / o spray aria-acqua per rimuovere sia l'acido che il materiale inorganico disciolto.

Per quanto riguarda la procedura clinica da mettere in opera, un'indicazione riassuntiva prevede, dopo l'applicazione dell'acido ortofosforico secondo i tempi indicati, il posizionamento di una soluzione di etanolo al fine di eliminare residui di acqua del lavaggio rimasti nella profondità delle micro irregolarità create nello smalto (primer), alla quale segue l'applicazione di uno strato di bonding che deve essere ben disteso con getto d'aria per evitare di obliterare il solco con tale soluzione. È preferibile sottoporre lo strato di bonding a un ciclo di fotopolimerizzazione (15-20 secondi) prima dell'applicazione del sigillante resinoso [1].

6.2 Self etching

La tecnica self etching, ossia mordenza e asciuga, prevede uno/due passaggi. La tecnica a due passaggi è caratterizzata dall'applicazione di un primer

automordenzante e successivamente del bonding. La tecnica monoflacone è caratterizzata dall'utilizzo di un prodotto unico che ha al suo interno sia mordenzante che primer che bonding.

Questi sistemi di adesione "condizionano" e "innescano" il substrato dentale, rendendo questo approccio più user-friendly (tempi di applicazione più brevi, meno passaggi) e meno sensibile alla tecnica (non vi è wet bonding, ma una semplice asciugatura) [1].

6.3 Adesivi universali

Gli sviluppi più recenti sono i cosiddetti adesivi universali. L'idea alla base di questi adesivi è quella di combinare primer universali con primer per smalto condizionato e superfici dentinali [1]. Il termine identifica gli adesivi di ultima generazione – detti anche “multi-mode” – che possono essere impiegati indifferentemente come self-etch, etch-and-rinse o tramite metodica ibrida (selective enamel etching).

Dal punto di vista chimico, questi prodotti sono dei blend di monomeri idrofilici e idrofobici, promotori della polimerizzazione, solventi, stabilizzanti e filler. La composizione è simile a quella degli adesivi self-etch all-in-one, rispetto ai quali presentano un monomero carbossilato o fosfato (nella maggior parte dei casi il 10-MDP) in grado di formare legami ionici con il calcio dell'idrossiapatite. Nonostante i miglioramenti mostrati nelle tecniche semplificate, gli adesivi universali continuano a dimostrare il tipico pattern di degradazione idrolitica. Ciò deriva dal contenuto in acqua, componente indispensabile proprio alla ionizzazione dei monomeri acidi. A riguardo, è particolarmente importante rispettare – e secondo alcuni studi – prolungare i tempi di evaporazione del solvente [63].

La presenza di 10-MDP si è dimostrata efficace nel ridurre gli effetti dell'invecchiamento principalmente nella modalità etch-and-dry. Si

consiglia quindi la combinazione di mordenzatura selettiva dello smalto e utilizzo dell'adesivo universale in modalità SE [1].

6.4 Adesivi: quale preferire e perché?

Dato che la maggior parte dei sigillanti sono resine non riempite o poco riempite, la loro contrazione da polimerizzazione è elevata. Insieme alla forma svantaggiosa dei solchi da sigillare (una cavità con un elevato fattore di contrazione⁴), le forze di contrazione potrebbero essere eccessivamente elevate durante la polimerizzazione. Tale contrazione, a sua volta, potrebbe portare al debonding dalla superficie dello smalto, che alla fine porterebbe alla perdita del materiale sigillante.

È stato ipotizzato che l'uso di un materiale intermedio con modulo a bassa elasticità come un adesivo potrebbe aumentare la ritenzione penetrando meglio nella fessura e nella superficie mordenzata, riducendo il rischio di debonding e perdite di materiale.

Il confronto tra l'uso di un adesivo prima della sigillatura rispetto al non utilizzo di tale adesivo è stato al centro di una recente revisione sistematica. Complessivamente, sono stati inclusi 12 studi, con livelli misti di qualità. Questi sono stati anche meta-analizzati e hanno scoperto che l'uso di un adesivo ha aumentato la possibilità di ritenzione del sigillante di oltre tre volte (OR, 3.3 (IC al 95%, 1.3–8.4)).

Gli autori hanno inoltre confrontato quale sistema adesivo potrebbe essere più adatto per essere utilizzato prima di posizionare il sigillante; adesivi etch&rinse (caratterizzato dall'applicazione di materiale in più fasi: mordenzante, primer e bonding) rispetto agli adesivi self etching (che combinano questi passaggi diminuendo il tempo necessario per il trattamento e riducendo il rischio di fallimento della manipolazione). Gli autori hanno

⁴ Fattore di contrazione, o “C factor”: mette in rapporto il numero di superfici adesive con il numero di superfici libere, si è visto essere favorevole quando ≤ 1 , sfavorevole al di sopra di questo valore.

anche sottoposto questo confronto alla meta-analisi e hanno scoperto che la possibilità di ritenzione del sigillante è 14 volte più probabile quando si utilizzano adesivi etch&rinse rispetto a quelli self etching (odds ratio, 14.569; intervallo di confidenza al 95%, 2.616–81.131; P 0.002).

È stata trovata una differenza significativa tra i due approcci, favorendo il gruppo ER (P 0,05), che ha mostrato un tasso di fallimento inferiore nella ritenzione di sigillanti occlusali. È stato sostenuto che tassi di fallimento più elevati, quando si utilizzano sistemi di SE, potrebbero essere correlati alla loro acidità che è inferiore a quella dell'acido fosforico.

Dobbiamo comunque tenere conto del fatto che gli adesivi self etching strong con pH1,0 (il monomero acido che ha azione mordenzante viene classificato in base all'acidità in strong, mild e ultramild) non hanno mostrato differenze nella ritenzione del sigillante.

Gli autori hanno dimostrato che gli adesivi etch&rinse sono migliori rispetto ai self etch nella procedura di sigillatura. Questi risultati sono in linea con quelli del campo generale dell'odontoiatria restaurativa adesiva. Gli autori, tuttavia, non sono stati in grado di formulare raccomandazioni chiare su quali adesivi raccomandare, se quelli a due o tre passaggi. È comunque consigliato l'utilizzo di un mordenzante acido che garantisca la rimozione dello smalto prismatico, il sufficiente irruvidimento della superficie, l'aumento dell'energia superficiale e quindi una buona penetrazione della resina in seguito.

Un altro fattore importante da considerare nel successo dei sigillanti è la prevenzione delle micro-perdite: è stato dimostrato che l'applicazione dell'agente adesivo intermedio tra smalto e sigillante potrebbe aumentare la ritenzione del sigillante e contribuire a prevenire lo sviluppo di micro-perdite.

Un problema comune a tutti i materiali utilizzati nel campo della prevenzione della carie, infatti, sono le infiltrazioni marginali che si

presentano a causa della contrazione volumetrica tra materiale e dente in fase di indurimento. Anche il carico masticatorio o occlusale ha un ruolo nel determinismo delle infiltrazioni [39].

Il microleakage è il problema principale in odontoiatria clinica ed è definito come infiltrazione di batteri, fluidi, molecole e ioni tra il dente e i materiali da restauro. Un'adeguata adesione all'interfaccia tra tessuti dentali e materiali di restauro è fondamentale per ottenere buone prestazioni cliniche e un restauro duraturo. Le perdite potrebbero causare sensibilità dentale, scolorimento dei denti e sviluppo di carie secondaria. Il principale svantaggio dei sigillanti a base di resina è la sensibilità tecnica durante le applicazioni cliniche. Il miglioramento continuo dei materiali e delle tecniche cliniche ha portato a un migliore adattamento marginale. Il microleakage è un effetto collaterale del trattamento non andato a buon fine e viene spesso utilizzato come misura per prevedere le prestazioni cliniche del materiale. L'adesione nei compositi autoadesivi si basa sull'approccio autoadesivo, e le tre fasi tradizionali di adesione (etching, priming e bonding) sono realizzate dall'applicazione di un singolo materiale. La riduzione dei passaggi clinici nell'applicazione dell'adesivo elimina la possibilità di contaminazione della cavità e problemi di eccessiva asciugatura / bagnatura. Inoltre, è stato riportato che i compositi fluidi migliorano l'adattamento marginale dei restauri in relazione alle loro proprietà reologiche. La combinazione di un sistema di adesione all-in-one e un composito fluido ha un grande potenziale per quanto riguarda il risparmio di tempo alla poltrona. Alcuni studi hanno riportato che l'adesione nei compositi autoadesivi ha ottenuto una forza di legame inferiore rispetto ai compositi fluidi tradizionali che sono stati utilizzati con agenti leganti applicati separatamente. È stato scoperto che il monomero 10-metacriloildecil diidrogeno fosfato (MDP) è in grado di creare un forte legame chimico con l'idrossiapatite. La letteratura suggerisce che le

variabili che influenzano il microleakage nei materiali dentali sono numerose; tuttavia, è ancora ampiamente usato come indicatore della capacità di sigillatura dei materiali. Attualmente, esistono due grandi categorie di sigillanti quelli a base di resina e quelli a base di cementi vetroionomerici. Ci sono alcuni studi sul microleakage dei compositi autoadesivi e l'effetto della mordenzatura dello smalto sul microleakage. Il primo composito autoadesivo commercializzato ha mostrato migliori benefici con il trattamento con acido fosforico e irradiazione laser, tuttavia la letteratura fornisce informazioni limitate sulla capacità di sigillatura. In questo studio in cui vengono comparati gli effetti della mordenzatura dello smalto sul microleakage di compositi autoadesivi, sigillanti tradizionali a base di resina (con tecnica E&R) e sigillanti a base di CVI, si è visto che: l'uso di una resina adesiva con composito fluido automordenzante potrebbe aumentare la forza di adesione della dentina e ridurre il microleakage sul tessuto dentale duro (anche se i risultati non erano significativamente differenti); la mordenzatura dello smalto aumenta l'energia superficiale dello smalto rimuovendo lo smear layer, tuttavia questo passaggio non è necessario quando si applica un composito autoadesivo e non ha influenza sull'adattamento marginale; i CVI riscaldati hanno mostrato una leggera nano-perdita rispetto a tutti gli altri gruppi testati, il che potrebbe essere correlato al fatto che l'aggiunta di energia esterna durante l'impostazione di GIC aumenta l'energia cinetica all'interno del materiale portando ad una migliore connessione con il tessuto dentale duro e una minore penetrazione degli ioni argento. Un isolamento inadeguato aumenta il rischio di microleakage e conseguente fallimento del trattamento. Pertanto, i materiali autoadesivi sono diventati popolari grazie alla più facile applicazione e al minor numero di passaggi di lavoro. Ciò è molto importante in odontoiatria pediatrica poiché la scarsa collaborazione dei bambini e più passaggi nell'applicazione portano a maggiori possibilità di fallimento. Attualmente nessun sigillante è in grado di mantenere la capacità di sigillatura nel

tempo, e alla fine tutti mostrano un certo grado di microleakage, ciò è in parte dovuto alle differenze tra il coefficiente di dilatazione termica dei sigillanti e quello dello smalto [64].

Infine, va ricordato che, specialmente nei bambini, quando è impossibile ottenere un adeguato controllo dell'umidità, l'uso di cementi vetroionomerici, che non richiedono un condizionamento della superficie del dente, è più facile da posizionare rispetto i sigillanti a base di resina, rispetto ai quali non sono sensibili all'umidità [1].

7. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto descritto sopra, l'utilizzo di materiali sigillanti in soggetti in età prescolare può essere considerato come una metodica di prevenzione efficace, al fine di prevenire e ridurre i restauri e le estrazioni come conseguenza di lesioni cariose. Tra le caratteristiche fondamentali che devono essere valutate per la scelta del tipo di materiale sigillante vi sono certamente la posizione dell'elemento dentale e la collaborazione del paziente. La scelta su quale sia il sigillante migliore tuttavia, alla luce degli studi effettuati, non è ancora possibile. Per quanto riguarda le procedure di applicazione possiamo affermare che è consigliabile eseguire una detersione delle superfici dentali prima di procedere con la mordenzatura e che viene data maggior importanza alla corretta tecnica di esecuzione piuttosto che al tipo di materiale utilizzato. L'utilizzo di un sistema adesivo è consigliato, in quanto aumenta la ritenzione del sigillante, è preferibile l'utilizzo di adesivi etch&rinse o in alternativa di adesivi universali (con mordenzatura selettiva dello smalto). Nel caso di CVI invece, una fase di condizionamento è preferibile, ma non obbligatoria.

Tra le altre caratteristiche dei sigillanti vanno ricordate la possibilità di applicare sigillanti con colorazioni diverse, con il fine di valutarne la presenza, sia da parte del piccolo paziente, che da parte della famiglia, ma soprattutto da parte del clinico. Possiamo affermare in ogni caso, dopo aver valutato numerosi studi che la perdita di materiale sigillante non deve essere strettamente correlata alla comparsa di carie, indipendentemente dal fatto che la presenza di tale "barriera" è associata alla prevenzione alla comparsa di tali lesioni. Questo è vero per i sigillanti a base di cemento vetroionomerico, per le loro caratteristiche (legami chimico con i tessuti, frattura di tipo coesivo e rilascio di fluoro), ma può essere altresì vero per i materiali a base di resina, in quanto i fattori che intervengono nell'insorgenza delle lesioni

cariose non sono imputabili esclusivamente alla perdita del materiale protettivo, ma dipendono sia da una serie di fattori caso-correlati (ad esempio posizione dell'elemento, abitudini alimentari, igiene orale ed altri) che da fattori attualmente sconosciuti.

I dati ottenuti non solo sostengono la sigillatura di solchi e fessure come metodica di prevenzione in soggetti con una buona compliance, ma anche in quei soggetti che difficilmente si presenteranno ai controlli periodici. Ad avvalorare tale tesi vi è il fatto che le zone in cui è avvenuta la perdita totale o parziale di sigillante, i trattamenti di superficie eseguiti prima dell'applicazione di sigillante, come ad esempio la mordenzatura o il pretrattamento con laser, non influiscono sulla capacità del substrato di prevenire la comparsa di carie e che la presenza di residui di materiale precedentemente applicato siano comunque in grado di fornire effetto preventivo. A ciò va aggiunto che solitamente, con il passare degli anni, il piccolo paziente acquisisce maggior controllo della propria igiene orale, migliorando quelle che sono le tecniche di spazzolatura delle superfici occlusali, riducendo il rischio di comparsa di carie.

8. **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Bekes K. Pit and Fissures Sealants. Vienna, Katrin Bekes Editor, 2018.
- [2]http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_867_allegato.pdf
- [3] Colombo S, Ferrazzano GF. Dental Sealants. Part 2: Who should get dental sealants and when. *Eur J Paediatr Dent*. 2018;19(2):165-166. Doi:10.23804/ejpd.2018.19.02.13
- [4] Naaman R, El-Housseiny AA, Alamoudi N. The Use of Pit and Fissure Sealants-A Literature Review. *Dent J (Basel)*. 2017;5(4):34. Published 2017 Dec 11. Doi:10.3390/dj5040034
- [5] Condò R, Cioffi A, Riccio A, Totino M, Condò SG, Cerroni L. Sealants in dentistry: a systematic review of the literature. *Oral Implantol (Rome)*. 2014;6(3):67-74. Published 2014 Apr 4.
- [6] Ahovuo-Saloranta A, Forss H, Walsh T, Hiiri A, Nordblad A, Makela M, et al. Sealants for preventing dental decay in the permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(3):CD001830.
- [7] Guideline on Restorative Dentistry. *Pediatr Dent*. 2016;38(6):250–62
- [8] Llodra JC, Bravo M, Delgado-Rodriguez M, Baca P, Galvez R. Factors influencing the effectiveness of sealants-a meta-analysis. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1993;21(5):261–8.
- [9] Feigal RJ. Sealants and preventive restorations: review of effectiveness and clinical changes for improvement. *Pediatr Dent*. 1998;20(2):85–92.
- [10]http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2073_allegato.pdf

- [11] Geiger SB, Gulayev S, Weiss EI. Improving fissure sealant quality: mechanical preparation and filling level. *J Dent.* 2000;28:407–12.
- [12] Mezzogiorno, Antonio & Menditti, Dardo & Langella, O & Romano, S & Giuliano, P & Di Napoli, Antonio & Guglielmotti, M & Porzio, C & Minervini, D & Sava, S & Caputo, C & Laino, Luigi. (2012). L'odontogenesi: attuali conoscenze ed acquisizioni scientifiche odontogenesis: recent theories. *Annals of dentistry.* 0-0.
- [13]<https://elenalaguzzi.wordpress.com/category/odontoatria/anatomia-dei-denti/>
- [14]<http://www.endodonziamauroventuri.it/Anatomia%20di%20riferimento/15%2025.htm>
- [15] Muntean A, Simu MR, Suhani R, Mesaros AS. Pit and fissure sealants penetration capacity and their correlation with fissure morphology. *Med Pharm Rep.* 2019;92(Suppl No 3):S50S54. Doi:10.15386/mpr-1517
- [16] Sreedevi A, Mohamed S. Sealants, Pit and Fissure. In: *statpearls*. Treasure Island (FL): statpearls Publishing; 2020.
- [17] Naaman R, El-Housseiny AA, Alamoudi N. The Use of Pit and Fissure Sealants-A Literature Review. *Dent J (Basel).* 2017;5(4):34. Published 2017 Dec 11. Doi:10.3390/dj5040034
- [18] Gillings B, Buonocore M. Thickness of enamel at the base of pits and fissures in human molars and bicuspid. *J Dent Res.* 1961;40:119133. Doi:10.1177/0022034561040001030
- [19] Awazawa Y. Electron microscopic study on the hypomineralized enamel areas descending from the floors of occlusal fissures toward the amelo-dentinal junctions. *J Nihon Univ Sch Dent.* 1966;8(1):33-44. doi:10.2334/josnugd1959.8.33

- [20] Nagano T. Relation between the Form of Pit and Fissure and the Primary Lesion of Caries. *Dent Abstr.* 1961; 6: 4265.
- [21] Gunjal S, Nagesh L, Raju HG. Comparative evaluation of marginal integrity of glass ionomer and resin based fissure sealants using invasive and non-invasive techniques: an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):320325. Doi:10.4103/0970-9290.102214
- [22] Babu G, Mallikarjun S, wilson B, Premkumar C. Pit and fissure sealants in pediatric dentistry. *SRM J Res Dent Sci* [serial online] 2014 [cited 2020 Jun 29];5.253-7
- [23] <https://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/dental-sealants>
- [24] Polimeni A. *Odontoiatria Pediatrica*, Milano: Edizioni Edra, 2015.
- [25] O'Donnell JA, Modesto A, Oakley M, Polk DE, Valappil B, Spallek H. Sealants and dental caries: insight into dentists' behaviors regarding implementation of clinical practice recommendations. *J Am Dent Assoc.* 2013;144(4):e24-e30. doi:10.14219/jada.archive.2013.0139
- [26] Avinash J, Marya CM, Dhingra S, Gupta P, Kataria S, Meenu Bhatia HP. Pit and fissure sealants: an unused caries prevention tool. *J Oral Health Commun Dent.* 2010;4:1–6.
- [27] ero DT. How the introduction of the acid -etch technique revolutionized dental practice. *J Am Dent Assoc.* 2013;144(9):990–4.
- [28] <http://www.centrocivitali.it/file/sigilla>
- [29] Manton DJ, Messer LB. Pit and fissure sealants: another major cornerstone in preventive dentistry. *Aust Dent J.* 1995;40(1):2229. Doi:10.1111/j.1834-7819.1995.tb05608.x

- [30] Pardi V, Sinhoreti MA, Pereira AC, Ambrosano GM, Meneghim Mde C. In vitro evaluation of microleakage of different materials used as pit-and-fissure sealants. *Braz Dent J*. 2006;17(1):49-52. doi:10.1590/s0103-64402006000100011
- [31] Paris S, Lausch J, Selje T, Drfer CE, Meyer-Lueckel H. Comparison of sealant and infiltrant penetration into pit and fissure caries lesions in vitro. *J Dent*. 2014;42(4):432-438. doi:10.1016/j.jdent.2014.01.006
- [32] Wadhwa S, A Nayak U, Kappadi D, Prajapati D, Sharma R, Pawar A. Comparative Clinical Evaluation of Resin-based Pit and Fissure Sealant and Self-adhering Flowable Composite: An *In Vivo* Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2018;11(5):430-434. doi:10.5005/jp-journals-10005-1552
- [33] [Usura dei tessuti dentali indotta da ciclo masticatorio simulato *in vitro*: risultati dei lavori in corso ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ]
- [34] Subramaniam P, Babu KL, Naveen HK. Effect of tooth preparation on sealant success--an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*. 2009;33(4):325-331.
- [35] Garg N, Indushekar KR, Saraf BG, Sheoran N, Sardana D. Comparative Evaluation of Penetration Ability of Three Pit and Fissure Sealants and Their Relationship with Fissure Patterns. *J Dent (Shiraz)*. 2018;19(2):9299.
- [36] Arastoo S, Behbudi A, Rakhshan V. In Vitro Microleakage Comparison of Flowable Nanocomposites and Conventional Materials Used in Pit and Fissure Sealant Therapy. *Front Dent*. 2019;16(1):21-30. doi:10.18502/fid.v16i1.1105

- [37] Singh S, Pandey RK. An evaluation of nanocomposites as pit and fissure sealants in child patients. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2011;29(4):294-299. doi:10.4103/0970-4388.86370
- [38] Smitha M, Paul ST, Nagaraj T, Khan AR, Rinu K. Comparison and Clinical Evaluation of Two Pit and Fissure Sealants on Permanent Mandibular First Molars: An *In Vivo* Study. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(10):1151-1158. Published 2019 Oct 1.
- [39] Gola G, Pasini G, Lucchiari C, Polizzi E. M. *Studio sulla ritenzione di un sigillante occlusale.* DentalAcademy.it. Pubblicato 07 Maggio 2013
- [40] Khoroushi M. A discussion on how to apply resin-modified glass ionomers. *Contemp Clin Dent.* 2016;7(3):291-292. Doi:10.4103/0976-237X.188538
- [41] Colombo S, Beretta M. Dental Sealants Part 3: Which material? Efficiency and effectiveness. *Eur J Paediatr Dent.* 2018;19(3):247-249. doi:10.23804/ejpd.2018.19.03.15
- [42] Bagherian A, Shirazi AS. Flowable composite as fissure sealing material? A systematic review and meta-analysis [published correction appears in Br Dent J. 2018 Feb 23;224(4):254]. *Br Dent J.* 2018;224(2):92-97. doi:10.1038/sj.bdj.2018.40
- [43] Serin BA, Yazicioglu I, Deveci C, Dogan MC. Clinical evaluation of a self-adhering flowable composite as occlusal restorative material in primary molars: one-year results. *Eur Oral Res.* 2019;53(3):119-124. doi:10.26650/eor.20190025
- [44] Rahimian-Imam S, Ramazani N, Fayazi MR. Marginal Microleakage of Conventional Fissure Sealants and Self-Adhering Flowable Composite as Fissure Sealant in Permanent Teeth. *J Dent (Tehran).* 2015;12(6):430-435.

- [45] Al Tuwirqi AA, Alshammari AM, Felemban OM, Ali Farsi NM. Comparison of Penetration Depth and Microleakage of Resin Infiltrant and Conventional Sealant in Pits and Fissures of Permanent Teeth *In Vitro*. *J Contemp Dent Pract*. 2019;20(11):1339-1344. Published 2019 Nov 1.
- [46] Geiger SB, Gulayev S, Weiss EI. Improving fissure sealant quality: mechanical preparation and filling level. *J Dent*. 2000;28:407–12.
- [47] Ansari G, Oloomi K, Eslami B. Microleakage assessment of pit and fissure sealant with and without the use of pumice prophylaxis. *Int J Paediatr Dent*. 2004;14:272–8.
- [48] Topaloglu-Ak A, Ona O, Gke B, Bent B. The effect of different enamel surface treatments on microleakage of fissure sealants. *Acta Med Acad*. 2013;42(2):223-228. doi:10.5644/ama2006-124.90
- [49] Manhart J, Huth KC, Chen HY, Hickel R. Influence of the pretreatment of occlusal pits and fissures on the retention of a fissure sealant. *Am J Dent*. 2004;17(1):12-18.
- [50] Feigal RJ, Hitt J, Splieth C. Retaining sealant on salivary contaminated enamel. *J Am Dent Assoc*. 1993;124(3):88-97. doi:10.14219/jada.archive.1993.0069
- [51] Cerrutti A. Putignano A. Mangani F. *Odontoiatria Estetica Adesiva*, Milano: Quintessenza edizioni, 2007.
- [52] Reddy VR, Chowdhary N, Mukunda KS, Kiran NK, Kavyarani BS, Pradeep MC. Retention of resin-based filled and unfilled pit and fissure sealants: A comparative clinical study. *Contemp Clin Dent*. 2015;6(Suppl 1):S18-S23. doi:10.4103/0976-237X.152932

- [53] Horowitz HS, Heifetz SB, Poulsen S. Adhesive sealant clinical trial: an overview of results after four years in Kalispell, Montana. *J Prev Dent.* 1976;3:38–9, 44, 6-7 passim.
- [54] Mickenautsch S, Yengopal V. Retention loss of resin based fissure sealants – a valid predictor for clinical outcome? *Open Dent J.* 2013;7:102–8.
- [55] Mickenautsch S, Yengopal V. Validity of sealant retention as surrogate for caries prevention – a systematic review. *Plos One.* 2013;8:e77103.
- [56] Griffin SO, Gray SK, Malvitz DM, Gooch BF. Caries risk in formerly sealed teeth. *J Am Dent Assoc.* 2009;140:415–23.
- [57] Mejare I, Mjor IA. Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. *Scand J Dent Res.* 1990;98:345–50.
- [58] Wilson AD, Groffman DM, Kuhn AT. The release of fluoride and other chemical species from a glass-ionomer cement. *Biomaterials.* 1985;6:431–3.
- [59] Smith BJ, Ghezzi EM, Manz MC, Markova CP. Perceptions of oral health adequacy and access in Michigan nursing facilities. *Gerodontology.* 2008;25:89–98.
- [60] Cabral RN, Faber J, Otero SAM, Hilgert LA, Leal SC. Retention rates and caries-preventive effects of two different sealant materials: a randomised clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2018;22(9):3171-3177. Doi:10.1007/s00784-018-2416-z
- [61] Breschi L, Angeloni V, Frassetto A, Marchesi G, Mazzoni A, Cadenaro M. *I principi dell'adesione e le loro implicazioni cliniche.* In “ *Il dentista moderno* ” “a. 2012”
- [62] Nirwan M, Nigam AG, Marwah N, Nayak UA, Bansal A, Gahlot MS. A comparative evaluation of retention of pit and fissure sealant

bonded using sixth-, seventh-, and eighth-generation adhesives: An *in vivo* study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2017;35(4):359-366.

Doi:10.4103/JISPPD.JISPPD_74_17

- [63] <https://www.ildentistamoderno.com/materiali-in-odontoiatria-restaurativa-gli-adesivi-universali/>
- [64] Gorseta K, Borzabadi-Farahani A, Vrazic T, Glavina D. An In-Vitro Analysis of Microleakage of Self-Adhesive Fissure Sealant vs. Conventional and GIC Fissure Sealants. *Dent J (Basel)*. 2019;7(2):32. Published 2019 Mar 28. doi:10.3390/dj7020032