

Adhese[®] Universal

The universal adhesive

Documentazione Scientifica



Indice

1. **Introduzione**
 - 1.1 **Il meccanismo di adesione dentale**
 - 1.2 **Le tecniche adesive**
2. **Breve storia degli adesivi**
3. **Classificazione degli adesivi**
 - 3.1 **Classificazione per generazione**
 - 3.2 **Classificazione per meccanismo di adesione / passaggi clinici**
4. **Gli adesivi universali**
5. **Il portafoglio adesivi Ivoclar Vivadent**
6. **Adhese® Universal**
 - 6.1 **Indicazioni**
 - 6.2 **Meccanismo di azione**
 - 6.3 **Erogazione all'avanguardia con VivaPen®**
 - 6.4 **L' "Universalità" di Adhese Universal**
7. **Dati tecnici**
8. **Indagini *In Vitro***
 - 8.1 **Adesivi e test sulla forza adesiva**
 - 8.2 **Adhese Universal e i restauri diretti**
 - 8.3 **Adhese Universal e i materiali per la ricostruzione di monconi**
 - 8.4 **Adhese Universal e i restauri indiretti**
 - 8.5 **Adhese Universal – penetrazione nella dentina: adesione e desensibilizzazione**
9. **Indagini cliniche**
10. **Biocompatibilità**
11. **Letteratura**

1. Introduzione

Negli ultimi decenni l'odontoiatria adesiva ha vissuto un progresso costante e di notevole portata, e non v'è dubbio che questo abbia contribuito a rivoluzionare il corso dell'odontoiatria conservativa.¹

Gli adesivi smaltodentinali si sono sviluppati parallelamente ai compositi dentali il cui primo utilizzo in odontoiatria risale agli anni Sessanta² nei settori anteriori, dove l'amalgama risultava incapace di rispondere adeguatamente ai requisiti estetici. Successivamente, dagli anni Novanta, i compositi iniziarono a sostituire sempre più l'amalgama come materiale da otturazione universale: inaugurando così la nuova era dell'odontoiatria minimamente invasiva. Contrariamente ai restauri in amalgama, quelli in composito richiedevano infatti la sola rimozione del tessuto demineralizzato senza la necessità di una preparazione cavitaria ritentiva. Questo "nuovo" trend in odontoiatria restaurativa fu possibile grazie al simultaneo sviluppo di adesivi smalto/dentinali efficaci e dall'affidabile forza adesiva, e le cui caratteristiche hanno continuato a perfezionarsi nel corso degli anni analogamente a quelle dei materiali compositi.

1.1 Il meccanismo di adesione dentale

Si distinguono due tipologie di adesione:

Meccanica: attraverso la penetrazione dell'adesivo nella superficie dentale

Chimica: attraverso un legame chimico con la componente inorganica (idrossiapatite) o con le componenti organiche (collagene) della struttura dentale

A prescindere dal tipo di adesivo, in quasi tutti i moderni sistemi adesivi l'adesione risulta da una combinazione delle due tipologie di adesione (meccanica e chimica).

1.1.1 Substrato

I sistemi adesivi devono legarsi adesivamente sia con il restauro sia con la struttura dentale. I materiali da restauro in composito sono costituiti principalmente da una matrice idrofoba (che quindi rifiuta l'acqua) in cui sono inserite diverse particelle di riempitivo. I denti sono invece costituiti da smalto e dentina, due substrati molto diversi. Lo smalto è composto per il 96% da idrossiapatite, un fosfato di calcio dalla struttura cristallina, e per il 4% da materiale organico e acqua.³ La dentina è formata solo per il 70% da idrossiapatite, presenta invece una grossa percentuale di materiale organico, principalmente collagene (20%) e acqua (10%).⁴ Lo smalto, pertanto, è fondamentalmente un substrato asciutto; la dentina un substrato umido e idrofilo, sebbene entrambi possano dirsi essenzialmente idrofili rispetto ai materiali da restauro (idrofobi). Per poter generare un legame adesivo sia con il substrato dentale sia con il materiale da restauro, gli adesivi devono quindi possedere caratteristiche sia idrofobe sia idrofile.

1.1.2 Smear layer (Fango dentinale)

Lo smear layer (fango dentinale) è uno strato di "detriti" dello spessore di un micron che si forma sulle superfici dentali dopo averle preparate con strumenti rotanti. Sebbene lo smear layer riduca la permeabilità della dentina, e svolga quindi una funzione protettiva verso le superfici preparate, esso penetra in parte nei tubuli dentinali e può pertanto influire negativamente sull'adesione.¹ Con i primi materiali in composito, era stato rilevato che gli adesivi che rimuovevano lo smear layer nei trial clinici ottenevano valori di ritenzione maggiori rispetto agli adesivi che si limitavano a modificarlo.^{5,6} Rimuovere il fango dentinale sembrava pertanto costituire la condizione necessaria per poter garantire un'adesione verso la dentina, e questa idea rimane tutt'oggi ampiamente accettata. Studi evidenziarono che se

lo smear layer veniva lasciato sulle superfici, l'adesione ottenibile era di soli 5 MPa prima che all'interno del fango dentinale si generasse una frattura coesiva.^{7,8}

Il passo successivo portò quindi alla formulazione dei cosiddetti sistemi adesivi "total-etch" e successivamente "etch-and-rinse".

Mordenzatura dello smalto: Il primo a descrivere la tecnica di mordenzatura acida su smalto fu Buonocore (1955).⁹ Questa aumenta l'area delle superfici destinate all'adesione attraverso la formazione di uno schema di mordenzatura bianco irregolare (Fig.1). Durante la preparazione, i prismi dello smalto vengono tagliati o in senso trasversale o in senso verticale e durante la mordenzatura si forma uno schema microritativo sulle superfici dello smalto in quanto le parti centrali e periferiche dei prismi presentano gradi diversi di solubilità all'acido.¹⁰ Un fluido su base resinosa, coadiuvato anche dall'azione capillare, è quindi in grado di penetrare all'interno delle microporosità create. I monomeri polimerizzano e vanno a intrecciarsi saldamente con lo smalto sotto forma di zaffi resinosi. Per ottenere uno schema di ritenzione su smalto ottimale è necessario un acido più forte o un tempo d'azione più prolungato di quanto serva per poter esporre il collagene dentinale, presupposto per consentire una adesione su dentina efficace.

Mordenzatura della dentina: La mordenzatura della dentina rende più pervi i tubuli, rimuove o dissolve lo smear layer e demineralizza le superfici dentinali (Fig. 2). La demineralizzazione della dentina peri e intratubulare genera un allargamento a imbuto dei tubuli dentinali fino a 10 µm ca di profondità.¹¹ Si creano in tal modo zone porose con fibrille collagene esposte: queste costituiscono il presupposto per generare una efficace adesione su dentina.¹² La mordenzatura della dentina risultò agli esordi problematica perché i primi adesivi erano idrofobi. Essi garantivano pertanto un'adesione su smalto sufficientemente adeguata, non erano però in grado di penetrare nel substrato dentinale umido, e quindi di legarsi ad esso con successo. Le moderne resine idrofile, tuttavia, penetrano nelle superfici dentinali umide mordenzate e formano uno strato ibrido con gli zaffi resinosi che, estendendosi nei tubuli, generano una ritenzione micromeccanica. Lo strato ibrido, inoltre, sigilla la dentina esposta e, durante la polimerizzazione del primo strato incrementale, forma un legame covalente con il restauro in composito.

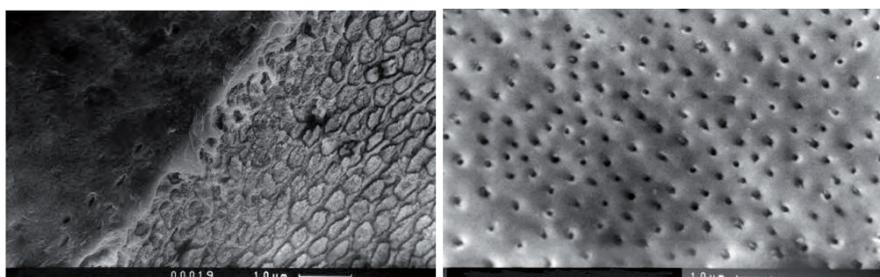


Fig. 1: **SEM: Smalto mordenzato:**

A sinistra, smalto non mordenzato con smear layer intatto. A destra, lo schema di mordenzatura ottenuto.

Dr P. Gabriel, Università di Lipsia

Fig. 2: **SEM: Dentina mordenzata:**

Superficie dentinale con tubuli pervi dopo mordenzatura con acido fosforico Total-Etch.

Dr P. Gabriel, Università di Lipsia

La dentina ibridizzata è un misto di polimeri adesivi e sostanza dentale dura. Essa differisce dalla struttura originaria del dente a livello molecolare. Il principio di adesione verso i tessuti dentali duri si fonda pertanto su un processo di scambio, in cui il materiale inorganico del dente viene sostituito dal polimero sintetico.¹³

1.2 Le tecniche adesive

1.2.1 La tecnica "Total-Etch" o "Etch-and-Rinse"

Con il termine "total-etch" si intende la procedura attraverso cui smalto e dentina vengono mordenzati prima dell'applicazione dell'adesivo. Nella tecnica Total-etch (spesso chiamata tecnica "etch-and-rinse" – "mordenzatura e risciacquo") viene eseguito un primo passaggio di mordenzatura con acido fosforico (H₃PO₄) per rimuovere lo smear layer e condizionare

l'intera cavità. L'acido fosforico viene poi rimosso unitamente allo smear layer con getto d'acqua spray e la cavità esposta viene asciugata con cura. Di norma, lo smalto viene mordenzato più a lungo della dentina. Dopo le fasi di mordenzatura e risciacquo, occorre evitare di asciugare la dentina in modo eccessivo (la discussione "how wet is wet?" si riferisce proprio a questo). Essa dovrà risultare ancora umida e dall'aspetto leggermente lucido, in modo tale che le fibrille collagene non collassino (come spaghetti cotti). Se ciò accadesse, la superficie risulterebbe meno permeabile alla penetrazione dei monomeri idrofili presenti nell'adesivo, e si genererebbe un'interfaccia debole con il rischio di adesione insufficiente e di sensibilità postoperatoria.

Sebbene per questo motivo, e per i molteplici passaggi operativi che essi comportano, gli adesivi Total-Etch vengano spesso classificati come "sensibili alla tecnica",¹⁴ essi sono ampiamente affermati e di lunga e provata affidabilità clinica.^{15, 16}

1.2.2 Tecnica di mordenzatura selettiva

Con questo termine ci si riferisce alla tecnica di mordenzatura convenzionale, in cui l'acido fosforico viene applicato esclusivamente sui margini dello smalto e poi nuovamente rimosso con risciacquo. Si procede quindi con il condizionamento della dentina mediante primer acido o applicando un adesivo automordenzante all-in-one (tutto-in-uno). Dopo l'applicazione del primer le superfici non vengono sciacquate, pertanto con questa tecnica il fango dentinale non viene rimosso ma solamente modificato. Il metodo di "mordenzatura selettiva" può essere anche visto come metodo di mordenzatura "etch-and-rinse" per il solo smalto.

Sebbene originariamente questa tecnica fosse stata pensata esclusivamente per gli adesivi total-etch (cfr. Tabella 1), oggi essa è ritornata fortemente alla ribalta per un utilizzo sia in combinazione con gli adesivi Self-etch (SE) che con quelli "universali".

1.2.3 Tecnica Self-Etch (automordenzante)

Gli adesivi self-etch non prevedono alcun passaggio di mordenzatura separata. Essi contengono monomeri acidi che svolgono un'azione di priming/mordenzatura su smalto e dentina. Contrariamente ai sistemi TE, gli adesivi automordenzanti sono caratterizzati da un livello pH meno aggressivo, pertanto il pericolo di un'eccessiva demineralizzazione della dentina è ridotto. Viene meno anche il passaggio di asciugatura della dentina, potenzialmente critico alla tecnica. Il rischio di collasso delle fibre collagene viene pertanto evitato e ognuno di questi fattori dovrebbe altresì indurre una minore insorgenza di sensibilità postoperatoria. Come già accennato sopra, alcuni dentisti preferiscono effettuare una mordenzatura selettiva dello smalto prima di applicare gli adesivi self-etch.

I nuovi "adesivi universali" sono sostanzialmente idonei con qualsiasi tecnica di mordenzatura si voglia adottare a seconda del quadro clinico.

2. Breve storia degli adesivi

Per comprendere il quadro attuale dell'odontoiatria adesiva è importante gettare uno sguardo al passato e considerare le diverse fasi di sviluppo che hanno contraddistinto questo ambito e portato alla nascita delle diverse generazioni di adesivi. L'idea di creare un legame adesivo su smalto e dentina risale a 50 anni fa, con Buonocore.⁹ Ispirato dalle tecniche adesive utilizzate in campo industriale, egli postulò che gli acidi potessero essere utilizzati per trattare le superfici dentali prima dell'applicazione delle resine, e scoprì che mordenzare lo smalto con acido fosforico aumentava l'adesione sott'acqua. Alla luce di queste conoscenze, nel 1963 egli iniziò ad occuparsi delle differenze tra adesione su smalto e dentina.¹⁷ A fine anni Sessanta, egli postulò che fossero gli zaffi resinosi nelle microporosità dello smalto mordenzato i principali responsabili dell'adesione; e che l'adesione su dentina risultasse più

difficile per via della composizione stessa del substrato dentinale, del contenuto di acqua e dello smear layer.

I primi adesivi dentali pertanto garantirono un'adesione esclusivamente su smalto, con adesione limitatissima se non nulla su dentina. Nel corso degli anni furono sviluppati nuovi adesivi dentali, con formulazioni, metodi d'applicazione, tecniche e meccanismi di azione nuovi. E questa evoluzione corse parallelamente allo sviluppo di materiali da restauro sempre più estetici, in particolare resine composite e ceramiche.

3. Classificazione degli adesivi

Classificare gli adesivi in base a categorie ben definite è pressoché impossibile. Nel corso degli anni gli adesivi sono stati classificati per generazione, metodo di mordenzatura, numero di flaconi utilizzati, o in base ai passaggi richiesti dall'intera procedura adesiva. Va detto poi che gli stessi autori/dentisti spesso classificano le generazioni in modo diverso, includono o meno la fase di mordenzatura nel numero di flaconi o di passaggi coinvolti. Certi adesivi vengono collocati dagli autori in gruppi differenti, p.es. un adesivo multi-step (a più passaggi) con primer separato (tradizionalmente considerato adesivo etch-and-rinse) viene collocato nella categoria di adesivo self-etch. L'analisi comparativa risente indubbiamente di queste non poche e non inconsistenti sovrapposizioni e differenze interpretative di classificazione. Nei paragrafi che seguono, e nella Tabella 1, cercheremo di chiarire il quadro.

3.1 Classificazione per generazione

Gli adesivi dentali possono essere classificati fino a un certo livello per ordine cronologico, ossia per generazione – sistema comunemente adottato dai produttori di adesivi dentali. Con generazione ci si riferisce semplicemente a quando e in quale ordine l'adesivo è stato sviluppato dall'industria dentale: partendo dalla 1^a generazione negli anni Sessanta fino ad arrivare alla 7^a, la attuale generazione di adesivi.

Gli adesivi di 1^a e 2^a generazione non sono più utilizzati, fundamentalmente per la loro incapacità di generare un legame su smear layer non affrancato. La loro forza adesiva era pari a 2-8 MPa¹⁸ ed essi non impedivano la formazione di gap marginali.¹⁹ Sebbene oggi sul mercato siano presenti gli adesivi della cosiddetta 7^a generazione, quelli di 3^a, 4^a, 5^a e 6^a generazione trovano ancora ampio utilizzo negli studi dentali, con vantaggi differenti a seconda del caso clinico e delle preferenze ed esperienza dell'operatore. I nuovi adesivi "universali" possono essere applicati indifferentemente con tecnica di mordenzatura total-etch, selettiva dello smalto o automordenzante (self-etch). Per questo motivo è preferibile parlare di una nuova sottoclasse di adesivi piuttosto che di una generazione totalmente nuova di adesivi. In tabella 1 è mostrata l'evoluzione degli adesivi secondo una scala cronologica, con le principali differenze tra le diverse generazioni:

Generazione	Sviluppo	Meccanismo / Passaggi		Descrizione
1	Anni Sessanta	Non più in uso		Solo mordenzatura dello smalto – scarsa adesione
2	Anni Settanta			Solo mordenzatura dello smalto – migliore adesione
3	Anni Ottanta/Novanta	Etch & Rinse (Mordenzatura & Risciacquo)	Mordenzatura selettiva/ Più passaggi (multi-step)	Mordenzatura selettiva dello smalto /etch-and-rinse con H ₃ PO ₄ . Dentina condizionata con primer per modificare o rimuovere lo smear layer
4	Anni Novanta		Total-Etch/ Più passaggi (multi-step) / 3 Passaggi	Total-Etch/etch-and-rinse: primer e adesivo separati
5	Metà Anni Novanta		Total-Etch/ 2 Passaggi	Total-Etch/etch-and-rinse: primer e adesivo combinati
6	Fine Anni Novanta	Self-Etch (Automordenzante)	Self-Etch / 2 Passaggi	Self-Etch: mordenzante e primer combinati, poi adesione idrofoba, ossia automordenzante/multi-componente
7	2000 +		Self-Etch / 1 Passaggio	Self-Etch: mordenzante, primer e adesivo combinati, ossia Self-Etch/mono-componente

Universali	2011 +	All-Etch (Tutte le tecniche di mordenzatura)	Total-Etch/ Self-Etch/ Mordenzatura selettiva/ 1 o 2-Passaggi	Mordenzatura Total-Etch o Selettiva dello smalto in combinazione con un adesivo universale o solo Adesivo universale come adesivo automordenzante
------------	--------	---	--	---

Tabella 1: Classificazione degli adesivi per generazione, meccanismo di adesione e numero di passaggi clinici

3.1.1 Classificazione adesivi Ivoclar Vivadent per generazione

Il sistema adesivo multi-step Syntac appartiene ad entrambe la 3^a e la 4^a generazione di adesivi, esso può essere infatti utilizzato con tecnica di mordenzatura selettiva (3^a generazione) o con tecnica total-etch (4^a generazione). ExciTE F appartiene agli adesivi monoflacone (VivaPen) per la tecnica Total-Etch con mordenzatura separata e rientra anche nella 5^a generazione. Il sistema self-etch a due passaggi AdheSE rientra nella 6^a generazione, mentre l'adesivo automordenzante monocomponente AdheSE One F nella 7^a generazione. Adhese Universal appartiene al nuovo gruppo di "adesivi universali", ed è compatibile con tutte le tecniche di mordenzatura descritte nel paragrafo 1.2.

3.2 Classificazione per meccanismo di adesione / passaggi clinici

Se la classificazione per generazione aiuta a considerare gli adesivi da una prospettiva storica, con gli adesivi attualmente sul mercato (dalla 3^a alla 7^a generazione), può risultare più logico una classificazione in base al loro meccanismo di azione e ai passaggi clinici richiesti.

I moderni adesivi dentali sono classificabili fondamentalmente in due tipologie: adesivi con passaggio di mordenzatura separata (**etch-and-rinse** - mordenzatura e risciacquo) e adesivi **self-etch** (automordenzanti). Sebbene il termine "etch-and-rinse" sia spesso utilizzato come sinonimo di "total-etch", esso teoricamente comprende la mordenzatura total-etch e quella selettiva dello smalto (Total-etch: entrambi dentina e smalto vengono mordenzati e sciacquati; Mordenzatura selettiva: viene mordenzato e sciacquato solo lo smalto). Questi sistemi possono quindi essere sotto-categorizzati in base al numero dei passaggi clinici coinvolti: sistemi etch-and-rinse a più passaggi (multi-step), a 3-passaggi e a 2-passaggi e sistemi automordenzanti a 2-passaggi e a 1-passaggio.

Il sistema etch-and-rinse si distingue per il fatto di prevedere un passaggio separato di mordenzatura e risciacquo (etch-and-rinse) prima dei passaggi di priming e bonding. Il sistema etch-and-rinse/total-etch a 3-passaggi (con adesivi di 4^a generazione) segue il convenzionale approccio "etch-rinse-prime-bond" ("mordenzatura-risciacquo-primer-adesivo"). Il sistema etch-and-rinse a 2-passaggi (adesivi di quinta generazione, anche conosciuti come adesivi monoflacone) combina il primer e l'adesivo in un solo componente. Con gli adesivi automordenzanti viene meno il passaggio di risciacquo del mordenzante, in quanto essi contengono monomeri acidi *no rinse* che possono permanere sul substrato dentale e che mordenzano e agiscono da primer sulla dentina in un solo passaggio. Negli adesivi automordenzanti a 2-passaggi (sesta generazione) viene dapprima applicato un primer automordenzante contenente monomeri acidi, in un secondo passaggio viene quindi applicato l'adesivo. Nei sistemi adesivi automordenzanti a 1-passaggio (settima generazione, anche detti Adesivi All-in-one / tutto in uno), il primer acido (automordenzante) e l'adesivo sono contenuti in un unico componente. Demineralizzazione del tessuto dentale e infiltrazione con la resina adesiva avvengono quindi contemporaneamente, svolgendo così

un possibile effetto riduttivo nell'insorgenza di sensibilità post-operatoria. Tra gli adesivi universali esistono enormi differenze a seconda della universalità di utilizzo dichiarata (cfr. sezione 4), tuttavia in generale essi combinano l'applicazione del primer acido e della resina adesiva in un solo passaggio, possono essere utilizzati con tutte le tecniche di mordenzatura e sono indicati indifferentemente con i restauri diretti e indiretti.

Per offrire un quadro complessivo degli adesivi dal punto di vista storico e contemporaneamente secondo una prospettiva attuale, in Tabella 1 si è cercato di riunire entrambi i metodi di classificazione.

Percezione e trend d'utilizzo degli adesivi

Sul mercato tedesco, nel 2010 gli adesivi convenzionali coprivano il 45% delle vendite, con la restante percentuale rappresentata dagli adesivi SE.²⁰ In termini di reale utilizzo degli adesivi, un'indagine di mercato condotta da GfK su 300 dentisti nel 2010 evidenziava che il 62% circa delle procedure adesive erano state condotte con la convenzionale tecnica etch-and-rinse mentre il restante 38% con tecnica self-etch.²¹ I dati GfK della prima metà del 2013 indicano un calo delle procedure adesive convenzionali, che si attestano a 43% ca. del mercato, con il restante 57% rappresentato dalla tecnica automordenzante (che include l'utilizzo degli adesivi universali).²²

È opinione generalmente accettata che più tempo si investa nella tecnica adesiva migliori siano i risultati clinici, e che la mordenzatura con acido fosforico resti la modalità più efficace per pretrattare lo smalto, con una qualità dei margini costantemente superiore.²³

Per le differenti capacità degli adesivi self-etch e total-etch di mordenzare smalto e dentina, molti dentisti intuitivamente preferiscono ancora gli adesivi total-etch, soprattutto se gran parte della superficie di adesione è costituita da smalto, per es. nei restauri anteriori dove l'estetica ricopre un ruolo importante. Gli adesivi SE, invece, hanno mostrato valori di adesione migliori e di maggiore predicibilità su dentina e pertanto sono particolarmente indicati nei restauri *diretti* in composito, in particolare quando questi sono supportati in modo preponderante dalla dentina.²⁴ Recentemente si è riaperto il dibattito sull'utilizzo della mordenzatura selettiva dello smalto in combinazione con gli adesivi SE. Frankenberger ha confrontato i valori di adesione su dentina e smalto ottenuti con gli adesivi SE (utilizzati secondo le indicazioni del produttore) con quelli ottenuti dopo un passaggio di total-etch. Se dopo una procedura Total Etch i valori su smalto risultavano notevolmente accresciuti, quelli su dentina mostravano tendenzialmente una flessione. La tecnica di mordenzatura selettiva, pertanto, sembrerebbe la soluzione più idonea quando sia necessaria una adesione su entrambi smalto e dentina.^{23,25} Secondo Frankenberger, combinare la mordenzatura selettiva con gli adesivi SE è sempre sensato.²⁶

Questa apparente riluttanza a rinunciare totalmente alla mordenzatura con acido fosforico ha portato alla nascita della più recente categoria di adesivi: gli adesivi universali, non solo meno sensibili alla tecnica ma compatibili altresì con la tecnica total-etch e con quella di mordenzatura selettiva.

4. Gli adesivi universali

Gli adesivi universali sono stati lanciati sul mercato nel 2011. Questa nuova categoria di adesivi (principalmente a 1-passaggio) può essere utilizzata con tutte le tecniche di mordenzatura, nelle procedure adesive dirette e indirette e con materiali fotopolimerizzabili, a polimerizzazione duale e autoindurenti, contribuendo pertanto a ridurre la complessità che vige in questo ambito, caratterizzato da molteplici tipologie e categorie di procedure adesive. La tabella qui di seguito, ripresa da The Dental Advisor,²⁷ offre una panoramica delle diverse indicazioni di 5 diversi adesivi “universali”

Prodotto	Azienda	Tecnica Total-Etch	Tecnica Self-Etch	Materiali a indurimento duale senza attivatore separato	Si lega al disilicato di litio senza primer separato	Si lega alla zirconia e al metallo senza primer separato
ALL-BOND Universal	Bisco Dental Products	√	√	√	√**	√**
Peak Universal	Ultradent Products Inc.	√	√	X	X	X
Scotchbond Universal	3M ESPE	√	√	X*	√	√
Optibond XTR	Kerr Corporation	X	√	√	√	√
Prime & Bond Elect	Dentsply Caulk	√	√	X	X	X

Tabella 2: Panoramica delle indicazioni degli adesivi dentali universali presenti sul mercato. *Adattato da The Dental Advisor, marzo 2013*²⁷

* Richiede attivatore separato a meno che non venga usato con il cemento composito adesivo RelyX Ultimate

** All-Bond Universal si lega adesivamente al disilicato di litio e la zirconia, ma per valori di adesione ottimali il Produttore raccomanda di usare un silano puro con il disilicato di litio e Z-Prime Plus con la zirconia.

Come evidenziato in Tabella 2, è importante notare che il significato di “universale” differisce da produttore a produttore. Universale si riferisce di norma a uno o più dei seguenti elementi:

- compatibilità con le tecniche di mordenzatura: total-etch, selettiva dello smalto, self-etch
- compatibilità con le procedure adesive dirette e indirette
- capacità di legarsi a substrati differenti
- capacità di essere utilizzato con materiali a polimerizzazione duale e autoindurenti (senza l'utilizzo di un attivatore separato)
- utilizzo come primer per restauri al disilicato di litio e/o in zirconia e su base metallica

Il concetto di universalità talvolta risulta discutibile. Sebbene i cinque adesivi indicati in Tabella 2 abbiano dato valori di adesione accettabili su smalto e dentina (sia con tecnica total-etch sia con quella self-etch)²⁷ – alcuni prodotti presentano degli svantaggi. Scotchbond Universal (3M ESPE), per esempio, richiede un attivatore separato quando utilizzato nei restauri indiretti salvo che non venga utilizzato con un cemento composito specifico - RelyX Ultimate (3M ESPE). Il prodotto Prime & Bond Elect (Dentsply) può essere utilizzato con tutte le tecniche di mordenzatura, ma da solo non è compatibile coi materiali a

indurimento duale (richiede dunque l'utilizzo di un attivatore). Optibond XTR (Kerr) non è indicato con la tecnica di total-etch.

Adhese Universal è indicato per le tecniche di total-etch e self-etch, e può essere utilizzato con i materiali a polimerizzazione duale senza l'uso di un attivatore separato. Esso non è però indicato come primer per i materiali da restauro – in quanto l'incorporazione nell'adesivo di componenti al silano non ha dato risultati *in-vitro* convincenti. Un'indagine esterna condotta da Lehmann e Kern presso la Clinica Universitaria Schleswig-Holstein, in Germania, ha analizzato l'adesione degli adesivi "universali" su ceramica al disilicato di litio, per poi compararla con quella di un sistema adesivo con primer dedicato. L'indagine ha confrontato le seguenti 4 combinazioni di materiali: Monobond Plus & Multilink Automix, Scotchbond Universal & RelyX Ultimate/3M ESPE, Optibond XTR & NX 3/Kerr, All-Bond Universal & Duo-Link/Bisco. Sebbene il valore di adesione iniziale sia risultato accettabile in tutti i gruppi, quello utilizzando Monobond Plus ha registrato i valori di adesione iniziale più elevati ed essi sono rimasti stabili anche dopo 150 giorni di conservazione in acqua e termociclaggio. Tutto il gruppo All-Bond Universal si è distaccato dopo 30 giorni e nei restanti gruppi si sono misurati valori di adesione molto bassi, di circa 10 MPa.²⁸ Dato che i restauri indiretti devono essere pretrattati in un passaggio separato (priming), il vantaggio di utilizzare lo stesso prodotto in questo caso risulta discutibile. Per ottenere risultati ottimali nelle procedure restaurative indirette, si raccomanda fortemente l'uso di un primer metallo/ceramica dedicato, come per esempio Monobond Plus.

5. Il portafoglio adesivi Ivoclar Vivadent

Nel portafoglio adesivi Ivoclar Vivadent sono presenti adesivi total-etch e adesivi self-etch. La gamma attuale dei prodotti è rappresentata in Tabella 3. Entrambe le tipologie di adesivo, come pure le versioni monoflacone e multi-flacone in tutti e due i gruppi, presentano vantaggi e svantaggi. Gli adesivi total-etch vantano di un'esperienza clinica di più anni, presentano uno schema di mordenzatura più pronunciato nello smalto e una rimozione estesa dello smear layer. Gli adesivi self-etch, d'altro canto, risultano meno sensibili alla tecnica,²⁹ riducono il rischio di collasso del collagene e necessitano un minore numero di passaggi. Gli adesivi universali uniscono in sé i vantaggi di entrambe le due tipologie di adesivo, per offrire ai dentisti semplicità in termini di applicazione e consentire una gestione più snella delle scorte.

Adesivi Total-Etch		Adesivi Self-Etch
Fotopolimerizzabile	Polimerizzazione Duale	Fotopolimerizzabile
Syntac	Syntac	AdheSE
ExcITE F	ExcITE F DSC	AdheSE One F
Adesivi Universali		
Adhese Universal		

Tabella 3: Il portafoglio adesivi Ivoclar Vivadent, suddivisione per categorie

6. Adhese® Universal

Adhese Universal è un adesivo monocomponente fotopolimerizzabile indicato per procedure restaurative dirette e indirette. Adhese Universal è frutto del know-how sviluppatosi in anni di lunga e positiva esperienza clinica con i prodotti ExcITE (F), linea AdheSE e Multilink Primer. Adhese Universal contiene metacrilati, etanolo, acqua, biossido di silicio altamente disperso, iniziatori e stabilizzatori.



Adhese Universal può essere utilizzato con tutte le tecniche di mordenzatura: total-etch, mordenzatura selettiva dello smalto, self-etch.



Fig. 3a-c: Adhese Universal impiegato con le tecniche di mordenzatura Total-Etch, Selettiva dello smalto e Self-Etch (da sinistra a destra). *R&S Clinico Schaan, 2013.*

La scelta della tecnica di mordenzatura dipende dalle valutazioni cliniche del dentista caso per caso. In generale, si sceglierà il metodo che potrà dare il risultato clinico più duraturo e dunque piena soddisfazione del paziente. Adhese Universal viene quindi applicato in cavità e frizionato nelle superfici per almeno 20 secondi. Successivamente, lo si disperde con soffio d'aria compressa priva di olio e di acqua fino a ottenere un film lucido e immobile. Adhese Universal viene sempre fotopolimerizzato prima dell'uso, in entrambi le procedure diretta o indiretta.

6.1 Indicazioni

Adhese Universal è indicato per il fissaggio o la riparazione di restauri in composito e compomero fotopolimerizzabili; per la ricostruzione di monconi con compositi fotoindurenti, a indurimento duale e autoindurenti; per la cementazione adesiva di restauri indiretti con cementi compositi fotopolimerizzabili o a indurimento duale; per la sigillatura di superfici dentali preparate prima della cementazione provvisoria/definitiva di restauri indiretti (per es., sigillatura immediata della dentina/tecnica di dual-bonding); per desensibilizzare zone cervicali sensibili. Dato che Adhese Universal viene sempre fotopolimerizzato, esso non è indicato in situazioni ove non possa garantirsi una adeguata fotoattivazione, per esempio nella cementazione di perni radicolari).

6.2 Meccanismo di azione

6.2.1 Adesione

I sistemi multi-step/a 3-passaggi hanno introdotto una vera e propria rivoluzione nel campo dell'adesione su dentina. Con l'applicazione in sequenza dei diversi componenti, questi sistemi sono stati in grado di colmare il divario tra dentina idrofila e materiale da restauro composito idrofobo. In sostanza, si è potuta creare un'interfaccia tra il materiale composito idrofobo e la dentina idrofila. Syntac è un classico esempio di adesivo di 3^a/4^a generazione. Dopo mordenzatura, il gel mordenzante viene rimosso mediante risciacquo. Quindi viene applicato Syntac Primer (idrofilo) sull'intera cavità (smalto e dentina) seguito dall'adesivo Syntac (idrofilo) e quindi da uno strato di Heliobond (idrofobo). La tabella qui di seguito riporta l'evoluzione degli adesivi Ivoclar Vivadent in ordine cronologico e la successiva riduzione dei passaggi operativi necessari per ottenere un legame adesivo affidabile tra materiale da restauro e struttura dentale:

Passaggi operativi	Scopo del passaggio	Syntac (1990)	Excite (F) (1999)	AdheSE (2002)	AdheSE One (F) (2007)	Adhese Universal (2014)
Condizionamento smalto	Generare uno schema di mordenzatura ritentivo	Total Etch H ₃ PO ₄	Total Etch H ₃ PO ₄	AdheSE Primer	AdheSE One F	Adhese Universal
Condizionamento dentina	Modificare lo smear layer e esporre il collagene e i tubuli dentinali, infiltrazione e umettamento idrofilo	Syntac Primer				
Umettamento	Infiltrazione del collagene con resina idrofila. Creare una interfaccia tra il substrato idrofilo e il restauro progettato attraverso la formazione di "zaffi resinosi"	Syntac Adhesive	Excite (F)	AdheSE Bonding		
Adesione	Adesivo idrofobo per generare un legame adesivo attraverso una co-polimerizzazione con il materiale da restauro	Heliobond				

Tabella 4: I diversi passaggi adesivi e meccanismo di azione degli adesivi Ivoclar Vivadent

Lo sviluppo di nuovi adesivi ha sempre avuto l'obiettivo di offrire alla classe odontoiatrica prodotti che possano consentire un'applicazione più rapida e semplificata. Adhese Universal rientra in una nuova categoria di adesivi piuttosto che in una nuova generazione di adesivi. Si tratta fondamentalmente di un adesivo automordenzante in un unico flacone (1-passaggio), compatibile con la tecnica di total-etch o di mordenzatura selettiva dello smalto (2-passaggi) e indicato per le procedure adesive dirette e indirette.

Adhese Universal e gli adesivi universali in generale contengono bassi livelli di monomero acido, e pertanto si tratta di adesivi dalla delicata azione mordenzante. Adhese Universal ha un valore pH pari a 2,5 – 3,0 ca. La matrice di Adhese Universal si basa su una combinazione di monomeri di natura idrofila (idrossietil-metacrilato/HEMA), idrofoba (decandiol dimetacrilato/D3MA) e intermedia (bis-GMA). Questa combinazione di diverse proprietà consente a Adhese Universal di colmare affidabilmente il gap tra substrato del dente idrofilo e materiale da restauro composito idrofobo in molteplici condizioni di superficie. Tabella 5 riporta nel dettaglio la composizione della matrice monomero di Adhese Universal.

Nome Monomero	Tipo	Scopo
MDP Metacriloloossidecil-fosfato diidrogenato	Metacrilato fosfato	Genera un legame saldo verso l'idrossiapatite. Promuove l'adesione verso le superfici dentali attraverso la formazione di sali di Ca ²⁺ non solubili.
MCAP	Polimero metacrilato di acido carbossilico	Questo polimero funzionale di acido carbossilico reagisce con l'idrossiapatite e si lega ad essa. La presenza di molti gruppi di acido carbossilico lungo la catena polimerica consente la creazione di molteplici legami con la superficie del dente.
HEMA Idrossietilmetacrilato	Metacrilato monofunzionale idrofilo	Promuove l'umettamento/reticolazione delle superfici polari/inorganiche e umide. Facilita la penetrazione nei tubuli dentinali riempiti di liquido tubulare.
Bis-GMA Bisfenolo-A-glicidil-dimetacrilato	Dimetacrilato reticolante idrofilo/idrofobo	Facilita la compatibilità tra HEMA idrofilo e D3MA idrofobo in presenza di acqua, pertanto prevenendo la separazione di fase dell'adesivo. Conferisce elevata forza meccanica e resilienza allo strato adesivo.
D3MA Decandiol dimethacrilato	Dimetacrilato reticolante idrofobo	Consente la reazione dell'adesivo con i monomeri meno polari del materiale da restauro in composito o del cemento composito.

Tabella 5: Tipologia e scopo dei monomeri presenti in Adhese Universal

In Tabella 6 viene descritto più nel dettaglio il meccanismo adesivo di Adhese Universal, ossia come attraverso componenti bilanciati all'interno della formulazione possano realizzarsi i diversi passaggi/le diverse condizioni per il raggiungimento dell'adesione. Adhese Universal è qui considerato senza l'impiego di gel mordenzante, ossia con la **tecnica self-etch** (automordenzante).

Per chiarezza, vengono utilizzati i passaggi operativi già indicati in Tabella 4, sottolineando comunque che, con un sistema adesivo a 1-passaggio / monoflacone, i passaggi operativi sono realizzati simultaneamente e non consecutivamente.

Passaggio operativo	Scopo del passaggio	Adhese Universal
Condizionamento smalto	Formazione di un'adesione stabile attraverso lo strato monomero saldamente legato alle superfici dello smalto	<ul style="list-style-type: none"> Il gruppo fosfato idrofilo-MDP facilita una demineralizzazione acida non aggressiva, la formazione di sali di calcio stabili e un legame chimico verso l'idrossiapatite Strofinare l'adesivo per 20 sec. massimizza il contatto dei monomeri acidi (MDP e MCAP) con la superficie dello smalto Umettamento affidabile dell'idrossiapatite grazie all'effetto sinergico del MDP e del MCAP, promuovendo maggiori valori di adesione su smalto La precipitazione del MDP in sale di calcio fornisce un legame stabile verso l'idrossiapatite e promuove l'integrità dei margini
Condizionamento dentina	Ibridizzazione e stabilizzazione dello smear layer Formazione di un legame stabile attraverso uno strato monomero fortemente legato alle superfici della dentina	<ul style="list-style-type: none"> Il gruppo acido fosforico idrofilo del MDP facilita una demineralizzazione acida non aggressiva e la formazione di un legame chimico con l'idrossiapatite Strofinare l'adesivo per 20sec. massimizza il contatto dei monomeri acidi (MDP e MCAP) con la superficie della dentina L'infiltrazione della dentina asciutta e umida viene facilitata dalle proprietà idrofile dell'HEMA – e la dentina non viene demineralizzata in eccesso grazie all'azione mordenzante non aggressiva
Umettamento	Infiltrazione del collagene con resina idrofila	<ul style="list-style-type: none"> L'infiltrazione delle superfici idrofile viene facilitata dai monomeri idrofili
Bonding	Genera compatibilità e una interfaccia tra il substrato dentale idrofilo e il composito idrofobo	<ul style="list-style-type: none"> La creazione di un'interfaccia tra il substrato dentale idrofilo e il materiale da restauro idrofobo viene facilitata dalle proprietà di natura idrofila/intermedia/idrofoba derivanti dalla combinazione di HEMA, BisGMA e D3MA

Tabella 6: Il meccanismo di azione di Adhese Universal utilizzato come adesivo universale a 1 solo passaggio

6.2.2 Desensibilizzazione

L'ipersensibilità dentinale è un fenomeno ricorrente, in particolare dopo un trattamento restaurativo. È comunemente accettato che l'ipersensibilità si verifichi per un movimento dei fluidi all'interno dei tubuli dentinali in risposta a stimoli di freddo, caldo, o all'azione osmotica di sostanze attive come lo zucchero.³⁰ I solventi acqua/etanolo e i microriempitivi contenuti in Adhese Universal facilitano la penetrazione dell'adesivo nei tubuli dentinali e consentono la formazione di "zaffi resinosi" definiti e pertanto un sigillo della dentina affidabile. Inoltre, i monomeri acidi contenuti in Adhese Universal scatenano una coagulazione delle proteine nel fluido dentinale – contribuendo in tal modo al sigillo meccanico dei tubuli e prevenendo così il movimento dei liquidi all'interno dei tubuli stessi e dunque la sensibilità postoperatoria associata a tale movimento. La combinazione di biossido di silicio tiosotropico e polimero con

gruppi di acido carbossilico funzionali facilita la formazione di un film di adesivo omogeneo. Nei 20 secondi in cui l'adesivo viene frizionato, esso viene distribuito omogeneamente sulla dentina e può pertanto penetrare nei tubuli dentinali. La diffusione attraverso lo smear layer favorisce il sigillo meccanico e pertanto la desensibilizzazione. (Cfr. sezione 8.5 Adhese Universal – Penetrazione nella dentina: adesione e desensibilizzazione).

6.2.3 Cementazione adesiva di restauri indiretti

Lo spessore dello strato adesivo può rappresentare un problema quando si posizionano restauri indiretti. Una volta applicato, Adhese Universal viene sempre ridotto a un film sottile con soffio d'aria. Ciò è possibile grazie alla presenza del riempitivo di biossido di silicio isotropico. Prima di posizionare i restauri indiretti, lo strato adesivo viene fotopolimerizzato – pertanto non serve un ulteriore attivatore della polimerizzazione duale. La polimerizzazione di Adhese Universal immobilizza i monomeri di acido, presupposto chiave per una polimerizzazione ottimale all'interfaccia adesivo/cemento composito anche senza attivatore separato. (Cfr. sezione 8.4 per test con restauri indiretti).

La delicata azione mordenzante di Adhese Universal rende questo prodotto compatibile con i sistemi iniziatori di cementi compositi fotopolimerizzabili e a indurimento duale, nonché con i compositi per la ricostruzione di monconi fotopolimerizzabili, a indurimento duale e autoindurenti.

6.3 Erogazione all'avanguardia con VivaPen®

Adhese Universal è disponibile nell'innovativo formato VivaPen, per una erogazione precisa e una applicazione intraorale rapida, semplice, efficiente e con il minimo spreco di materiale. Il facile pulsante con meccanismo "a click" del formato VivaPen consente di applicare il materiale in situ con una sola mano con precisione e nella esatta quantità. Bastano pochi click per saturare il brush incorporato della cannula "Snap on". In VivaPen, l'indicatore integrato di livello consente di visualizzare in ogni istante la quantità di adesivo residuo presente nella penna.



Fig. 4: Adhese Universal in versione VivaPen con cannule snap-on con brush incorporato

Il design VivaPen è stato formulato affinché la perdita di solvente dovuta ad evaporazione sia minima. Questa risulta molto maggiore quando gli adesivi sono erogati con il tradizionale formato in flacone. Così com'è stata concepita, la versione VivaPen conserva l'adesivo ben sigillato, per garantire il massimo numero di applicazioni per ml e una viscosità dell'adesivo sempre stabile nel tempo. Da uno studio di Berndt & Partner che analizzava l'efficacia del formato VivaPen vs altre forme di confezionamento, VivaPen consente fino a 190 applicazioni per dente singolo per penna.

Benchmarking: Valutazione VivaPen Universal, Berndt + Partner, Agosto 2013

Gli ingegneri del confezionamento della Berndt + Partner, hanno condotto uno studio indipendente per valutare l'efficienza del formato VivaPen rispetto ai tradizionali sistemi di erogazione in flacone in una tipica giornata di utilizzo clinico, nonché la quantità di materiale sprecato. A tal fine è stata condotta un'analisi gravimetrica.

Metodo: Adhese Universal in versione VivaPen è stato confrontato con Scotchbond Universal/3M ESPE, Optibond XTR/Kerr, All-Bond Universal/Bisco, Prime&Bond Elect/Dentsply e iBond Self Etch/Heraeus Kulzer – tutti in formato flacone.

Per simulare un utilizzo clinico rappresentativo, i prodotti sono stati applicati 5 volte al giorno. Un modello di cavità standard di Classe I in plastica è stato utilizzato per ogni applicazione di adesivo. Per pesare i flaconi/VivaPen, gli applicatori, le vaschette di miscelatura, e i modelli cavitari prima e dopo l'uso, si è ricorso a una bilancia di precisione (Kern ABJ 120-4M) con una sensibilità di precisione di 0,0001 g. Con Adhese Universal sono stati utilizzati 3 click di VivaPen per singola applicazione. Con Scotchbond Universal/3M ESPE, All-Bond Universal/Bisco, Prime & Bond Elect/Dentsply e iBond Self Etch/Heraeus Kulzer è stata utilizzata una goccia per applicazione. Per Optibond XTR/Kerr, sistema adesivo a 2 flaconi, è stata usata 1 goccia di primer e 1 goccia di adesivo per applicazione. Per tutti gli adesivi in flacone sono state utilizzate vaschette di miscelazione (due vaschette separate per Optibond XTR) secondo le istruzioni d'uso del produttore. Con "adesivo usato" (adhesive used) si intende il materiale pesato effettivamente applicato nel modello cavitario; con "adesivo sprecato" (adhesive wasted) si intende il materiale pesato rimasto sull'applicatore (applicatori), sui blocchetti di miscelatura, ecc.

Risultati:

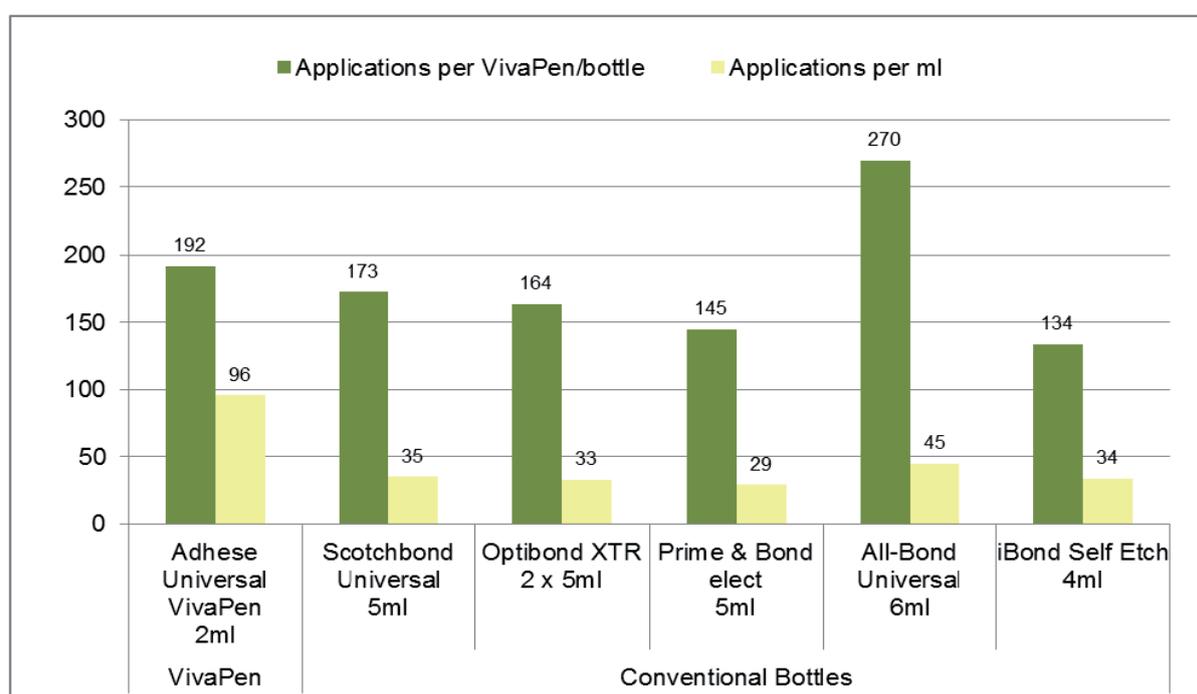


Fig. 5: Numero di applicazioni con VivaPen/flacone e per ml di vari adesivi universali. Berndt & Partner 2013

Con oltre 190 applicazioni per 2 ml, VivaPen ha registrato il maggior numero di applicazioni, pari a 96 per ml – quasi tre volte di più degli altri sistemi di erogazione in flacone convenzionali. Analogamente, VivaPen ha evidenziato la più bassa percentuale di spreco di materiale (53%) se raffrontata con i tradizionali sistemi di erogazione in flacone (Fig. 6).

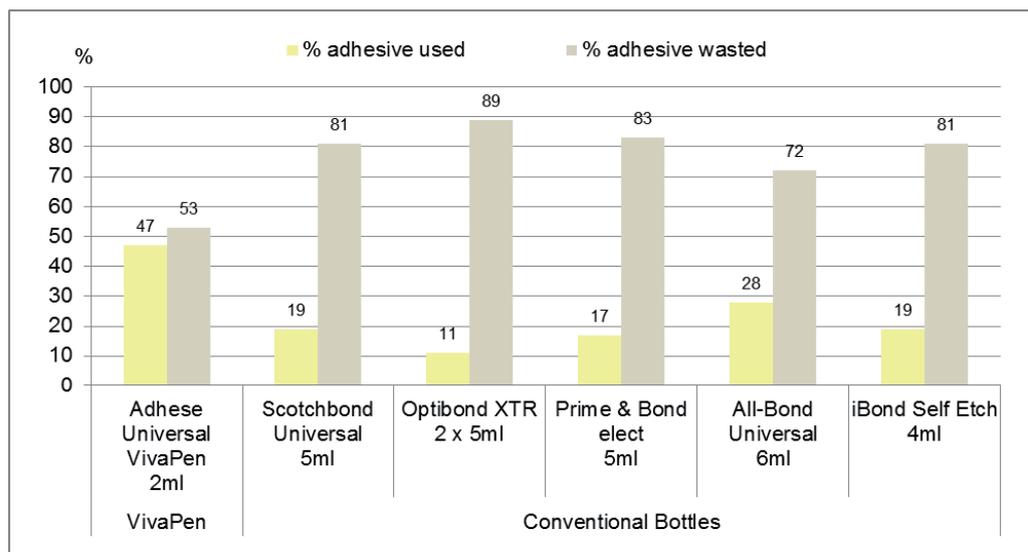


Fig. 6: Percentuale di “adesivo usato” e “sprecato” con vari adesivi universali. *Berndt & Partner 2013*

Erogazione precisa con il meccanismo a click: Lo spreco di materiale comparativamente inferiore con VivaPen si deve in buona parte alla possibilità di poter applicare il prodotto direttamente intraoralmente. Non serve quindi predosare l’adesivo in apposita vaschetta, eliminando questa fase e il conseguente spreco di materiale. Il preciso sistema di erogazione a click di VivaPen e la chiusura di sicurezza impediscono inoltre ogni spreco di materiale legato ad altri fattori quali, per esempio, evaporazione, incrostazione nel tappo di chiusura, estrusione involontaria dell’adesivo, ecc...

Indagine di Customer Satisfaction

In un’indagine online condotta da Ivoclar Vivadent nell’agosto 2012 veniva chiesto a Clienti in Germania (n=81) di esprimere una propria valutazione sul formato VivaPen (disponibile con Excite F e AdheSE One F) rispetto ad altri formati di confezionamento (flaconi o confezionamenti monodose). VivaPen è stata valutata “molto meglio” o “meglio” dall’85% dei Clienti per quanto riguarda la maneggevolezza, dal 76% di essi per quanto attiene al tempo di applicazione, dall’82% dei Clienti in termini di metodo di applicazione e dall’83% di essi per quanto riguarda l’ergonomia.

6.4 L’ “Universalità” di Adhese Universal

Come già spiegato nelle pagine di questa Documentazione Scientifica Adhese Universal, grazie alla sua speciale composizione, è ideale per un utilizzo nelle procedure restaurative dirette e indirette, e con tutte le tecniche di mordenzatura.

Indicato per i restauri diretti e indiretti: Il ridotto spessore del film dopo dispersione con getto d’aria nonché la polimerizzazione dell’adesivo garantiscono restauri indiretti di massima precisione e dal preciso adattamento. L’adesivo fotopolimerizzato copolimerizza bene con i compositi, i compositi per la ricostruzione di monconi e i cementi compositi, ed ha mostrato elevata tolleranza alla tecnica.

Compatibile con tutte le tecniche di mordenzatura: Per poter stabilire un legame adesivo tra la struttura dentale (idrofila) e il materiale da restauro (idrofobo), gli adesivi devono riunire in sé proprietà idrofobe e idrofile. La delicata azione mordenzante di Adhese Universal consente di condizionare efficacemente le superfici mordenzate e non mordenzate. Grazie al calibrato contenuto di monomeri idrofili e idrofobi, Adhese Universal risulta altamente tollerante verso la dentina bagnata e pertanto compatibile con tutte le tecniche di mordenzatura.

7. Dati tecnici

Adhese Universal

Standard - Composizione	(in peso %)
Metacrilati	67,0
Acqua, Etanolo	25,0
Biossido di silicio altamente disperso	4,0
Iniziatori e stabilizzatori	4,0

Proprietà fisiche:

Valori di resistenza al taglio

Utilizzo in combinazione con:

- compositi da restauro diretti
- cementi compositi fotopolimerizzabili
- compositi fotopolimerizzabili per la ricostruzione di monconi

		Metodo test	Specificazione	Valori d'esempio**
Dentina	MPa	ISO 29022	≥ 25*	33,1 ± 3,9
Smalto	MPa	ISO 29022	≥ 17*	21,5 ± 3,3

* 4 da 5 campioni

** Modalità SE in combinazione con Tetric EvoCeram (fotopolimerizzabile)

Utilizzo in combinazione con:

- compositi autoindurenti per la ricostruzione di monconi

		Metodo test	Specificazione	Valori d'esempio***
Dentina	MPa	ISO 29022	≥ 25*	28,0 ± 5,6
Smalto	MPa	ISO 29022	≥ 14*	29,8 ± 3,7

* 4 da 5 campioni

*** Modalità TE in combinazione con MultiCore Flow (autoindurente)

8. Indagini *In Vitro*

Nella fase di sviluppo di un prodotto dentale vengono condotte diverse indagini *in vitro*. Sebbene esse non possano predire il reale comportamento clinico del prodotto, sono comunque utili indicatori – in particolare nello stabilire la tolleranza legata a variazioni di handling. Nello sviluppo degli adesivi dentali, la forza adesiva e la qualità marginale ricoprono un'importanza fondamentale. I test vengono condotti principalmente su denti umani estratti o denti bovini, principalmente in combinazione con il materiale da restauro diretto/indiretto verso il quale si intende instaurare un legame adesivo.

8.1 Adesivi e test sulla forza adesiva

Per misurare la resistenza al taglio, di norma, campioni in composito vengono adesi su un substrato utilizzando l'adesivo da testare e quindi tagliati parallelamente rispetto alla superficie di adesione. Nel test di valutazione della forza microtensile, il carico sulle superfici di adesione viene applicato ad angolo retto.

Nella norma ISO 29022 del 2013 – Adesione dentale, è riportato un test per valutare la resistenza al taglio tra i restauri diretti e il tessuto dentale.

Il diagramma sottostante illustra schematicamente i protocolli seguiti nel test di resistenza al taglio per i restauri diretti e indiretti.

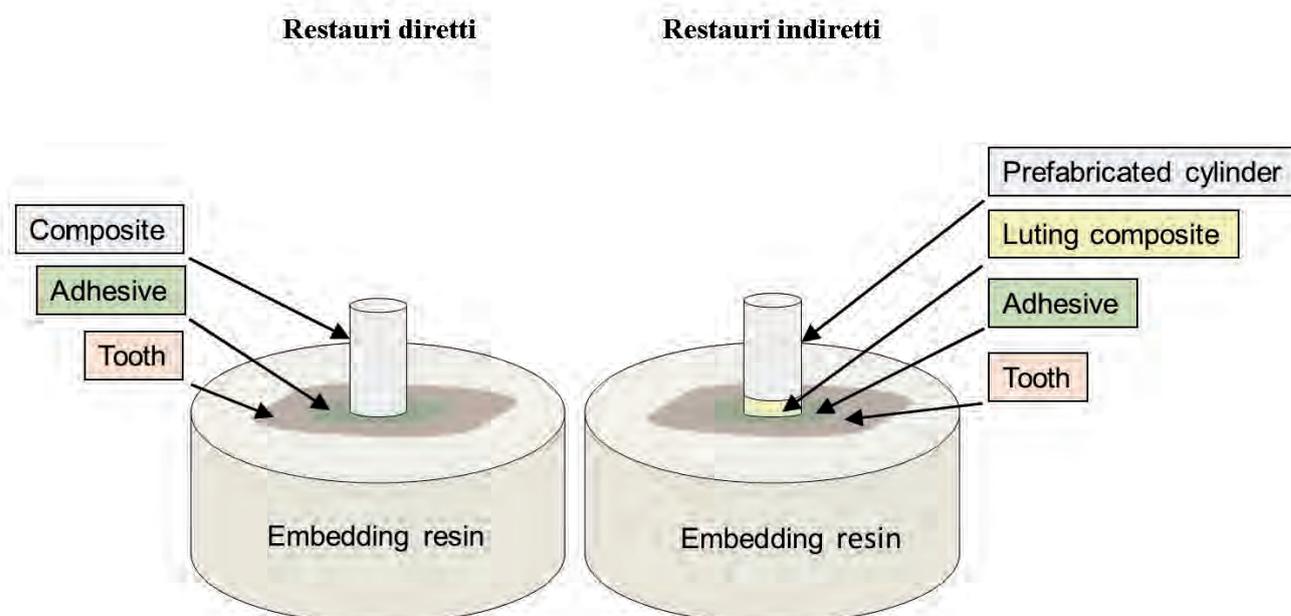


Fig. 7a-b: Rappresentazione schematica del test di resistenza al taglio per i restauri diretti (sinistra) e indiretti (destra).

A seconda del metodo adottato nel test di resistenza al taglio, vengono evidenziati aspetti differenti delle proprietà adesive pertanto, al fine di ottenere la massima significatività dei dati, i diversi metodi andrebbero utilizzati in combinazione. I valori assoluti ottenuti dipendono dal metodo di prova utilizzato e sono comparabili con efficacia solo se i campioni di raffronto sono stati prodotti nello stesso laboratorio ed è stato utilizzato lo stesso metodo di prova.

8.2 Adhese Universal e i restauri diretti

8.2.1 Forza di adesione su dentina e smalto

Forza di adesione di due adesivi. Indagine di The Dental Advisor. R. Yapp, J. M. Powers. Luglio 2013

Metodo: Il presente test di resistenza al taglio è stato condotto su compositi posizionati con procedura diretta nell'ambito di una indagine condotta da The Dental Advisor.

Terzi molari umani estratti, precedentemente conservati in soluzione di sodio azide e quindi in soluzione salina, sono stati incorporati in dischi di resina acrilica e molati con carta abrasiva al carburo di silicio a granulometria 600 per ottenere superfici di smalto e dentina molate per il test di adesione. Gli adesivi – Adhese Universal e Scotchbond Universal/3M Espe - sono stati quindi applicati sul substrato e fotopolimerizzati secondo le istruzioni d'uso dei produttori. Successivamente sopra l'adesivo sono stati posizionati i compositi TPH Spectra/Dentsply o Tetric EvoCeram utilizzando una matrice Ultradent in modo da ottenere un cilindro con diametro pari a 2,38 mm. Il composito-cilindro è stato quindi fotopolimerizzato nella matrice secondo le istruzioni d'uso. I campioni così realizzati sono stati subito testati (6,5 minuti). Il test di resistenza al taglio è stato eseguito con una macchina di prova universale (Instron 5866) a una velocità sull'intera corsa di 1mm/min.

Risultati: Il grafico mostra i valori di adesione su dentina misurati da un tester a 6,5 minuti utilizzando Adhese Universal e Scotchbond Universal (3M ESPE) in modalità SE con i due compositi Tetric EvoCeram e TPH Spectra (Dentsply).

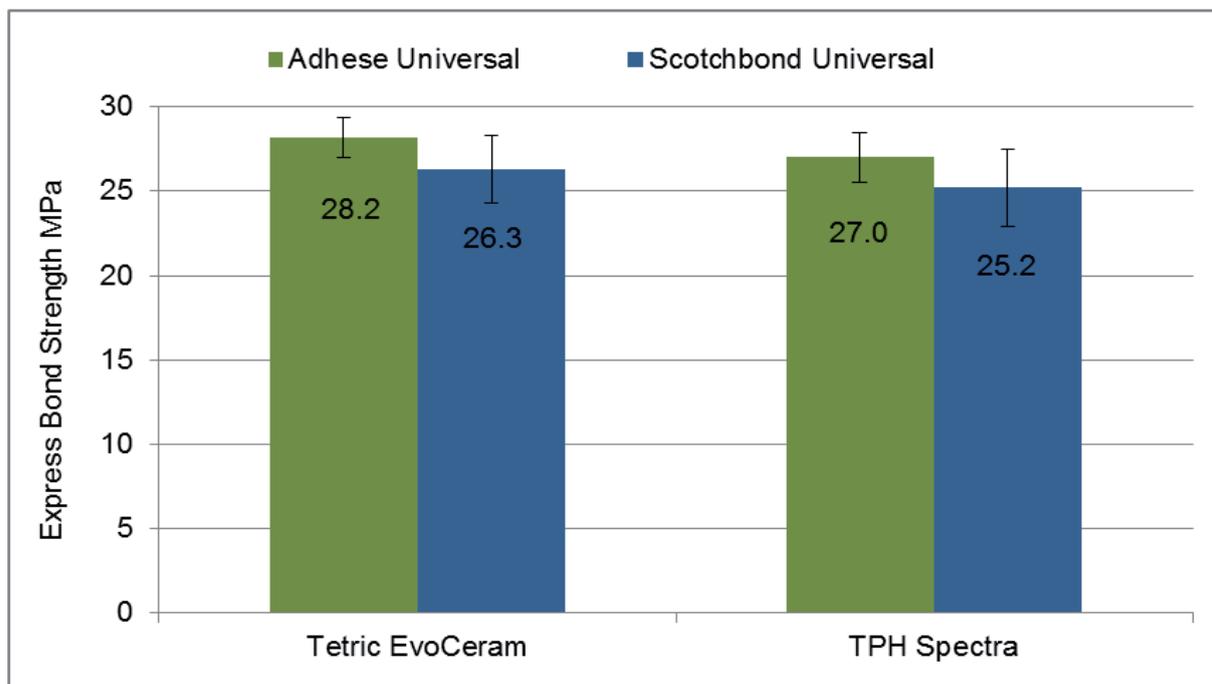


Fig. 8: I valori di adesione a 6,5 minuti di Adhese Universal e Scotchbond Universal in modalità self-etch su dentina con Tetric EvoCeram e TPH Spectra. *The Dental Advisor*, luglio 2013

Conclusione: Adhese Universal e Scotchbond Universal hanno mostrato analoghi valori iniziali di adesione su dentina quando utilizzati nelle procedure restaurative dirette.

Valore di adesione iniziale e a 24 ore di Adhese Universal e Scotchbond Universal – Tecnica Self etch. R&S (Schaan, Liechtenstein e Test Center di Amherst USA), maggio 2013

Indagine per testare la tolleranza verso gli utilizzatori; test di resistenza al taglio con gli “adesivi universali” Adhese Universal e Scotchbond Universal/3M ESPE in combinazione con il composito Tetric EvoCeram Bulk Fill, misurati subito dopo applicazione (a 60 secondi) su dentina umana e a 24 ore su smalto e dentina. Le misurazioni sono state condotte presso il dipartimento di R&S Ivoclar Vivadent a Schaan (Liechtenstein) e presso il Test Center di Amherst (USA). Ad Amherst sono stati utilizzati denti umani, a Schaan denti bovini. Il grafico sottostante mostra uno schema con risultati analoghi sia a Schaan (sinistra) che ad Amherst (destra).

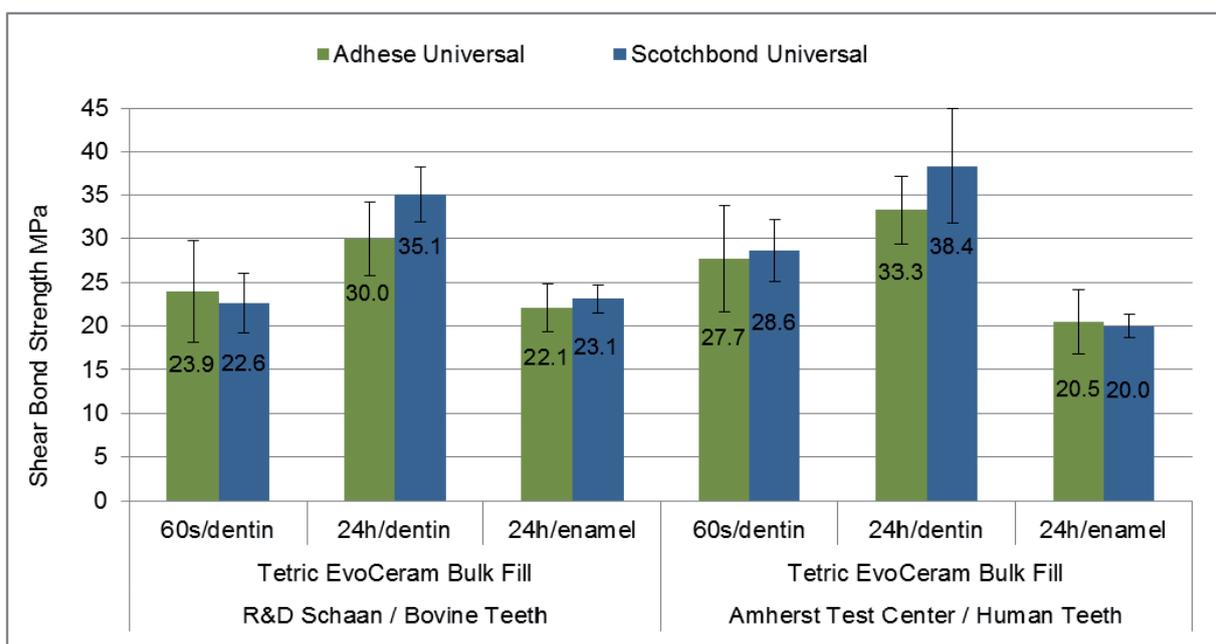


Fig. 9: Resistenza al taglio di Adhese Universal e Scotchbond Universal in combinazione con Tetric EvoCeram Bulk Fill su dentina e smalto, misurata in Test Center diversi. R&S Schaan/Amherst, maggio 2013

Conclusione: Adhese Universal e Scotchbond Universal in combinazione con Tetric EvoCeram Bulk Fill mostrano risultati analoghi sia a 60 secondi che a 24 ore dalla procedura adesiva, a prescindere dal substrato e dal Test Center (R&S Schaan/Amherst).

Valore di adesione iniziale e a 24 ore di Adhese Universal e Scotchbond – Tecnica Self-Etch con diversi operatori. Centro di testaggio di Amherst, maggio 2013

Al fine di valutare con maggior precisione la tolleranza/sensibilità verso l'operatore, i medesimi test di resistenza al taglio sono stati condotti con gli stessi prodotti di cui sopra presso il Test Center Ivoclar Vivadent di Amherst (USA) da quattro utilizzatori diversi. Per tutti i test sono stati utilizzati dentina/smalto umani. Entrambi i prodotti hanno dato valori di adesione analoghi, tuttavia gli operatori 1, 2 e 3 hanno registrato valori di adesione su smalto a 24 ore notevolmente e costantemente più elevati in combinazione con Adhese Universal. Sfortunatamente Scotchbond Universal su smalto non è stato misurato dall'operatore 4 per mancanza di tempo.

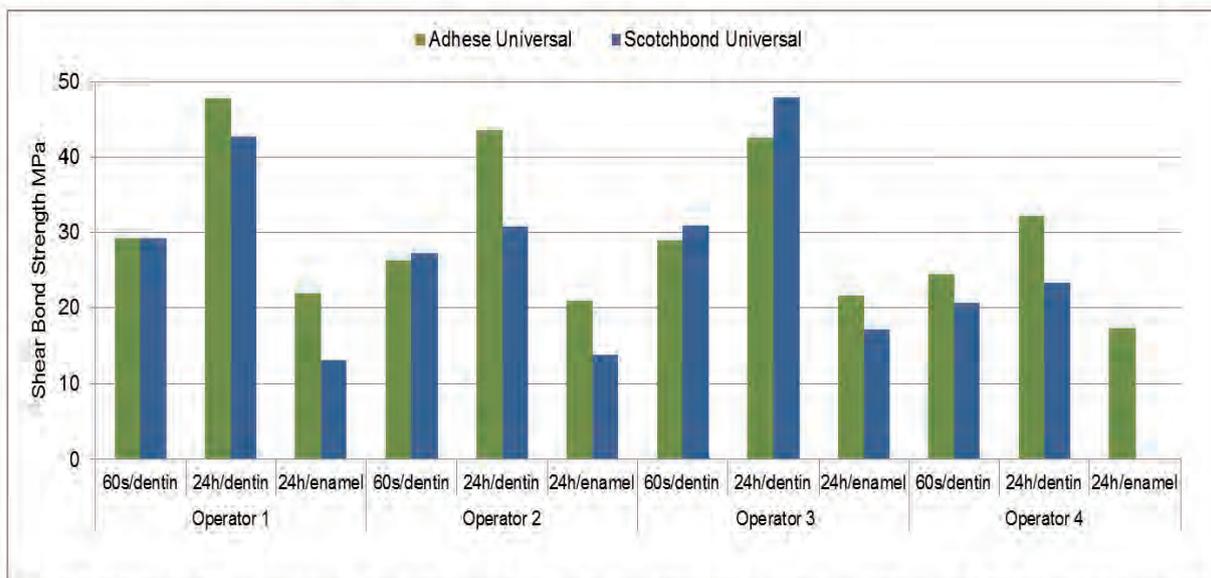


Fig. 10: Valori di resistenza al taglio su dentina e smalto umani dopo utilizzo di Adhese Universal e Scotchbond Universal da parte di quattro operatori diversi. *Test Center di Amherst, luglio 2013*

Conclusioni: Sono stati misurati valori di adesione analoghi – in particolare dagli operatori 1, 2 e 3.

Adhese Universal/Scotchbond – test di adesione, R&S Schaan, gennaio 2014

Nove dentisti interni presso Schaan hanno condotto un test d'utilizzo mettendo a raffronto Adhese Universal e Scotchbond Universal/3M ESPE su dentina bovina. Il test ha dato risultati analoghi. Ciascun dentista ha realizzato 7 campioni per adesivo. Sono stati quindi misurati i valori di adesione e scartati dalla valutazione i 2 valori più bassi per ciascun adesivo (n=5).

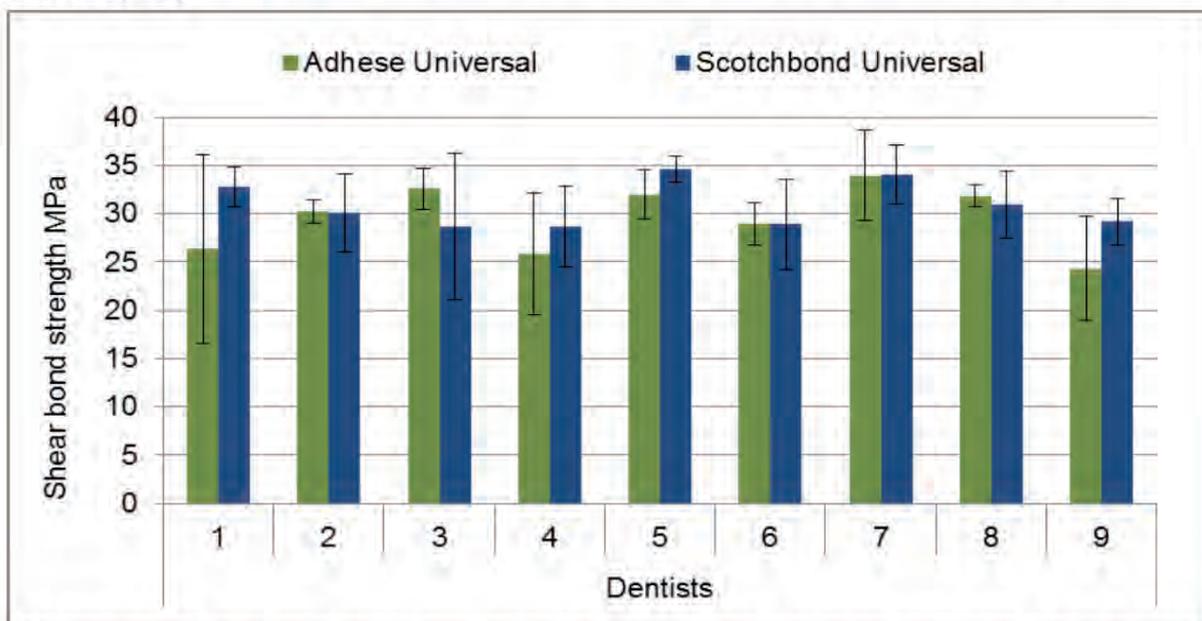


Fig.11: Valore di adesione con Adhese Universal e Scotchbond Universal – misurati da nove dentisti diversi su dentina bovina. *R&S Schaan, gennaio 2014*

Conclusioni: Entrambi gli adesivi hanno dato valori di adesione analoghi con tutti i dentisti, avvalorando quindi l'elevata tolleranza di questi prodotti verso la tecnica e l'operatore.

Forza di adesione microtensile iniziale di Adhese Universal su dentina. B Van Meerbeek, Dipartimento di Odontoiatria Conservativa, Università Cattolica di Leuven, Belgio, 2013

Van Meerbeek ha condotto alcuni test per verificare la forza di adesione microtensile di tre adesivi: Adhese Universal, Scotchbond Universal/3M Espe e l'adesivo self etch a 2-passaggi Clearfil SE Bond/Kuraray. Il test è stato realizzato con tecnica self-etch e tecnica total-etch secondo le istruzioni d'uso. I risultati nel grafico sottostante evidenziano i valori su superfici di dentina piatte (tagliate con fresa) preparate usando un Micro-Specimen Former dotato di fresa diamantata a granulometria media (107µm) per produrre uno smear layer clinicamente rilevante. Come composito è stato utilizzato Tetric EvoCeram Bulk Fill. Sono stati testati 10 denti per adesivo. Ognuno è stato diviso a metà, e ciascuna metà è stata mordenzata con tecnica total-etch o self-etch. I campioni sono stati conservati per una settimana in acqua a 37°C prima di condurre il test di forza di adesione microtensile. Un ulteriore test è previsto a 3 e 6 mesi.

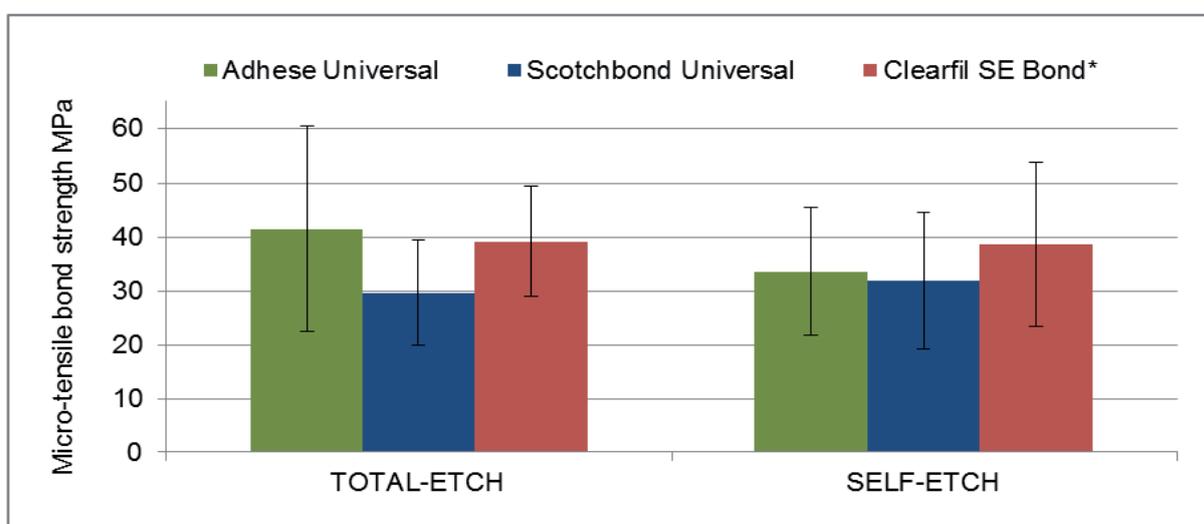


Fig. 12: Forza di adesione microtensile di diversi adesivi su dentina tagliata con fresa utilizzando le tecniche total-etch e self-etch. B. Van Meerbeek KU Leuven, 2013. * (Clearfil SE Bond non è indicato con tecnica total-etch)

Conclusione: Non è stata rilevata alcuna differenza statisticamente rilevante tra gli adesivi, con entrambe le tecniche di mordenzatura.

Valore di adesione di diversi adesivi utilizzati con le tecniche self-etch* e total-etch*. Indagini di The Dental Advisor. R. Yapp, J M. Powers, A. Baumann. Novembre 2013 (* 2 report distinti)

È stata testata la resistenza al taglio di sei diversi adesivi universali - Adhese Universal, Scotchbond Universal/3M Espe, ALL-BOND Universal/Bisco, Prime & Bond Elect/Dentsply, Optibond XTR/Kerr e Peak Universal Bond/Ultradent - in combinazione con le tecniche self-etch e total etch.

Metodo: Terzi molari umani estratti, precedentemente conservati in soluzione acida di sodio e quindi in soluzione salina, sono stati incorporati in dischi di resina acrilica e molati con carta abrasiva al carburo di silicio a granulometria 600 per ottenere superfici di smalto e dentina superficiale molate per il test di adesione. La tecnica total etch è stata testata solo su smalto. Lo smalto è stato condizionato con acido fosforico al 37% con successivo risciacquo secondo le istruzioni d'uso del mordenzante. Gli adesivi sono stati quindi applicati e polimerizzati secondo le istruzioni d'uso del produttore. La tecnica self-etch è stata utilizzata su dentina e su smalto, applicando l'adesivo direttamente sul substrato e procedendo poi con la fotopolimerizzazione secondo le istruzioni d'uso del produttore. Il composito TPH Spectra/Dentsply è stato quindi posizionato sopra l'adesivo utilizzando una matrice Ultradent in modo da ottenere un cilindro con diametro pari a 2,38 mm. Il composito-cilindro è stato

così fotopolimerizzato nella matrice secondo le istruzioni d'uso del produttore. I campioni ottenuti sono stati testati dopo bagno in acqua per 24 ore a 37°. Il test di resistenza al taglio è stato eseguito con una macchina di prova universale (Instron 5866) a una velocità sull'intera corsa pari a 1mm/min.

Risultati: I dati qui sotto includono anche i risultati delle indagini di Dental Advisor, condotte con gli stessi metodi sopradescritti. Nella tabella 7 e nel grafico (Fig. 13) sono indicati i valori di resistenza al taglio su dentina e smalto in modalità self-etch e total-etch.

	Resistenza al taglio: MPa (SD)		
	SELF-ETCH		TOTAL-ETCH
	Dentina	Smalto	Smalto
Adhese Universal	35,4 (5,0)	31,4 (2,8)	37,0 (1,9)
Scotchbond Universal	41,1 (7,4)	30,0 (6,7)	33,0 (6,9)
All-Bond Universal	36,6 (5,7)	19,8 (2,9)	31,6 (6,0)
Prime & Bond Elect	42,4 (5,9)	19,2 (5,0)	33,4 (7,9)
Optibond XTR**	43,5 (11,2)	30,8 (4,6)	35,9 (5,1)
Peak Universal Bond	35,2 (7,0)	28,8 (8,3)	25,3 (6,9)

Tabella 7: I valori di resistenza al taglio su dentina e smalto di diversi adesivi universali utilizzati con tecniche self-etch e total-etch. *The Dental Advisor* luglio 2013 e novembre 2013*

(* 2 report: 1 SE & 1 TE) (** non indicata per la tecnica di total etch)

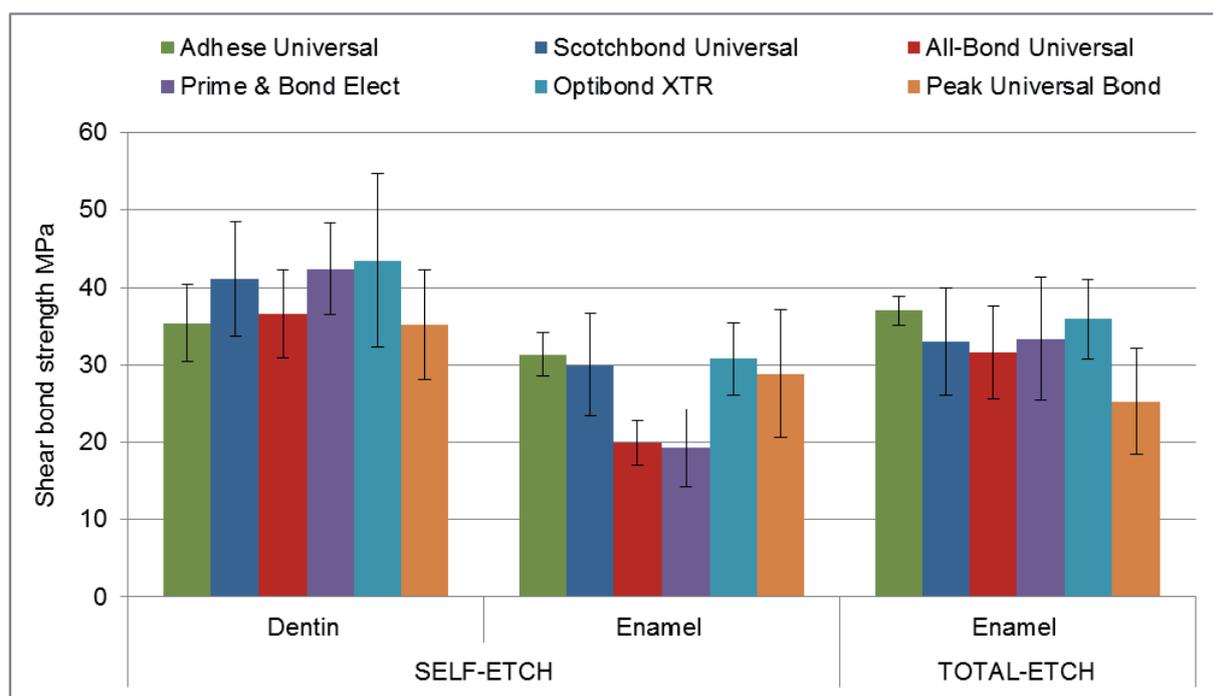


Fig. 13: I valori di resistenza al taglio di diversi adesivi "universali" utilizzati con le tecniche self-etch e total-etch. *The Dental Advisor* luglio 2013 e novembre 2013*

(* 2 report: 1 SE & 1 TE) (Optibond XTR non è indicata per la tecnica di total-etch)

Adhese Universal ha registrato valori di adesione medi superiori a 30 Mpa, su tutti i substrati e in tutte le condizioni. I restanti prodotti hanno evidenziato maggiori variazioni nei valori di adesione. Per tecnica e substrato, la grossa differenza è stata rilevata tra Adhese Universal (31,4) e Prime & Bond Elect (19,2) su smalto con tecnica self-etch. Tutti i prodotti hanno mostrato valori simili su dentina, le differenze tra i prodotti non sono statisticamente rilevanti.

Conclusione: Adhese Universal ha evidenziato elevati valori medi di adesione su tutti i substrati, a prescindere dalla tecnica di mordenzatura. Adhese Universal ha raggiunto i valori medi su smalto più elevati sia con la tecnica self-etch sia con quella total-etch.

Resistenza al taglio verso la struttura dentale – adesione a 24 ore; J. O. Burgess. Università dell'Alabama, Birmingham USA. Novembre 2013

Burgess ha condotto test analoghi a quelli realizzati da The Dental Advisor utilizzando gli stessi adesivi - misurando i valori di adesione a 24 ore sia su smalto sia su dentina dopo procedura total-etch e self-etch.

Metodo: I test sono stati eseguiti su 240 denti umani appena estratti, molati per ottenere una superficie di adesione piatta. Tali campioni piatti di smalto e dentina profonda sono stati molati con una serie di dischi abrasivi di varia granulometria (rifinitura finale con granulometria 320), per garantire superfici standardizzate. Per tecnica sono stati testati 60 denti, dunque 12 per adesivo/tecnica. Dopo l'applicazione del gel mordenzante (tecnica total-etch) e dell'adesivo, un cilindro di composito Z100/3M Espe di diametro pari a 1,5 mm è stato adeso a ciascuna superficie dentale preparata e fotopolimerizzato. I campioni sono stati quindi conservati in una incubatrice a 37°C per 24 ore. I valori di resistenza al taglio sono stati misurati utilizzando una macchina di prova universale (Instron 5565 MA USA) a una velocità sull'intera corsa di 1mm/min. Peak Universal Bond è stato testato e misurato successivamente con le stesse modalità, ma utilizzando la metà dei campioni.

Risultati: Nel grafico sottostante sono riportati i valori medi di resistenza al taglio per ciascun adesivo in ciascun gruppo-tecnica. I valori riportati in questa serie di test risultano inferiori a quelli rilevati da The Dental Advisor per tutti i prodotti. Va sottolineato che i valori sono stati influenzati dalla dimensione del cilindro-composito utilizzato, avente qui un diametro di 1,5 mm contro i 2,38 mm di diametro del cilindro utilizzato nella serie di test condotta da The Dental Advisor.

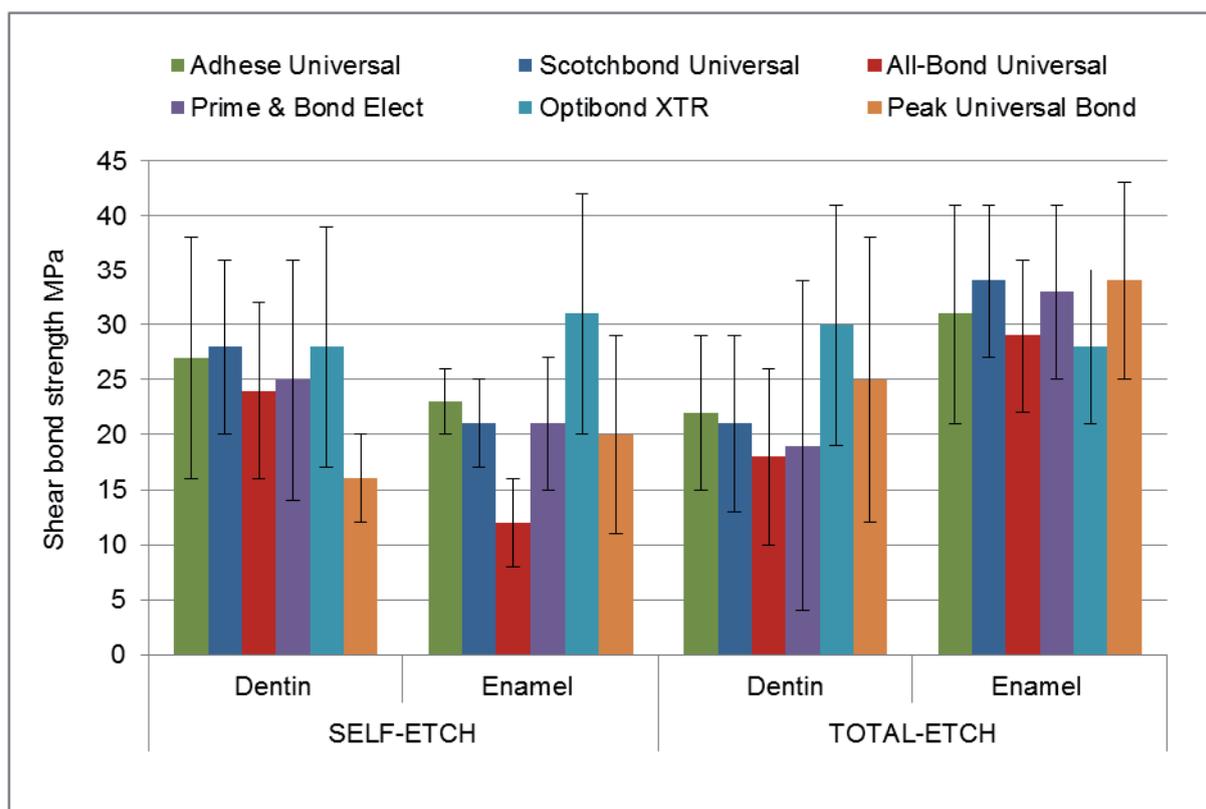


Fig. 14: Resistenza al taglio su dentina e smalto di diversi adesivi "universali", utilizzati con tecnica self-etch e tecnica total-etch. J. Burgess. Università dell'Alabama. Novembre 2013

(Optibond XTR non è indicato per la tecnica TE. Peak Universal Bond è stato testato successivamente servendosi di un minor numero di campioni)

Conclusione:

Non sono state rilevate differenze statisticamente rilevanti tra gli adesivi all'interno dei diversi gruppi/tecnica: self-etch su dentina e total-etch su dentina e smalto. Il gruppo "SE su smalto"

ha evidenziato le differenze maggiori. Adhese Universal ha registrato la deviazione standard più bassa con la tecnica SE su smalto, il che può essere considerato indice di un comportamento adesivo affidabile verso questo substrato esteticamente sensibile.

Test di resistenza al taglio con i compositi della famiglia Tetric – tecniche self-etch e total-etch. R&S Schaan, Ottobre 2013

Adhese Universal è stato testato con i compositi Ivoclar Vivadent Tetric EvoFlow, Tetric EvoCeram e Tetric EvoCeram Bulk Fill. Come evidenzia il grafico sottostante, non si è rilevata alcuna differenza statisticamente significativa tra i compositi su tutti i substrati e con tutte le tecniche. Il valore di adesione su dentina è risultato analogo per tutti i compositi, a prescindere dalla tecnica di mordenzatura. Come prevedibile, i valori di adesione su smalto sono risultati un po' più elevati nel gruppo total-etch. I valori qui presentati si riferiscono ai valori iniziali subito dopo l'adesione.

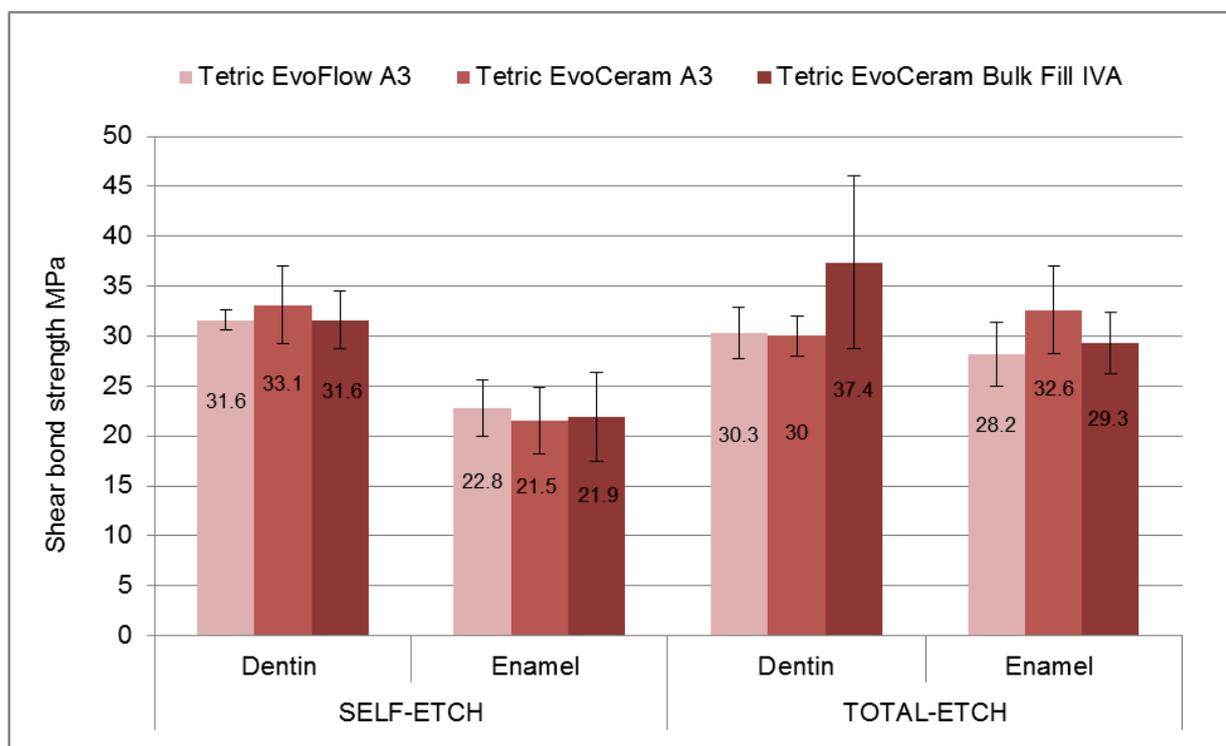


Fig. 15: Valori di resistenza al taglio dei compositi Ivoclar Vivadent su dentina e smalto dopo tecnica self-etch o total-etch con Adhese Universal. R&S Schaan, ottobre 2013

Conclusione: Tutti i compositi - Tetric EvoFlow, Tetric EvoCeram e Tetric EvoCeram Bulk Fill – hanno registrato valori analoghi, indipendentemente dal substrato e dalla tecnica di mordenzatura.

Resistenza al taglio su smalto. Resistenza al taglio su dentina. M Irie, Università di Okayama Giappone

Sigillabilità marginale dei moderni adesivi self-etch nei restauri in composito. M Irie, J Tanaka, T Matsumoto, Y Maruo, G Nishigawa, S Minagi, D Watts*. Università di Okayama Giappone, *Università di Manchester Regno Unito. Abstract accettato: AADR Charlotte USA, marzo 2014

Irie ha investigato la resistenza al taglio su substrati di smalto e dentina umani quando il composito Clearfil AP-X/Kuraray è stato utilizzato con i seguenti adesivi "universali": Adhese Universal, Scotchbond Universal/3M Espe, Prime & Bond Elect/Dentsply, OptiBond XTR/Kerr, All-Bond Universal/Bisco e BeautiBond Multi/Shofu. Dopo aver applicato gli adesivi secondo le istruzioni d'uso del produttore, una matrice in teflon è stata fissata sulle superfici dentali e riempita con il composito. I valori di resistenza al taglio sono stati misurati immediatamente dopo fotopolimerizzazione e a un giorno di conservazione in acqua a 37°C. Nel grafico sottostante sono riportati i valori di resistenza al taglio a un giorno di conservazione in acqua.

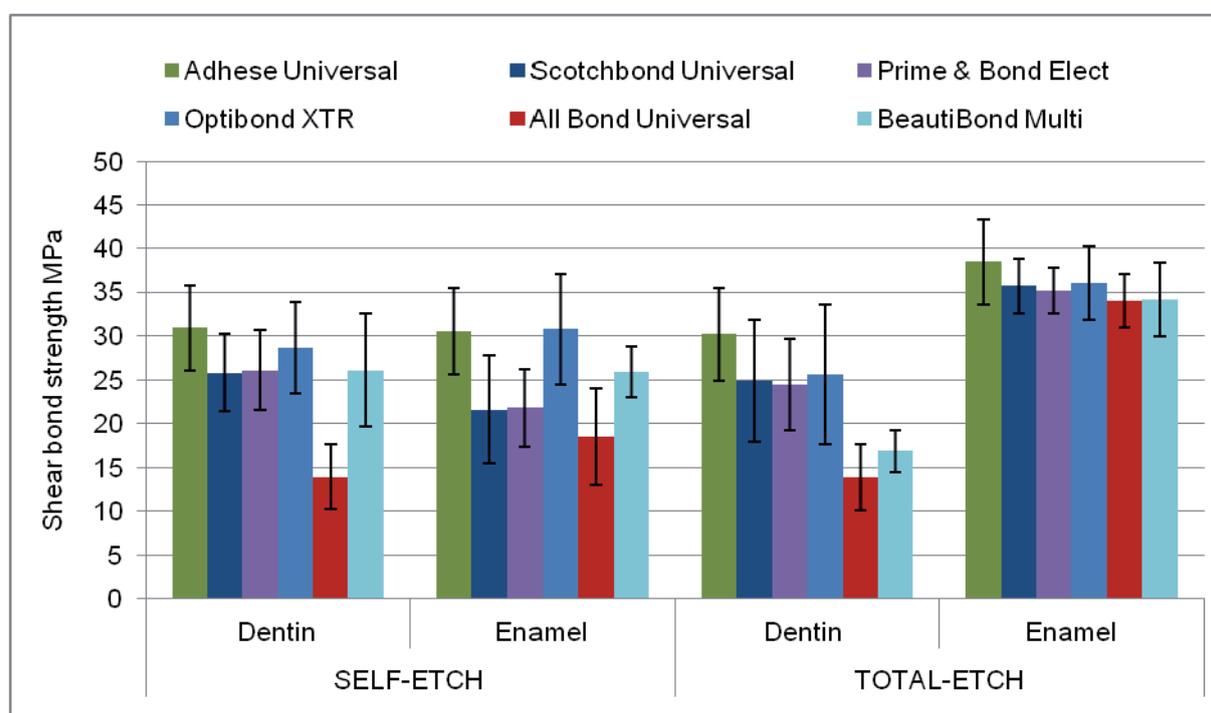


Fig. 16: Valori di resistenza al taglio di diversi adesivi "universali" in combinazione con le tecniche self-etch e total-etch. M Irie, Università di Okayama, dicembre 2013

(Optibond XTR non è indicato per la tecnica total etch)

Irie et al hanno anche investigato la percentuale di margini perfetti, ossia nessuna presenza di gap marginali quando il composito Clearfil AP-X/Kuraray viene impiegato con diversi moderni adesivi self-etch e "universali": Prime&Bond Elect/Dentsply, Scotchbond Universal/3M Espe, OptiBond XTR/Kerr, G-aenial Bond/GC, BeautiBond Multi/Shofu, Bond Force/Tokuyama e Clearfil SE Bond 2/Kuraray.

Cavità cilindriche di Classe I (diametro 3,5 mm, profondità 1,5 mm) sono state posizionate nei premolari. La procedura restaurativa è stata condotta secondo le indicazioni del produttore. Il dente restaurato è stato lucidato immediatamente dopo fotopolimerizzazione e la formazione di gap marginali è stata valutata utilizzando un microscopio (x 400), ed espressa poi in percentuale dei denti misurati (n= 10 per gruppo).

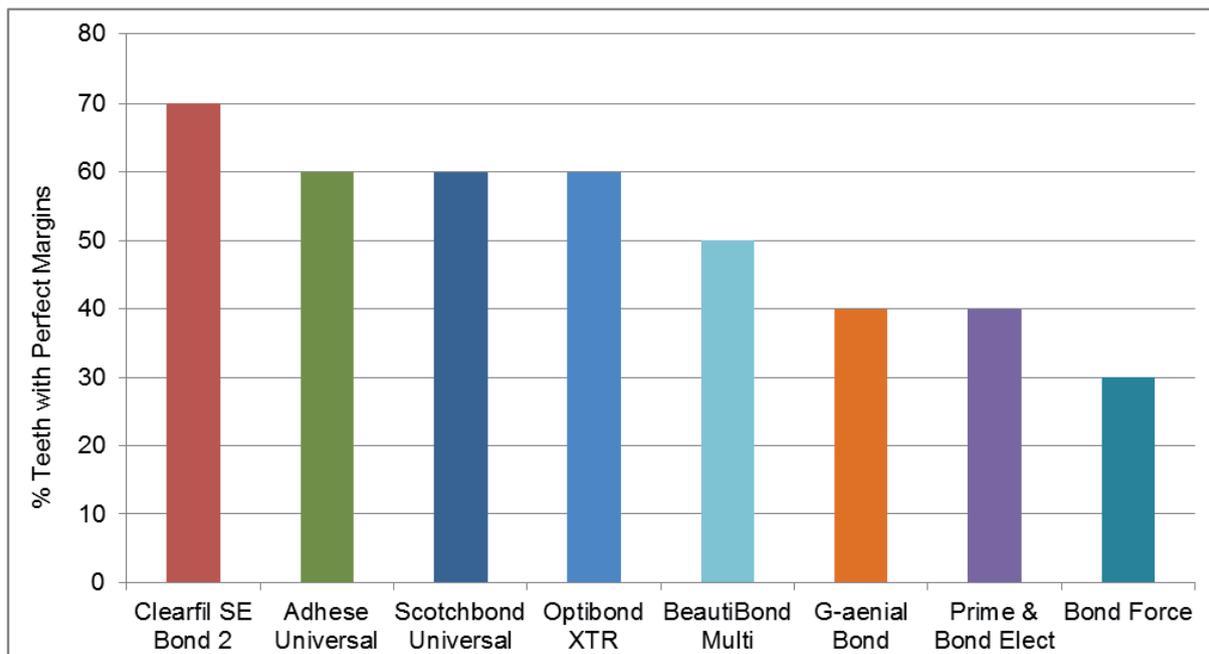


Fig. 17: Percentuale di denti con perfetta qualità marginale in combinazione con vari adesivi. *M.Irie et al. Abstract AADR, marzo 2014.*

Conclusioni: Adhese Universal ha ottenuto i valori di adesione più alti, a prescindere dalla tecnica di mordenzatura utilizzata (uguale a Optibond XTR su smalto con tecnica self-etch). I valori di adesione più bassi, in qualsiasi circostanza, sono quelli di All Bond Universal. Come nella gran parte degli studi, i valori su smalto risultavano i più alti per tutti i prodotti con tecnica total etch, tuttavia ciò non può essere generalizzato, come evidenziato nei risultati dello studio di The Dental Advisor – Fig. 13. Dei denti trattati con Adhese Universal il 60% presentava una perfetta integrità marginale, solo Clearfil SE Bond 2 ha registrato in questo studio valori percentuali più elevati.

8.2.2 Riparazione di composito – valori di adesione su composito invecchiato

Adhese Universal è indicato per la riparazione di restauri in composito e compomero fratturato. I denti naturali, così come i materiali dentali, sono sottoposti a un'usura quotidiana attraverso saliva, modificazioni termiche, alimenti caratterizzati da vari gradi di acidità e forze abrasive nell'ambito dei movimenti masticatori.³¹ L'interfaccia dentina /smalto/materiale da restauro è dinamica – ogni sostanza possiede coefficienti di espansione termica propri e reagisce pertanto in modo diverso anche se esposta a condizioni/circostanze analoghe. I fenomeni di chipping e fratturazione, e le conseguenti procedure di riparazione del composito, rientrano nella pratica dentale quotidiana.

Riparazione di composito con Adhese Universal. R&S Schaan, dicembre 2013

L'adesivo Adhese Universal è stato testato per valutare il suo utilizzo nella riparazione diretta di otturazioni in composito.

Metodo: Come campioni sono stati preparati dischi in composito realizzati con Tetric EvoCeram Bulk Fill (n=14), Heliomolar (n=15) e Tetric EvoCeram (n=15) (diametro 20 mm, altezza 2 mm). Per simulare l'invecchiamento, i dischi dapprima sono stati conservati per 3 mesi in acqua a 37°C, quindi incorporati in resina. La superficie del composito è stata molata con carta abrasiva al carbonio di silicio P400 con raffreddamento ad acqua, quindi sciacquata e asciugata. Sui dischi in composito è stato applicato Adhese Universal lasciandolo agire per 20 secondi, per poi disperderlo con getto d'aria compressa fino a ottenere un film di spessore ridotto. Lo strato di adesivo è stato quindi fotopolimerizzato per 10 secondi con Bluephase Style. Come composito di riparazione è stato utilizzato Tetric EvoCeram. Esso è stato applicato sulla superficie dell'adesivo in uno strato incrementale e fotopolimerizzato per 20 secondi con Bluephase Style. I campioni sono stati quindi conservati per 24 ore in acqua a 37°C e termociclati (1000x) prima di essere testati per valutarne la forza di adesione. I test di resistenza al taglio sono stati condotti secondo la norma ISO 29022 (utilizzando come superficie di adesione la superficie del composito anziché il substrato dentale).

Risultati:

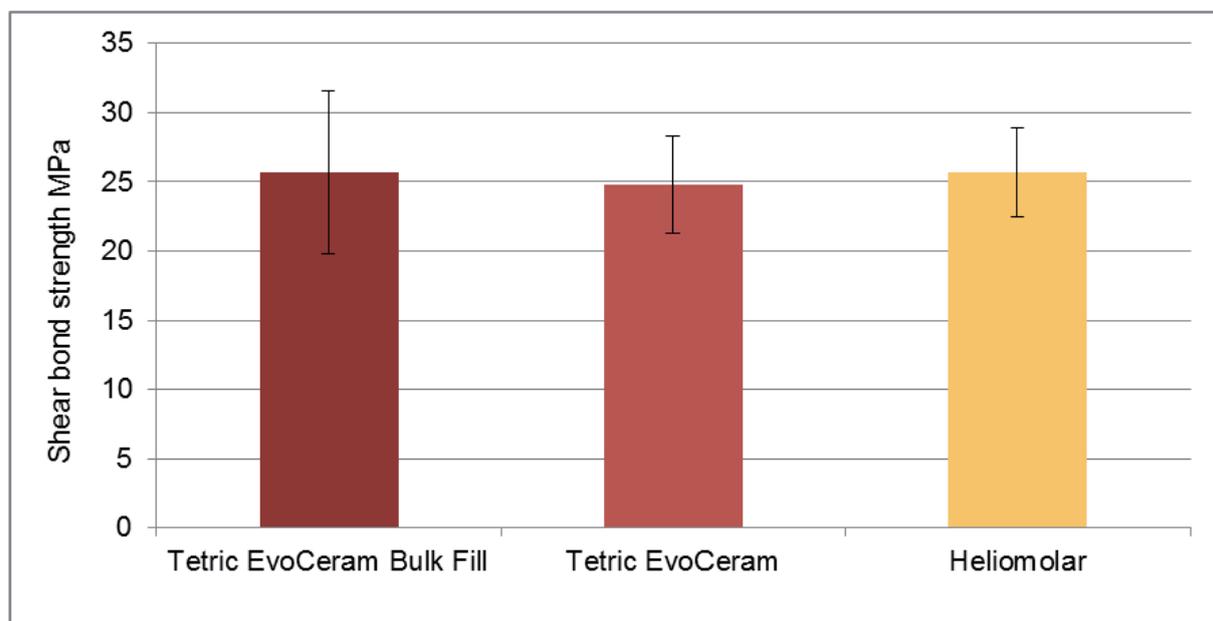


Fig. 18: Valori di resistenza al taglio di Adhese Universal con Tetric EvoCeram su tre diversi compositi sottoposti a invecchiamento. R&S Schaan, dicembre 2013

Tutti i compositi hanno raggiunto valori di resistenza al taglio attorno a 25-26 MPa. La forza adesiva è risultata superiore alla forza coesiva del materiale, pertanto nel 100% dei campioni si è verificata una frattura coesiva.

Conclusione: Tra i substrati/compositi non sono state rilevate differenze statisticamente significative. Con Tetric EvoCeram si sono raggiunti valori di adesione ragguardevoli su tutti i substrati sottoposti a invecchiamento, confermando l'adeguatezza di Adhese Universal nelle riparazioni di composito.

8.3 Adhese Universal e i materiali per la ricostruzione di monconi

Adhese Universal è stato anche testato in combinazione con il materiale per la ricostruzione di monconi MultiCore Flow (composito autoindurente con fotopolimerizzazione opzionale), sia con tecnica autoindurente (SC) sia fotoindurente (LC). Come mostra il grafico sottostante, nonostante i valori con tecnica fotoindurente risultino costantemente più elevati di quelli ottenuti in modalità autoindurente, la differenza non è statisticamente significativa. Con la tecnica TE sono stati raggiunti valori di adesione più elevati sia su dentina sia su smalto. I dati si riferiscono ai valori di adesione registrati subito dopo la procedura di bonding.

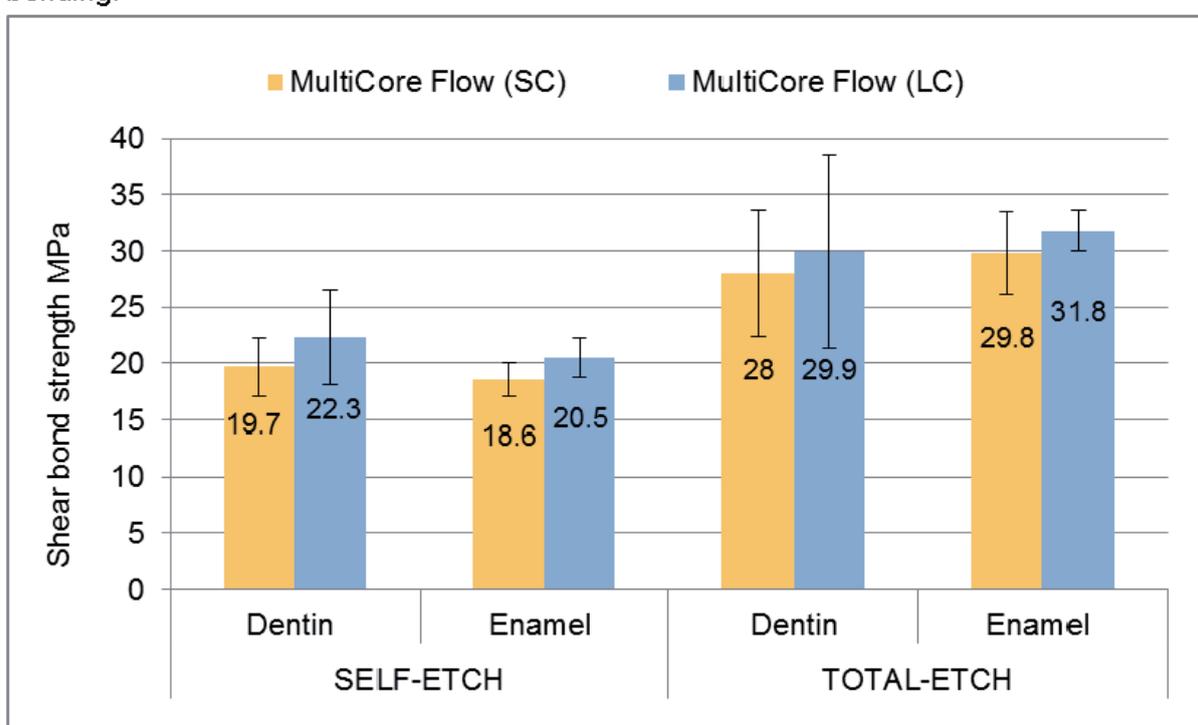


Fig. 19: Valori di resistenza al taglio di Adhese Universal in combinazione con MultiCore Flow in modalità autoindurente (SC) e fotoindurente (LC) su dentina e smalto. R&S Schaan, ottobre 2013

Conclusione: Adhese Universal è indicato per un utilizzo con il materiale per la ricostruzione di monconi MultiCore con tecnica SE e TE sia in modalità autoindurente sia con fotopolimerizzazione opzionale.

8.4 Adhese Universal e i restauri indiretti

8.4.1 Forza di adesione

Per valutare la performance di Adhese Universal con i restauri indiretti, l'adesivo è stato testato in combinazione al cemento composito Variolink II. I test di valutazione della forza di adesione sono stati condotti secondo la norma ISO 29022 (cfr. anche il diagramma rappresentativo di figura 7b). Variolink II è stato utilizzato come cemento composito a indurimento duale (DC - le paste base e catalizzatore sono state miscelate prima dell'applicazione) o fotopolimerizzabile (LC- utilizzando la sola pasta base).

Nel grafico sottostante sono indicati i valori di resistenza al taglio su dentina e smalto utilizzando Adhese Universal con le tecniche di mordenzatura self-etch e total-etch. Variolink II è stato utilizzato con tecnica a indurimento duale e in modalità fotoindurente – secondo le istruzioni d'uso. I valori sono stati misurati a 24 ore di conservazione in acqua a 37°C. In tutte le condizioni sono stati misurati elevati valori di resistenza.

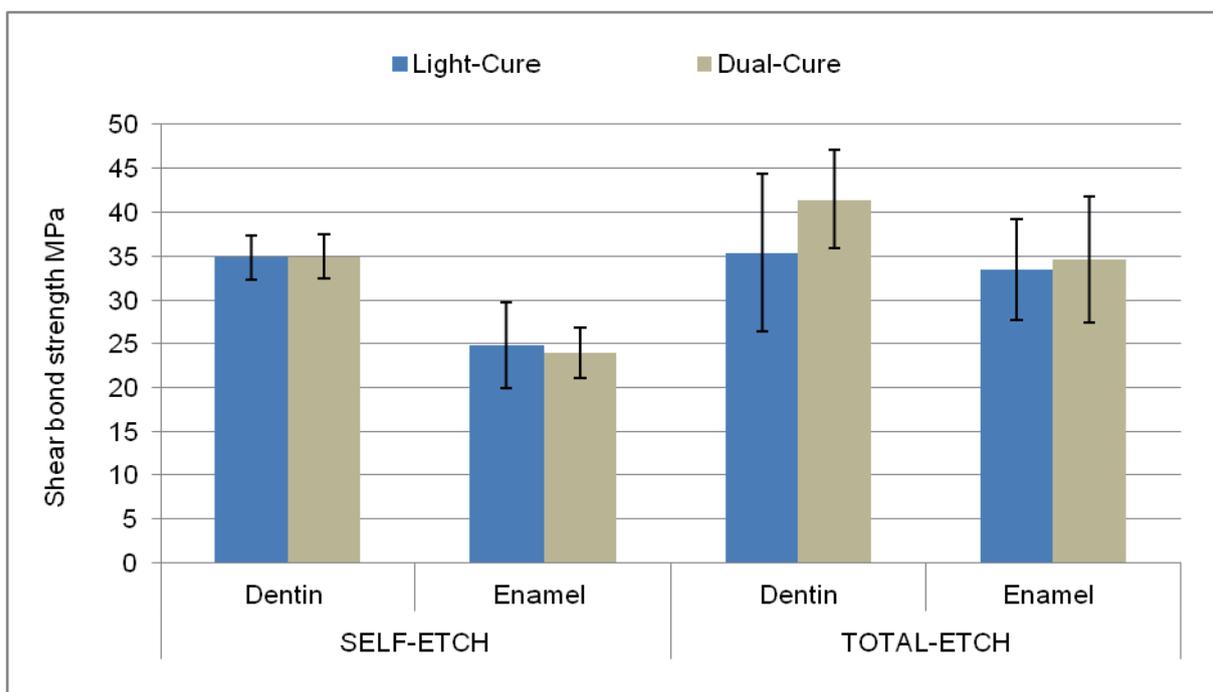


Fig. 20: Valori di resistenza al taglio di Adhese Universal con Variolink II su dentina e smalto con le tecniche self-etch e total-etch. Variolink II è stato utilizzato come cemento composito fotopolimerizzabile (LC) o a indurimento duale (DC). *R&S Schaan, gennaio 2014*

Conclusione: L'utilizzo di Adhese Universal con il cemento composito Variolink II ha generato valori di adesione costanti su dentina e smalto, a prescindere dalla modalità di polimerizzazione.

8.4.2 Sigillatura immediata della dentina / Tecnica di dual bonding e valore di adesione

Con sigillatura immediata della dentina (IDS) si intende l'immediata applicazione e polimerizzazione dell'adesivo, prima della presa dell'impronta per il restauro indiretto. Dato che nel posizionare il restauro finale si procede con un ulteriore passaggio adesivo si parla per questo di "tecnica di dual-bonding". In un'analisi realizzata nel 2005, Magne è giunto alla conclusione che la IDS sembra generare valori di adesione migliori, minori formazioni di gap, una ridotta penetrazione batterica nonché una sensibilità dentinale più bassa.³²

Influenza della cementazione provvisoria sulla forza adesiva di Adhese Universal. R&S Schaan, agosto 2013

Un'indagine interna condotta a Schaan ha analizzato l'influenza sulla forza di adesione di una sigillatura immediata della dentina con Liquid Strip in gel o Vaseline utilizzati come materiali isolanti. Non sono stati rilevati effetti negativi.

Metodo: Per simulare la situazione clinica, Adhese Universal è stato applicato su dentina bovina e quindi fotopolimerizzato. 10 campioni sono stati coperti con un sottile strato di glicerina (n=5) oppure di vaselina (n=5). È stato quindi applicato il cemento provvisorio Telio CS Link e i campioni sono stati conservati per 2 settimane in acqua a 37°C. Il materiale provvisorio è stato quindi rimosso e la superficie adesiva è stata detersa con spazzolino rotante e una pasta profilattica Proxyt a granulometria fine per 15 secondi. Rimossa la pasta con risciacquo, la superficie è stata asciugata con soffio d'aria. Si è proceduto quindi con una adesione standard con Adhese Universal e Variolink II con tecnica di indurimento duale – come avviene in un restauro definitivo. Per raffronto, sono stati preparati 15 campioni senza cemento provvisorio.

Risultati:

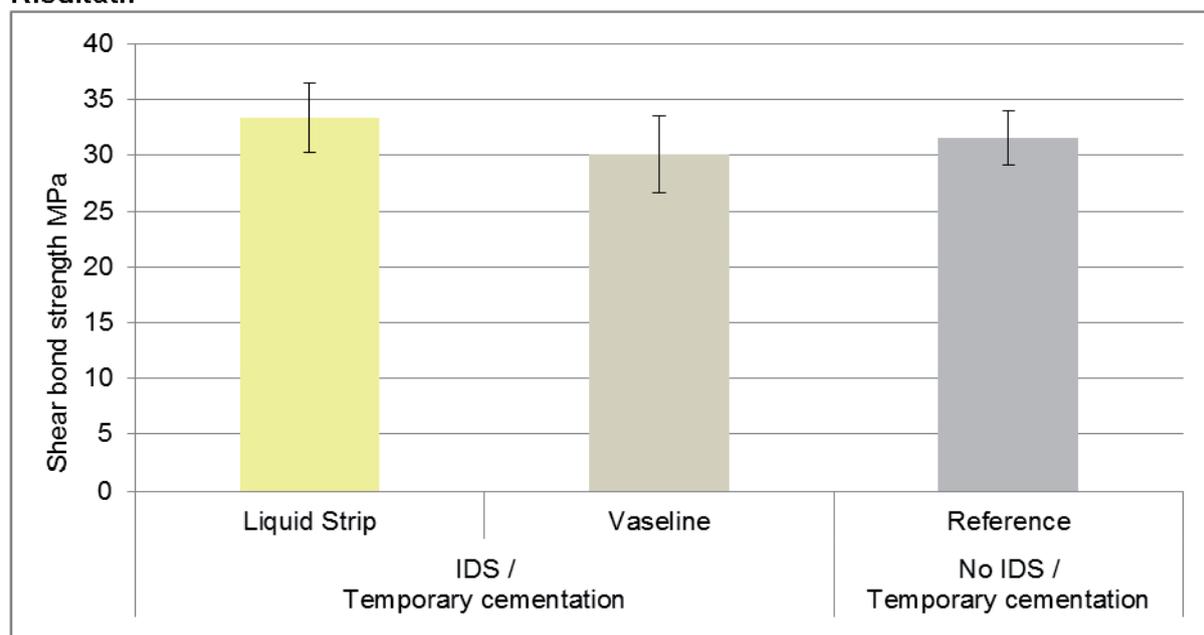


Fig. 21: Valori di resistenza al taglio su dentina dopo sigillatura immediata della dentina /cementazione provvisoria con gel alla glicerina o Vaseline come materiali isolanti vs gruppo di raffronto senza sigillatura immediata della dentina e cementazione provvisoria. R&S Schaan, agosto 2013

Non si è avuta alcuna contaminazione irreversibile delle superfici adesive in seguito a contatto con gel alla glicerina o Vaseline o per conservazione di 2 settimane in acqua.

Conclusione: Adhese Universal è indicato per la sigillatura delle superfici cavitare prima della presa dell'impronta e dell'applicazione del cemento provvisorio. Tutti i valori di adesione sono risultati superiori a 30 MPa. Non è stata rilevata alcuna significativa differenza tra i denti di raffronto (niente IDS o cementazione provvisoria) e i denti sottoposti a sigillatura immediata della dentina/cementazione provvisoria.

8.4.3 Spessore del film e precisione di adattamento del restauro

Indagine sullo spessore del film di Adhese Universal con interferometria a luce bianca. R&S Schaan maggio 2013

Lo spessore dello strato adesivo rappresenta un problema nel posizionamento di restauri indiretti. Adhese Universal viene sempre ridotto a un film sottile mediante getto d'aria (aiutato in questo dalla presenza di biossido di silicio tiosotropico) e quindi fotopolimerizzato prima del posizionamento di restauri indiretti – eliminando il ricorso a un attivatore della polimerizzazione duale. La polimerizzazione di Adhese Universal immobilizza i monomeri di acido e consente una polimerizzazione ottimale dell'interfaccia adesivo-cemento senza un attivatore separato. Come mostrato qui di seguito, l'adesivo polimerizzato presenta uno film di spessore pari a $< 10\mu\text{m}$ su dentina bovina, consentendo in tal modo il posizionamento di restauri indiretti con massima precisione di adattamento.

In figura 22a è rappresentata una superficie dentale (vista dall'alto) incastonata in resina, ricoperta con Adhese Universal disperso con soffio d'aria e fotopolimerizzato. Dopo la polimerizzazione, qualsiasi eccedenza di materiale non polimerizzata (strato inibitore) è stata rimossa con etanolo. Il profilo dello spessore del film è stato quindi calcolato con interferometria a luce bianca. Si tratta di un metodo ottico privo di contatto per misurare l'altezza delle superfici di strutture tridimensionali, con profili di superficie variabili da alcuni micrometri a alcuni centimetri. Il cerchio di colore pallido lungo l'esterno di figura 22a mostra dove l'adesivo è più elevato d'altezza per effetto della dispersione con soffio d'aria. In figura 22b il profilo viene rappresentato in forma grafica. Il valore sull'estrema sinistra è 0, ossia dove la superficie del dente non presenta alcun adesivo. A sinistra e a destra il profilo mostra due punte più alte (il cerchio di colore pallido in figura 22a) ad indicare come lo strato sia stato disperso ai lati. Il centro del grafico (che rappresenta la situazione clinica) mostra invece uno spessore del film costantemente basso e pari a $< 10\mu\text{m}$.

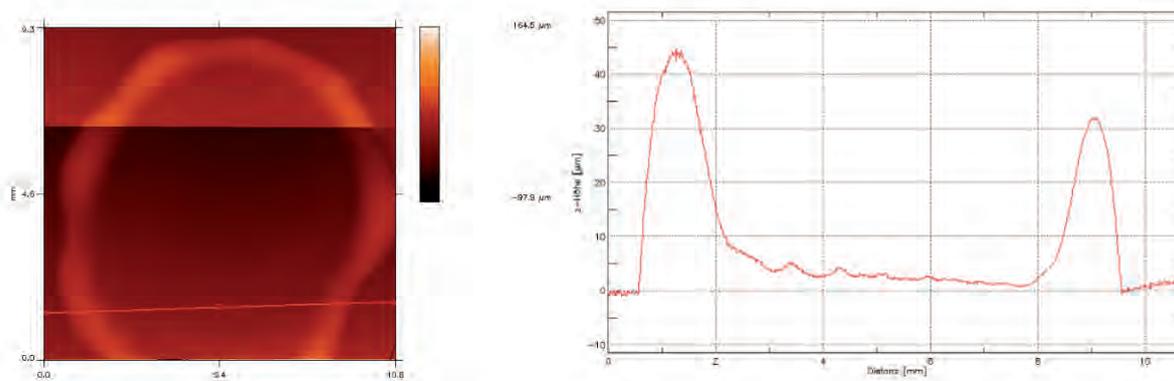


Fig. 22a-b A sinistra, strato di Adhesive Universal sulla superficie dentale (visione dall'alto). A destra, profilo dello spessore del film. R&S Schaan, maggio 2013

Conclusioni: L'indagine conferma il ridotto spessore del film di Adhese Universal, per garantire restauri indiretti dalla precisione di adattamento ottimale. Il grafico evidenzia l'importanza di disperdere l'adesivo con soffio d'aria compressa priva di olio e acqua fino ad ottenere un film lucido e immobile – come indicato nelle istruzioni d'uso.

Precisione di adattamento dei restauri diretti. R&S Schaan, ottobre 2013

L'influenza di Adhese Universal sull'adattamento del restauro quando utilizzato nella adesione di restauri indiretti è stata indagata da 3 dentisti Ivoclar Vivadent. Nove molari umani estratti di uguali dimensioni e privi di carie (3 per dentista) sono stati preparati con cavità inlay di uguale grandezza. Gli inlay sono stati preparati con IPS e.max Press (LT), (utilizzato spaziatore: Tru Fit Stumpflack/G. Taub Dental) e adattati in cavità. Con l'inlay non fissato adesivamente in ciascun dente, sono stati realizzati una matrice e un moncone in gesso di ognuno. Questo è servito da modello di partenza per quantificare qualsiasi variazione nell'innalzamento dell'inlay dopo la procedura adesiva. I 9 denti sono stati trattati con Adhese Universal secondo le istruzioni d'uso, e fotopolimerizzati. Sugli inlay pretrattati è stato applicato il cemento composito Variolink II quindi gli inlay sono stati posizionati in cavità e fotopolimerizzati con Bluephase Style per 20 secondi. Sono stati realizzati matrici e monconi in gesso degli inlay fissati adesivamente e utilizzati come raffronto. Entrambi i monconi sono stati scansionati con scanner laser 3D, messi a confronto annotando e valutando le differenze nell'innalzamento dell'inlay. Come mostrato in Tabella 8 nessuno dei denti mostrava un innalzamento dell'inlay superiore a 50 µm (riferito all'applicazione di entrambi adesivo e cemento composito), fissato come valore limite oltre il quale accuratezza e adattamento del restauro possono risultare compromessi.

Inlay	Dentista 1	Dentista 2	Dentista 3
1	34 µm	32 µm	29 µm
2	38 µm	36 µm	21 µm
3	39 µm	31 µm	20 µm

Tabella 8: Innalzamento dell'inlay dopo adesione di inlay IPS e.max Press con Adhese Universal e Variolink II misurati da diversi dentisti/su diversi denti. R&S Schaan, ottobre 2013

Dopo i test di adesione realizzati con Variolink II non si è avuto alcun eccessivo incremento nell'innalzamento dell'inlay, ossia la precisione del restauro non è stata influenzata negativamente.

Conclusione: L'innalzamento minimo dell'inlay conferma le proprietà di Adhese Universal nel formare un film di spessore ridotto e pertanto la sua idoneità d'utilizzo nei restauri indiretti.

8.5 Adhese Universal – penetrazione nella dentina: adesione e desensibilizzazione

Caratterizzazione ultramorfologica della dentina dopo applicazione di adesivo sperimentale – Adhese Universal: Report finale. M. Lopes. Università di Lisbona, Portogallo. Agosto 2013 Manuela Lopes, dell'Università di Lisbona, ha condotto un'analisi ultramorfologica di Adhese Universal su dentina tramite microscopia elettronica.

Metodo: Nel presente studio sono stati utilizzati 56 molari umani estratti (refrigerati in soluzione di clorammina allo 0,5% fino a un mese dalla estrazione). I denti sono stati lasciati in acqua distillata a 37°C per 24 ore, quindi è stato rimosso lo smalto occlusale con sega diamantata Isomet 1000 (Buehler Ltd) ottenendo 56 dischi di dentina di spessore pari a $800 \pm 200 \mu\text{m}$ sezionando a bassa velocità. Sulla superficie occlusale è stato creato dello smear layer standard sabbiando ad umido con carta abrasiva al carburo di silicio (Sic) a granulometria 600 per 60 secondi. Per i gruppi Total-Etch le superfici sono state mordenzate per 15 sec. È stato quindi applicato Adhese Universal sulle superfici dentinali e i campioni sono stati suddivisi random in quattro gruppi uguali (n=14).

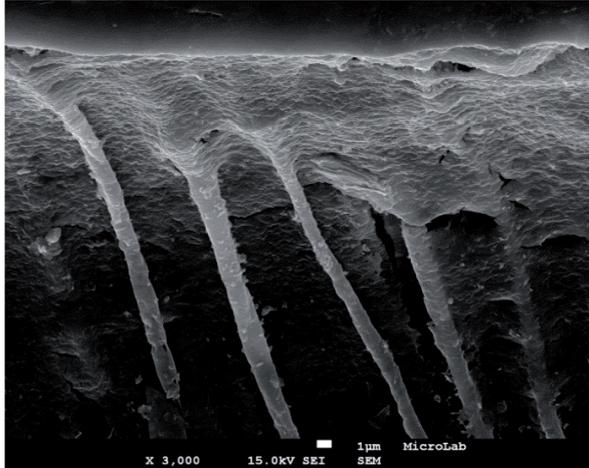
Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4
Self-Etch		Total-Etch	
Asciutto	Bagnato	Asciutto	Bagnato
Dentina asciugata con soffio d'aria compressa per 5 sec.	Eccesso d'acqua asciugato tamponando con batuffolo di cotone umido.	Applicazione di acido fosforico lasciandolo agire 15 sec., poi rimosso con risciacquo per 10 sec.	Applicazione di acido fosforico lasciandolo agire 15 sec., poi rimosso con risciacquo per 10 sec.
		Asciugatura con soffio d'aria compressa per 5 sec.	Eccesso d'acqua asciugato con batuffolo di cotone umido.
L'adesivo è stato frizionato sulla superficie della dentina per 20 sec. quindi disperso con soffio d'aria compressa per 10 sec.			

Tabella 9: Denti umani raggruppati secondo le tecniche Self-Etch, Total-Etch, in ambiente bagnato o asciutto. *Lopes, Università di Lisbona, agosto 2013*

Dopo l'applicazione di Adhese Universal, è stato applicato uno strato di 1 mm di Tetric EvoFlow sulla dentina tratta e fotopolimerizzato per 40 secondi. I campioni sono stati quindi sottoposti a indagine ultramorfologica mediante microscopio elettronico a scansione (SEM)

Risultati: Entrambi i gruppi SE (in ambiente asciutto e bagnato) hanno evidenziato una zona di interdiffusione resina-dentina sigillata e resistente agli acidi. Adhese Universal è penetrato profusamente nei tubuli dentinali fino a $100 \mu\text{m}$ di profondità in tutti i campioni analizzati (cfr. immagine 23a-b). Lo strato ibrido era di spessore pari a $0,6 - 0,8 \mu\text{m}$. In entrambi i gruppi TE (in ambiente asciutto e bagnato) lo strato ibrido risultava più spesso e pari a $3,5 - 5,0 \mu\text{m}$, e densamente infiltrato (cfr. immagine 24a-b). Gli zaffi resinosi dalla forma conica mostravano una ibridizzazione triangolare a livello peritubulare, caratteristica della maggior parte dei sistemi total-etch.

SELF-ETCH – asciutto



SELF-ETCH - bagnato

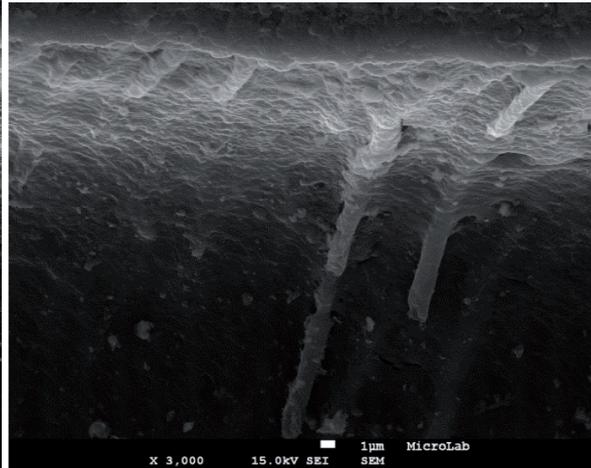
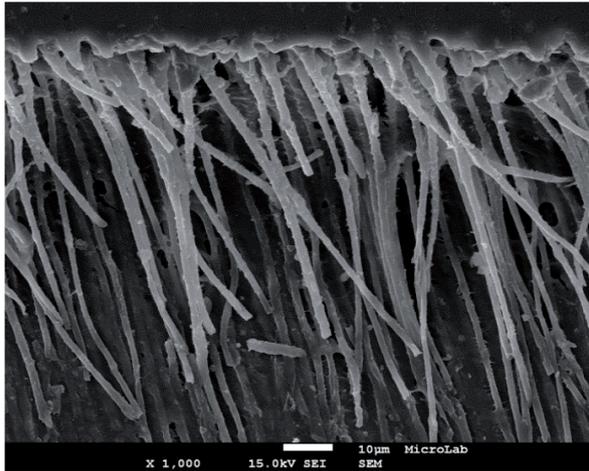


Fig. 23 a-b: Visione al SEM (x 3000) dei tubuli dentinali dopo applicazione di Adhese Universal con tecnica self-etch in condizioni asciutte (sinistra) e bagnate (destra). *M. Lopes, Università di Lisbona, agosto 2013*

TOTAL-ETCH – asciutto



TOTAL ETCH - bagnato

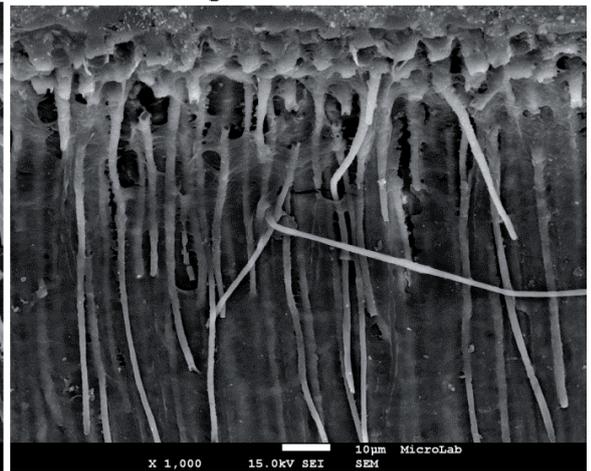


Fig. 24 a-b: Visione al SEM (x 1000) dei tubuli dentinali dopo applicazione di Adhese Universal con tecnica total-etch in condizioni asciutte (sinistra) e bagnate (destra). *M. Lopes, Università di Lisbona, agosto 2013*

Conclusioni: Le immagini al SEM mostrano una sigillatura e un ancoraggio meccanico relativamente uniforme dei tubuli dentinali in ogni condizione, avvalorando così la capacità di Adhese Universal di generare un forte legame adesivo con la dentina fornendo al contempo protezione da ipersensibilità. Nelle immagini 24a-b sono visibili tubuli più sigillati rispetto alle immagini 23a-b (a prescindere dall'ingrandimento) per via della tecnica total etch che rimuove lo smear layer. La similarità dei risultati nei substrati asciutti e bagnati confermano la ridotta sensibilità alla tecnica di Adhese Universal.

9. Indagini cliniche

I trial clinici rimangono la strada più affidabile per testare l'efficacia clinica di un trattamento restaurativo con gli adesivi.³³ Attualmente sono disponibili i risultati baseline raccolti nel corso di una indagine clinica interna. I follow-up sono previsti a 6 mesi, 1 anno, 2 e 5 anni. Indagini cliniche esterne verranno avviate dagli inizi del 2014.

Report baseline: Comportamento clinico di Adhese Universal in cavità di Classe I e Classe II. Dipartimento di R&S Clinico Schaan, Liechtenstein. Dicembre 2013

Introduzione

Adhese Universal è stato utilizzato nella Clinica interna Ivoclar Vivadent. Al momento sono disponibili i risultati allo stato baseline. La priorità principale di questo studio-osservazione era monitorare il comportamento di Adhese Universal con tecnica etch & rinse (total-etch) in otturazioni di cavità di Classe I e II. Questa tecnica presenta infatti il rischio più elevato di sensibilità postoperatoria.

Metodo: 40 restauri verranno realizzati da 4 diversi dentisti della Clinica interna Ivoclar Vivadent utilizzando Adhese Universal con la tecnica etch & rinse (total-etch) su denti vitali. Al momento sono stati realizzati 32 restauri.

Adesivo: I margini smaltati delle cavità sono stati condizionati con Total Etch per 30 secondi, la dentina è stata condizionata per 15 secondi. Il gel mordenzante è stato rimosso con acqua e la cavità è stata asciugata fino a ottenere uno schema di mordenzatura bianco e visibile sullo smalto. Partendo dallo smalto, Adhese Universal è stato quindi frizionato sulle superfici cavitari per 20 secondi, quindi disperso con getto d'aria e polimerizzato con Bluephase Style per 10 secondi.

Composito: Come opzione, sarebbe possibile applicare uno strato iniziale di Tetric EvoFlow polimerizzandolo poi separatamente. Tutti i restauri sono stati quindi realizzati con Tetric EvoCeram Bulk Fill in strati incrementali di massimo 4 mm di spessore. Ciascuno strato è stato polimerizzato per 10 secondi con Bluephase Style.

Ogni dentista ha condotto una valutazione baseline a circa 1 settimana dal posizionamento dell'otturazione. È stata eseguita un'indagine clinica, e sono state valutate l'integrazione estetica del restauro e la qualità marginale. Ai pazienti è stato chiesto di esprimere una valutazione personale in merito alla sensibilità postoperatoria e all'occlusione. Per valutare i restauri sono stati utilizzati criteri di valutazione FDI³⁴. α = comportamento clinico eccellente, $\alpha 2$ = comportamento clinico buono, β = comportamento clinico soddisfacente, γ = comportamento clinico insoddisfacente (ma riparabile) e δ = comportamento clinico insoddisfacente (necessaria sostituzione). Qualsiasi problematica occlusale è stata verificata e se necessario corretta.

Risultati: Qui di seguito vengono riportati esclusivamente i risultati di rilevanza per l'adesivo (non vengono presi in esame qui gli aspetti di valutazione estetica delle otturazioni). Delle 32 otturazioni realizzate, 13 erano di Classe I, 19 di Classe II. Ciascun clinico ha scelto liberamente se utilizzare Adhese Universal in formato flacone o VivaPen.

Applicazione di Adhese Universal: L'applicazione con VivaPen (brush incorporato) è stata valutata priva di problematiche al pari del formato in flacone. La viscosità del materiale ha consentito un rapido umettamento di tutte le superfici destinate all'adesione. Dopo dispersione dell'adesivo mediante forte getto d'aria è rimasto un film sottile e visibile. Non è stata osservata alcuna formazione di accumuli. La sensibilità alla luce è stata irrilevante e non c'è stata alcuna precoce polimerizzazione del materiale. I compositi Tetric EvoFlow e Tetric EvoCeram Bulk Fill sono risultati di facile applicazione sullo strato adesivo e hanno mostrato un buon adattamento alle pareti cavitari.

Sensibilità postoperatoria: Tutti i restauri sono stati valutati a 1 settimana ottenendo α (100%). Nella valutazione effettuata dal clinico avvalendosi di spray d'acqua fredda e disturbo meccanico è stata infatti rilevata l'assenza di ipersensibilità nonché normale vitalità. Ai pazienti è stato chiesto di esprimere separatamente la propria opinione sulla sensibilità postoperatoria nella prima settimana. 30 di essi hanno riportato assenza di ipersensibilità (α), 2 pazienti hanno manifestato sensibilità postoperatoria dopo il posizionamento, scomparsa il giorno seguente. In questi due casi la sensibilità postoperatoria è stata auto-valutata $\alpha 2$: sensibilità minima, temporalmente limitata, normale vitalità.

Qualità del restauro: 25 restauri su 32 sono stati valutati con il massimo voto: α . 7 otturazioni hanno ricevuto $\alpha 2$ per la presenza di margini biancastri nonostante la lucidatura – il 25% massimo del margine dell'otturazione è stato interessato da questo fenomeno.

Le immagini sottostanti si riferiscono a uno dei restauri con Adhese Universal valutati α (a una settimana):



Fig. 25a: Situazione di partenza – insufficiente otturazione in amalgama nel dente 26



Fig. 25b: Applicazione di Adhese Universal



Fig. 25c: Dopo il restauro con Adhese Universal e Tetric EvoCeram Bulk Fill. Caratterizzazione delle fessure e lucidatura dei margini.



Fig. 25d: Situazione baseline a 1 settimana circa. Margini perfetti (α) e performance clinica ineccepibile.

Immagini: R&S Clinico Schaan, dicembre 2013

Conclusione: Adhese Universal in combinazione con il protocollo standard etch & rinse (total-etch) ha dato risultati eccellenti in cavità di Classe I e II. I dati baseline consentono di affermare l'assenza di qualsiasi problematicità dell'adesivo a livello di sensibilità postoperatoria. L'applicazione con VivaPen è risultata pratica e senza problemi.

10. Biocompatibilità

Introduzione

Al fine di proteggere pazienti e operatori da qualsiasi potenziale rischio biologico, i dispositivi medici devono rispondere a rigidi requisiti. La norma ISO 10993 "Valutazione biologica dei dispositivi medici" definisce come debba essere valutata la sicurezza biologica di un dispositivo medico. I dispositivi medici sono inoltre soggetti alla norma ISO 7405 "Valutazione preclinica di biocompatibilità dei dispositivi medici utilizzati in odontoiatria". La biocompatibilità di Adhese Universal è stata esaminata secondo queste norme.

Citotossicità

La citotossicità esprime l'azione distruttiva di una sostanza o miscela di sostanze verso le cellule. Il saggio XTT viene utilizzato per esaminare se una sostanza causi o meno morte cellulare o inibisca la proliferazione cellulare in una coltura cellulare. I valori XTT₅₀ esprimono la concentrazione di una sostanza che riduce della metà il numero delle cellule. Minore è la concentrazione XTT₅₀ di una sostanza, maggiore è la sua citotossicità.

Il potenziale citotossico di Adhese Universal non polimerizzato è stato testato *in vitro*³⁵. Come previsto in considerazione della sua composizione monomerica, Adhese Universal non polimerizzato nel saggio XTT ha evidenziato un potenziale citotossico con un valore XTT₅₀ di 138,1µg/ml. Quando l'adesivo è polimerizzato, i composti citotossici (monomeri) reagiscono e vengono immobilizzati; pertanto l'azione citotossica dell'adesivo non polimerizzato è temporalmente limitato. Per ridurre il rischio di qualsiasi azione citotossica sulla polpa in cavità molto profonde, le zone in prossimità pulpare devono essere ricoperte selettivamente con un liner all'idrossido di calcio (p.es. ApexCal); e successivamente con un cemento resistente alla pressione (per esempio un cemento vetroionomerico come Vivaglass Liner). Gran parte degli adesivi dentali quando utilizzati clinicamente presentano un potenziale citotossico iniziale analogo, tuttavia ad oggi non risultano effetti negativi. Utilizzato secondo le istruzioni d'uso, Adhese Universal presenta un rischio per pazienti od operatori minimo rispetto al beneficio complessivo che l'uso di questo prodotto comporta.

Genotossicità

La genotossicità esprime la capacità di una sostanza o miscela di sostanze di danneggiare il materiale genetico.

Il potenziale genotossico di Adhese Universal è stato valutato attraverso i test di Ames³⁶. Adhese Universal non ha indotto alcuna mutazione genetica per sostituzione di coppie di basi o per spostamento del quadro di lettura nel genoma dei ceppi usati. Adhese Universal pertanto non è considerato genotossico.

Sensibilizzazione e irritazione

Come tutti i materiali dentali su base resinosa, Adhese Universal contiene derivati acrilici e metacrilici. Questi svolgono un'azione irritante e possono indurre reazioni di sensibilizzazione con possibile insorgenza di dermatiti allergiche da contatto. Le reazioni allergiche sono estremamente rare nei pazienti ma più frequenti tra il personale dello studio dentistico che si trova ad operare quotidianamente con materiale composito non polimerizzato.³⁷⁻⁴³ Tali reazioni possono essere minimizzate assicurando un ambiente di lavoro pulito ed evitando il contatto di materiale non polimerizzato con la cute. I normali guanti da lavoro, in lattice o vinile, non forniscono una efficace protezione dall'azione sensibilizzante di queste componenti.

Conclusione

Avendo testato il potenziale tossico e mutagenico di Adhese Universal, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- Adhese Universal non polimerizzato è citotossico per via della sua composizione monomerica. Dopo polimerizzazione, i monomeri sono immobilizzati all'interno del reticolo polimerico, pertanto l'effetto citotossico subito dopo l'applicazione dell'adesivo è minimo.
- Adhese Universal, in particolare allo stato non polimerizzato, può indurre sensibilizzazione ai metacrilati. Ciò è comune a tutti i materiali dentali su base resinosa.
- Alla luce dei dati disponibili, Adhese Universal non esplica alcuna azione genotossica.

I risultati dimostrano che Adhese Universal non presenta alcun rischio per la salute umana se usato correttamente attenendosi alle istruzioni d'uso. Nei pazienti possibili effetti collaterali, come per esempio reazioni di sensibilizzazione verso i metacrilati, si verificano molto raramente e il rischio è davvero trascurabile se paragonato al beneficio complessivo che l'utilizzo di Adhese Universal comporta.

11. Letteratura

1. Kugel G. J Am Dent Assoc 131, No suppl 1 20S-25S
2. Bowen R L. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of Bis phenol and glycidyl acrylate. 1962; Patent No: 3,066,112.
3. Eisenmann D R (1998). Enamel structure. In: Oral Histology Development, Structure and Function. A R Ten Cate editor. St. Louis: Mosby, pp. 218-235.
4. Schroeder H E. Oral Structural Biology. Thieme; New York 1991
5. Alhadainy H A, Abdalla Al. 2-year clinical evaluation of dentin bonding systems. Am J Dent 1996; 9: 77-79.
6. Van Meerbeek B, Peumans M, Verschueren M, Gladys S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Clinical status of ten dentin adhesive systems. J Dent Res 1994; 73: 1690-1702.
7. Gwinnett A J. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. Am J Dent 1993; 6:7-9.
8. Gwinnett AJ. Dentin bond strength after air drying and rewetting. Am J Dent 1994; 7: 144-148.
9. Buonocore M G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955; 34: 849-853.
10. Silverstone L M, Saxton C A, Dogon I L, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res 1975; 9 (5): 373-387
11. Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Tome A R, Vanherle G, Lopes A B. Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. Dent Mater 1996; 12: 262-71
12. Pashley D H, Ciucci B, Sano H, Horner J A. Permeability of dentin to adhesive agents. Quintessence Int. 1993; 24: 618-631
13. Van Meerbeek B, Vargas S, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. Operative Dentistry 2001. (Supplement 6) 119-144
14. Hashimoto M, Tay F R, Svizero N R, de Gee A J, Feilzer A J, Sano H, Kaga M, Pashley D H. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. Dent Mater 2006; 22: 560-568.
15. van Dijken J W, Sunnegardh-Gronberg K. A four-year clinical evaluation of a highly filled hybrid resin composite in posterior cavities. J Adhes Dent 2005; 7: 343-349.
16. Knitter K, Lösche GM, Blunck U. Effectiveness of Excite/Tetric Ceram in Class-II-restorations after three years. J Dent Res 2005; 84 (Spec Is B):Abstract# 0333.
17. Buonocore M G. Principles of adhesive retention and adhesive restorative materials. J. Am Dent Assoc. 1963 Sep; 67: 382-91.
18. Huget E F, Denniston J C, Vilca J M. Dentin adhesives: a perspective. Military Medicine 1979; 144: 619-620
19. Crim G A, Swartz M L, Phillips R W. An evaluation of cavosurface design and microleakage. Gen Dent 1984; 32: 56-58
20. GfK Healthcare. DDM Jahresbericht 2010. Ivoclar Vivadent. Chairside Bereich
21. GfK Healthcare. ZaBus IV/2010
22. GfK Healthcare. DDM Bericht – 1 Halbjahr 2013. September 2013
23. Frankenberger R, Schipper H M, Roggendorf M J. Adhäsivtechnik 2010 – Etch and Rinse oder Self Etch Systeme? Quintessenz 2010; 61 (5): 537-542
24. Ozer F, Blatz MB. Self-etch and etch-and-rinse adhesive systems in clinical dentistry. Compend Contin Educ Dent. 2013 Jan;34 (1):12-4, 16, 18

25. Cardoso M V, Yoshida Yasuhiro, Van Meerbeek B. Adhesion to tooth enamel and dentin – a view on the latest technology and future perspectives. Chapter 3 from: Roulet J-F, Kappert H F. *Statements – Diagnostics and therapy in dental medicine today and in the future*. Quintessenz Publishing 2009
26. Frankenberger R. Adhäsivtechnik 2009 – Neuigkeiten Tipps und Trends. *Quintessenz* 2009; 60 (4) 415-423
27. The Dental Advisor. Understanding the newest generation of adhesives : Universal Bonding Agents. March 2013 Vol. 30, No.2.
28. Lehmann F, Kern M. Beständigkeit des Klebeverbundes zu Lithiumdisilikatkeramik bei Verwendung verschiedener Primer/Klebersysteme. Endbericht.
29. Haller B, Blunck U. Übersicht und Wertung der aktuellen Bonding-systeme. *ZM* 2003; 93 (7): 48-58
30. Brännström M, Linden LÅ, Åstrom A: The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity. *Caries Res.* 1967; 1: 310-317.
31. Croll T P, Donly KJ. Resin-based Composite Margin Repair. *Inside Dentistry.* 2008, 4, 6
32. Magne P. Immediate dentin sealing: A fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2005. 17;3:144-154
33. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005; 21: 864-881.
34. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, Hiller KA, Randall R, Vanherle G, Heintze SD. FDI World Dental Federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. *J Adhes Dent.* 2010 Aug;12 (4):259-72.
35. Heppenheimer A. Cytotoxicity assay in vitro (XTT-Test). Harlan Report No. 1543002. 2013.
36. Sokolowski A. Salmonella typhimurium and Escherichia coli reverse mutation assay. Harlan CCR Report No. 1543001. 2013.
37. Geurtsen W. Biocompatibility of resin-modified filling materials. *Crit Rev Oral Biol Med* 2000; 11: 333-335.
38. Munksgaard EC, Hansen EK, Engen T, Holm U. Self-reported occupational dermatological reactions among Danish dentists. *Eur J Oral Sci* 1996; 104: 396-402.
39. Sasseville D. Acrylates in contact dermatitis. *Dermatitis* 2012;23:6-16.
40. Geukens S, Goosens A. Occupational contact allergy to (meth)acrylates. *Contact Dermatitis* 2001;44:153-159.
41. Kiec-Swiercynska M. Occupational allergic contact dermatitis due to acrylates in Lodz. *Contact Dermatitis* 1996;34:419-422.
42. Aalto-Korte K, Alanko K, Kuuliala O, Jolanki R. Methacrylate and acrylate allergy in dental personnel. *Contact Dermatitis* 2007;57:324-330.
43. Kallus T, Mjor IA. Incidence of adverse effects of dental materials. *Scand Journal of Dental Research* 1991;99:236-240.

Non possiamo essere responsabili dell'accuratezza, validità o attendibilità delle informazioni fornite da terzi. Per l'utilizzo di queste informazioni non possiamo essere considerati responsabili, sebbene siamo stati avvisati del contrario. L'uso di queste informazioni è interamente a vostro rischio personale. Esse vengono fornite "allo stato dell'arte" "così come sono" e senza alcuna garanzia espressa o implicita, riguardante la commerciabilità, l'utilizzabilità e l'idoneità (senza limitazioni) a un particolare scopo.

La presente informazione viene fornita senza corrispettivo in denaro. In alcun caso né noi né altra parte a noi associata potremo essere considerati responsabili in caso di danno accidentale, diretto, indiretto, specifico, speciale o punitivo (inclusi, e non limitatamente a, danni derivanti dalla perdita dei dati, perdita di utilizzo, o qualsiasi costo per procurarsi informazioni sostitutive) che possa derivare da un utilizzo/non utilizzo vostro o altrui della presente informazione, sebbene noi per primi - o i nostri rappresentanti – siamo consapevoli della possibilità che tale danno possa sorgere.

Ivoclar Vivadent AG
Ricerca e Sviluppo
Servizio Scientifico
Bendererstrasse 2
FL - 9494 Schaan
Liechtenstein

Contenuti: Joanna-C. Todd / Dr Erik Braziulis
Pubblicato: Febbraio 2014
