

## LO SMALTO E LA REAZIONE DI ACIDIFICAZIONE

ALBERTO PUJIA\*  
CARLO CALABRESE\*\*

### Riassunto

*Gli autori descrivono la struttura dello smalto e le sue caratteristiche fisiche. Inoltre descrivono l'utilizzo della mordenzatura in odontoiatria per aumentare la forza di legame tra dente, composito e aderente sia esso un bracket o un restauro adesivo estetico.*

### Parole chiave

*Smalto, dente, mordenzatura, adesione.*

### Abstract

*The authors describe the structure of enamel and his physical characteristics. Besides they describe the use of the etching in dentistry to increase the strength of bond among tooth, composite and adherent both it a bracket or an aesthetical adhesive restoration.*

### Key words

*Etching, enamel, adesion, tooth.*

• Attual Odontostomatol 24 (2): 17-23, 2008

Lo smalto è una struttura acellulare densamente mineralizzata che ricopre tutta la corona anatomica dell'elemento dentale con funzioni protettive.

La superficie apparentemente omogenea, levigata e regolare presenta, ad un modesto ingrandimento, fori di diverso diametro (cribrosità) distribuiti ubiquitariamente oltre ad abrasioni e numerose irregolarità dovute all'uso.

Inoltre l'osservazione clinica evidenzia una superficie finemente corrugata caratterizzata da bande parallele in rilievo (prominenze ondulate) della larghezza di 30-100 micron denominate linee embricate. Esse sono separate da distinte scanalature o spaziature conosciute come pe-

rikimata che rappresentano le terminazioni sulla superficie esterna delle linee incrementali e raffigurano la variazione del decorso dei prismi.

Il colore dipende dalle proprietà di riflessione della luce e varia dal bianco denso degli elementi decidui alle tonalità progressivamente più scure di giallo e di blu grigio nella dentatura adulta e nella senescenza. E' correlato inoltre alla translucenza propria ed al colore della dentina sottostante.

Lo smalto maggiormente calcificato è più traslucido, più trasparente, e di conseguenza appare più evidente il colore della dentina sottostante. Quando è meno calcificato, meno traslucido, meno trasparente diventa invece di un

\*Odontoiatra, Ricercatore Università degli studi di Roma "TorVergata" – Unità Operativa Dipartimentale Complessa di Odontoiatria Ospedale "S. Pertini" Roma.

\*\*Medico, Specialista in "Odontostomatologia", Specialista in "Ortognatodonzia" e specialista in Chirurgia "Odontostomatologica", responsabile Unità Operativa Dipartimentale Complessa di Odontoiatria Ospedale "S. Pertini" Roma.

bianco opaco con il risultato che il colore della sottostante dentina viene nascosto.

Gli elementi decidui essendo meno calcificati di quelli permanenti appaiono più bianchi (e meno resistenti).

Negli elementi permanenti molto vecchi lo smalto si assottiglia per effetto dell'abrasione perciò la dentina sottostante risulta più visibile ed essi appaiono di conseguenza più gialli di quelli più giovani.

Probabilmente il colore più intenso è dovuto anche al fatto che la dentina diviene più scura con il progredire dell'età.

Nei denti umani lo spessore dello smalto varia da circa 2,3-2,5 millimetri a livello delle cuspidi e dei margini incisali ai circa 1-1,3 millimetri sulle superfici laterali per assottigliarsi poi ulteriormente sino ad alcuni micron a livello della giunzione con il cemento radicolare.

Lo smalto è un tessuto incapace, dopo l'eruzione dell'elemento dentale, d'ulteriore accrescimento oppure di riparazione spontanea. Lo smalto è il tessuto più ricco di sali minerali presenti nell'organismo umano. La sua forma matura è costituita dal 95% in peso principalmente da idrossiapatite e da fosfato tricalcico idrato (86% del volume), dal 4% d'acqua (12% del volume) e da 1% di sostanza organica (2% del volume).

Negli elementi della serie decidua la componente minerale è del 92-93% e quell'organica è del 3-4 per cento. I cristalli d'idrossiapatite (cristalliti) costituiscono gli elementi strutturali submicroscopici del tessuto. Sono dei poliedri esagonali lunghi circa 1 micron con un diametro di circa 0,04 micron (1 micron =  $10^{-6}$  metri).

L'insieme di questi, circa 560 unità per micron quadrato, costituiscono il prisma. Compongono anche le strutture circostanti quali la guaina e la sostanza interprismatica.

Le diverse proprietà strutturali e chimico-fisiche che caratterizzano tali componenti si devono al diverso assemblaggio ed orientamento dei cristalliti che sono disposti in modo compatto e con l'asse cristallografico parallelo (longitudinale) all'asse maggiore nel prisma, in modo disordinato nella guaina mentre presentano un'inclinazione di 40 gradi nella sostanza interprismatica.

L'acqua presente è legata in modesta quantità alla sostanza organica ma nella maggior parte è associata alla componente minerale e si suppone che essa costituisca uno strato idratante attorno ai cristalli necessario per facilitare gli scambi ionici ed il trasporto molecolare.

La componente organica è formata dallo 0,6% da carboidrati, lipidi e citrato, dallo 0,4% da peptidi e da proteine presenti circa in eguale quantità.

La natura chimica di queste ultime non è stata ancora completamente determinata in quanto non sono stati identificati amminoacidi specifici ed è per tale ragione che esse vengono designate con il termine generico di proteine. Queste presentano una frazione solubile (circa il 12-25%) ed un'altra insolubile (circa il 70-80%). In ogni modo il

materiale organico è generalmente considerato come un gel amorfo che costituisce una fine, lassa rete fibrillare di 0,1 micron di spessore che occupa tutto lo spazio esistente tra i cristalli. Si rileva soprattutto a livello delle guaine che circondano il prisma.

Tutti questi elementi concorrono in continuità a formare l'unità morfologica elementare del tessuto; il prisma dello smalto, che è costituito dal corpo, dalla guaina e dalla sostanza interprismatica.

Il prisma (corpo) di forma esagonale, grossolanamente cilindrica, è largo circa 5 micron e lungo circa 0,1-1,5 millimetri. Sono disposti in file sovrapposte e sfalsate; un prisma poggia su due prismi sottostanti.

I prismi si presentano come dei bastoncini disposti perpendicolarmente alla superficie del dente.

Quelli posti lungo l'asse centrale della struttura presentano un orientamento (ordinamento) longitudinale parallelo allo stesso addensandosi verso una regione situata sulla linea mediana alla sommità della curvatura mentre quelli posti più lontano dal nucleo divergono progressivamente in direzione laterale con una inclinazione sempre più accentuata, sino ad 80-85 gradi, ed in basso sino a trovarsi al limite esterno quasi perpendicolari all'asse di orientamento.

Talora in alcune regioni coronali, fenomeno questo comune sulle superfici vestibolari degli elementi decidui e nel terzo cervicale di quelli permanenti, si osserva la presenza di uno strato superficiale di smalto laminare privo di prismi dello spessore di circa 20-30 micron. Questa struttura (apristmatica) è caratterizzata dalla presenza esclusiva dei soli cristalli di idrossiapatite orientati perpendicolarmente alla superficie dell'elemento. Tale area appare più solida e meno ricca di materia proteica.

Al disotto di questa è reperibile uno strato di smalto che presenta la tipica struttura prismatico.

La guaina è ben visibile solamente nei tre quarti superiori circa di ciascun prisma, nelle zone cioè dove i cristalli di un prisma incontrano quelli dell'adiacente regione interprismatica con un angolo acuto. Nel terzo inferiore la guaina non è più distinguibile a causa dell'orientamento confluyente dei cristalli nella regione interprismatica che a loro volta incontrano quelli della guaina del prisma successivo con un angolo acuto evidenziandola. Questa disposizione palesa l'aspetto a scaglie di pesce dei prismi osservabile in sezioni trasversali di smalto.

La guaina è composta da cristalli disposti in modo disordinato ed è caratterizzata inoltre da un maggior quantitativo di materiale organico dovuto al maggior spazio disponibile tra i cristalli stessi.

La sostanza interprismatica è anch'essa costituita da cristalliti disposti con una inclinazione di circa 40 gradi rispetto all'asse direzionale del prisma.

Sezionato trasversalmente il prisma presenta una forma a volta le cui estremità sono orientate in direzione apicale;

l'orlo viene definito guaina e la regione circondata da questa viene definita corpo.

Tale distinzione permette di descrivere due particolari immagini che illustrano in maniera differente ma perfettamente sovrapponibile la reale morfologia dell'elemento.

Consideriamo di riunire le estremità libere di una guaina con le tre adiacenti; si verrà a creare un'immagine di un prisma avente la forma di una serratura nella quale si riconosce un corpo ed una estremità rastremata.

Consideriamo invece ora di chiudere la guaina attorno a quattro prismi circolari separati da una regione interprismatica; si verrà così a creare un'immagine a forma di scaglie di pesce.

Si può constatare che l'estremità rastremata del prisma della prima interpretazione è l'equivalente grafico della regione interprismatica dell'altra.

Entrambe le descrizioni sono pertanto equiparabili perché il prisma è delineato esclusivamente dal diverso orientamento spaziale dei cristalli di idrossiapatite e che la composizione del corpo è identica a quella dell'estremità rastremata e dello spazio interprismatico; differiscono solamente per la terminologia espositiva e per la tecnica grafica utilizzata.

Le linee di confine della struttura sono rappresentate da regioni nelle quali i cristalli subiscono una brusca modificazione del loro orientamento evidenziando in tal modo l'effetto ottico di un margine.

Per semplicità espositiva consideriamo l'unità costitutiva fondamentale dello smalto come un insieme strettamente raggruppato di quattro prismi di forma cilindrica disposti in file sovrapposte e sfalsate tra di loro in modo tale che ognuno di essi sia adagiato su due della fila successiva e separato dagli altri dalla sostanza interprismatica.

Nello smalto sono presenti in media 30-40 mila prismi per millimetro quadrato di superficie e complessivi 4-13 milioni di unità a seconda degli elementi dentali.

I prismi originano da una regione prossima alla giunzione amelo-dentinale e con un andamento ondulato senza soluzione di continuità si estendono attraverso tutto lo spessore della corona dentale sino a giungere sulla sua superficie con un'angolazione ortogonale alla stessa.

Presentano un decorso prevalentemente orizzontale a livello delle superfici assiali ed una di-

rezione progressivamente obliqua sino ad una decisamente verticale a livello delle cuspidi.

I prismi tendono ad essere disposti in ordinate file con un andamento a spirale intorno all'asse verticale dell'elemento dentale.

Ciascuno di essi nel proprio decorso presenta tridimensionalmente un tragitto ondulatorio in quanto si piega a sinistra ed a destra sul piano trasversale ed in alto ed in basso sul piano verticale dell'elemento. Periodicamente, dopo circa 4-5 micron di progressione, si osserva un mutamento direzionale.

### Mordenzatura

La mordenzatura dello smalto propone mediante l'uso di un acido debole (acido ortofosforico) di ottenere una dissoluzione dei prismi provocando la formazione di microfessure (irregolarità) ritentive per l'adesione delle resine composite e/o non composite (fluide).

La metodica ha lo scopo di trasformare in scala microscopica una superficie liscia in una superficie porosa o cribrosa nelle quali la resina penetra e si collega meccanicamente.

Le microcavità così ottenute presentano mediamente un diametro di 3-4 micron ed una profondità di 5-30 micron approfondendosi sino a raggiungere ed oltrepassare talora i 50 micron.

Il condizionamento determina una decalcificazione selettiva della componente dovuta alle diverse solubilità delle varie parti ed alla loro morfologia ultrastrutturale.

Didatticamente vengono distinte tre tipi di condizionamento acido dello smalto.



Prismi dello smalto  
Matrice organica

Figura 1: Dente tagliato longitudinalmente a forte ingrandimento

**Tipo 1** – Il prisma è aggredito selettivamente nel suo centro (erosione intra-prismatica) e l'immagine "a favo" è quella osservata dalla maggior parte degli autori e probabilmente la più comune.

**Tipo 2** – Il corpo del prisma rimane intatto e l'azione si manifesta prevalentemente a carico delle zone periferiche che procurano le microritenzioni (erosione inter-prismatica) presentando una morfologia "ad acciottolato".

**Tipo 3** – Si verifica la perdita di tessuto senza esposizione dei prismi e la superficie corrisponde ad un aspetto irregolare che non ricorda più l'immagine prismatica (non prismatica).

L'orientamento dei prismi dello smalto può variare. Se questi sono perpendicolari alla superficie trattata l'acido scioglie in modo preferenziale la parte centrale delle cime dei prismi per dare un profilo a dente di pettine, mentre se i prismi sono paralleli alla superficie dello smalto trattato appariranno incavi e sbalzi. L'orientamento dei prismi influenzerà il modello di porosità ottenuta.

L'effetto mordenzante è maggiore nei prismi orientati perpendicolarmente ed anche la resistenza alla trazione del legame è maggiore con quelli isolati trasversalmente che in quelli isolati longitudinalmente.

I modelli erosivi di tipo intra ed inter prismatici clinicamente si sovrappongono e sono indipendenti dalla metodica utilizzata. Il tipo che non presenta caratteristiche prismatiche è poco efficace per la ritenzione.

Questo si può ritrovare nelle zone con scarso smalto prismatico in superficie (terzo cervicale dei molari e dei premolari) e degli elementi decidui che presentano più frequentemente zone di smalto non prismatico.

Poiché tutti i diversi tipi possono essere contemporaneamente presenti nella stessa area non esiste alcun modello specifico e ripetitivo di condizionamento.

Esistono in commercio differenti tipi di acidi quali il citrico al 10%, il nitrico al 2,5% e l'ortofosforico al 36,5-

37,5% che viene generalmente usato per il trattamento dello smalto dentale.

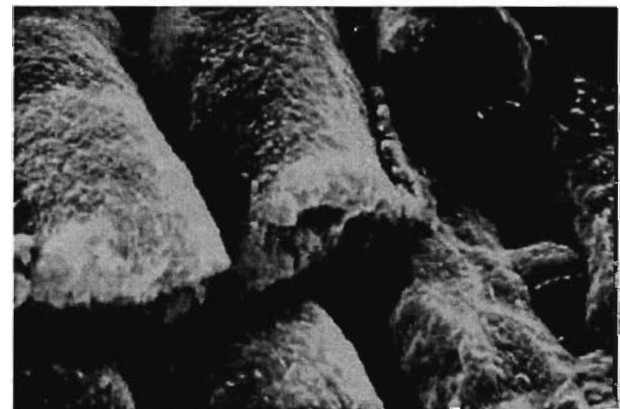
A seconda del loro stato fisico questi sistemi colloidali possono trovarsi allo stato di sol (consistenza viscosa) oppure in quello di gel (consistenza gelatinosa).

Il colorante contenuto nelle preparazioni è sempre di tipo idrosolubile.

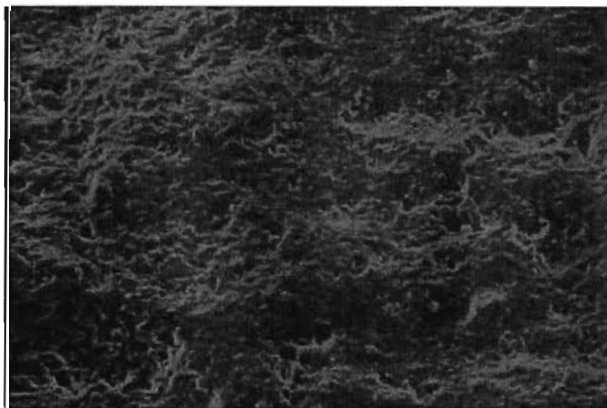
L'applicazione dell'acido ortofosforico deve avere una durata breve inferiore ai sessanta secondi ed una concentrazione adeguata.

Clinicamente impieghiamo soluzioni al 37% in forma di idrogel colorato. Nel prodotto sono presenti il 37% di acido ortofosforico puro associato ad una quantità sufficiente di acqua per formare 100 volumi. La soluzione acquosa contiene inoltre circa il 7% di ossido di zinco che funge da agente tampone. La soluzione viene definita precondizionante.

L'acido ortofosforico al 37% applicato convenzionalmente per 60 secondi sullo smalto produce la migliore porosità creando la classica immagine a nido d'ape. Questo periodo di applicazione provoca una perdita di materiale di circa 10 micron e crea dei canalicoli di profondità di



**Figura 3:** *Prismi dello Smalto*



**Figura 2:** *Usura delle resine composite al microscopio*



**Figura 4:** *Smalto*

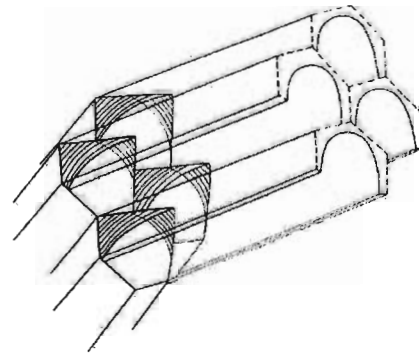
circa 20 micron e modifica la struttura dello smalto per altri 20 micron senza peraltro determinare modificazioni anatomiche del substrato.

L'interessamento dello smalto per una profondità complessiva di circa 50 micron è stato confermato da numerosi autori.

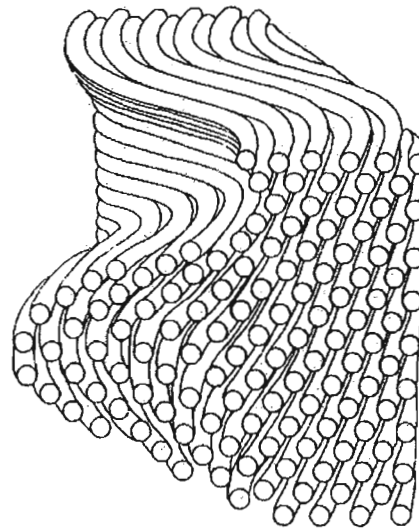
Il tempo di applicazione non deve comunque essere superiore al minuto perché altrimenti potrebbe provocare una eccessiva precipitazione di cristalli di fosfato di calcio i quali occluderebbero le ritenzioni e quindi determinerebbero una scarsa adesione della resina non composita (contaminanti).

Attualmente si preferisce lasciare agire l'acido per un periodo di soli 30 secondi in quanto si ottengono ritenzioni estremamente affidabili per la metodica di adesione dei materiali compositi. Periodi eccessivamente lunghi, invece di generare una regolare tessitura, creano crateri ampi ed irregolari.

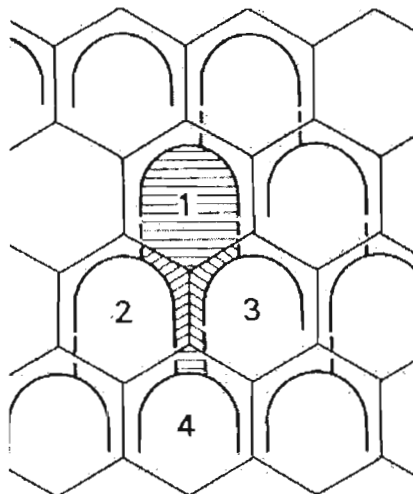
La penetrazione del materiale sino a 25-30 micron



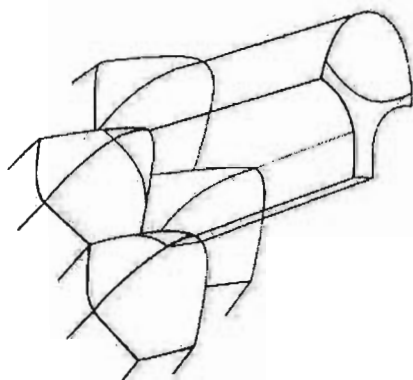
Aspetto grafico a forma di scaglie di pesce



Disposizione dei prismi



Presentazione grafica di prismi



Aspetto grafico a forma di serratura

nello smalto garantisce una forza di trazione alla frattura del legame adesivo di 103,8.Kg/cm<sup>2</sup>.

Tali risultati si ottengono in presenza di smalto pulito con sostanze prive di ioni fluoruro i quali modificano lo stato superficiale del substrato trasformando l'idrossiapatite dello smalto in fluoroapatite molecola che resiste maggiormente all'azione dell'acido ortofosforico rendendo la mordenzatura meno efficace.

La detersione dello smalto permette di rimuovere la placca batterica ma soprattutto quella pellicola proteica salivare che aderisce alla superficie dentale ed impedisce una completa mordenzatura.

Poiché la mordenzatura dello smalto anche seguendo correttamente la metodica può a volte fornire risultati non costanti (smalto aprismatico in superficie, orientamento dei prismi non ortogonale alla superficie) appare indicato estendere l'area da trattare.

Le zone condizionate eventualmente non ricoperte

dall'adesivo non subiscono praticamente danni clinicamente apprezzabili.

Tutti i ricercatori concordano nel ritenere ingiustificato questo timore per il fatto che la perdita di sostanza causata dalla dissoluzione acida sarebbe minima in rapporto allo spessore medio dello smalto ed affermano che la superficie condizionata riacquista il suo normale aspetto microscopico in pochi giorni.

Verosimilmente i meccanismi di tale fenomeno di rigenerazione potrebbe essere collegati alla deposizione di materiale salivare mucide, all'abrasione od erosione fisiologica dello strato di smalto mordenzato ed alla remineralizzazione ad opera dei componenti salivari.

I tempi di permanenza sono in rapporto alla con-

centrazione dell'acido. Per l'acido ortofosforico al 37% consigliamo di farlo agire per 30 secondi tempo di condizionamento più che sufficiente per ottenere la tipica immagine opaca, gessosa e rugosa che gli autori anglosassoni definiscono come "frosted", immagine clinica di avvenuta mordenzatura dovuta alla rifrazione del raggio di luce sulla superficie.

Nel caso non sia evidente l'effetto clinico della mordenzatura (aspetto bianco gessoso) questa dovrà essere ripetuta con le stesse modalità del protocollo precedentemente definito.

Le soluzioni impiegate devono essere manipolate con cura in quanto possono generare localmente escare del tessuto interessato dal contatto oltre ad eventuali irritazioni oculari e del sistema respiratorio.

#### *Tipologia istologica dello smalto mordenzato (Pattern ultrastrutturali)*

Tipo 1 – Azione selettiva sul centro del prisma.

Tipo 2 – Azione selettiva sulla zona interprismatica del prisma.

Tipo 3 – Azione irregolare su entrambe le zone del prisma.

#### *Proprietà fisiche dello smalto*

Carico Unitario di Rottura a C.ompressione (N/mm <sup>2</sup> ).....	384
Carico Unitario di Rottura a Trazione (N/mm <sup>2</sup> ).....	10
Modulo di Elasticità (N/mm <sup>2</sup> ).....	83.000
Durezza Knoop (Kg/f/mm <sup>2</sup> ).....	343
Coefficiente di Dilatazione Termica Lineare (x 10 <sup>-6</sup> /°C) .....	11,4
Densità (g/cm <sup>3</sup> ) .....	2,2
Conduttività Termica (W/mK).....	0,88

Simionato F., 1983

#### **Riferimenti bibliografici**

1. **ATSÜ S.S., GELGÖR I.E., SAHIN V.:** "Effects of silica coating and silane surface conditioning on the bond strength of metal and ceramic brackets to enamel" *Angle Orthod.* 2006 Sep;76(5):857-62.
2. **COZZA P., MARTUCCI L., DE TOFFOL L., PENCO S.I.:** "Shear bond strength of metal brackets on enamel" *Angle Orthod.* 2006 Sep;76(5):851-6.
3. **AMANO S., YAMAMOTO A., TSUBOTA K., RIKUTA A., MIYAZAKI M., PLATT J.A., MOORE B.K.:** "Effect of thermal cycling on enamel bond strength of single-step self-etch systems" *Oper Dent.* 2006 Sep-Oct;31(5):616-22.

4. **TURSSI C.P., SCHIAVONI R.J., SERRA M.C., FRONER I.C.:** "Permeability of enamel following light-activated power bleaching". *Gen Dent.* 2006 Sep-Oct;54(5):323-6
5. **MILLER M.B.:** "Kinder and gentler, or the patient owns the enamel" *Gen Dent.* 2006 Sep-Oct;54(5):313.
6. **HANNIG C., HANNIG M., ATTIN T.:** "Enzymes in the acquired enamel pellicle" *Eur J Oral Sci.* 2005 Feb; 113 (1): 2-13
7. **SERRA R., OTIS L.:** "Quantifying enamel luster" *J Clin Dent.* 2004;15(3):83-7.
8. **KANEHIRA M., FINGER W.J., HOFFMANN M., ENDO T., KOMATSU M.:** "Relationship between degree of polymerization and enamel bonding strength with self-etching adhesives" *J Adhes Dent.* 2006 Aug;8(4):211-6.
9. **CEHRELI S.B., EMINKAHYAGIL N.:** "Effect of active pretreatment of self-etching primers on the ultramorphology of intact primary and permanent tooth enamel" *J Dent Child (Chic).* 2006 May-Aug;73(2):86-90.
10. **YOUSSEF M.N., YOUSSEF F.A., SOUZA-ZARONI W.C., TURBINO M.L., VIEIRA M.M.:** "Effect of enamel preparation method on in vitro marginal microleakage of a flowable composite used as pit and fissure sealant" *Int J Paediatr Dent.* 2006 Sep;16(5):342-7.