



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Neuroscienze

Direttore Prof. Edoardo Stellini

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE CICLO UNICO

ODONTOIATRIA E PROTESI DENTARIA

Presidente Prof.ssa Carla Mucignat

TESI DI LAUREA

**Effetto dello spazzolamento manuale,
elettrico e sonico sulle proprietà di superficie
e sulla ritenzione dei restauri in composito
nei denti decidui. Uno studio in vitro.**

Relatore: Chiar.mo Prof. Sergio Mazzoleni

Correlatore: Dott. Francesco Saverio Ludovichetti

Laureando: Smania Simone

ANNO ACCADEMICO 2025-2026

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUZIONE	5
1.1 Dentatura e dentizione.....	5
1.2 Dentatura decidua.....	6
1.3 Caratteristiche dei denti decidui.....	6
1.4 Igiene orale domiciliare.....	11
1.5 Carie della Prima Infanzia (Early Childhood Caries, ECC).....	18
1.6 Spazzolini da denti.....	23
1.7 Sistemi adesivi in odontoiatria pediatrica.....	24
1.8 Materiali da restauro in odontoiatria pediatrica.....	27
2 SCOPO DELLO STUDIO.....	36
3 MATERIALI E METODI.....	37
4 RISULTATI.....	43
5 DISCUSSIONE.....	46
6 CONCLUSIONE	50
7 BIBLIOGRAFIA.....	51

RIASSUNTO

Presupposti dello studio: La longevità dei restauri in composito nei denti decidui dipende dal mantenimento sia delle prestazioni meccaniche sia dell'integrità superficiale durante le quotidiane procedure di igiene orale. Sebbene gli spazzolini elettrici siano stati ampiamente studiati per il controllo della placca batterica, i loro potenziali effetti sui materiali da restauro nei denti della dentizione primaria rimangono ancora poco caratterizzati. Questo studio preliminare *in vitro* ha valutato l'influenza dello spazzolamento manuale, elettrico oscillante-rotante e sonico sulla microdurezza superficiale, sulla rugosità superficiale e sulla resistenza al distacco di restauri in composito nei denti decidui.

Materiali e metodi: Trenta denti decidui estratti e privi di carie sono stati standardizzati, preparati mediante cavitazione e restaurati utilizzando una procedura adesiva con tecnica *total-etch* e un materiale composito in resina. I campioni sono stati assegnati casualmente a tre gruppi ($n = 10$) in base alla modalità di spazzolamento: manuale, elettrico o sonico. Dopo una simulazione standardizzata di spazzolamento della durata di 2 minuti in condizioni controllate, la microdurezza superficiale è stata misurata mediante un tester di microdurezza Vickers, la rugosità superficiale è stata valutata tramite profilometria a contatto e la ritenzione del restauro è stata analizzata come carico massimo al cedimento mediante una prova meccanica di tipo shear. La morfologia superficiale è stata inoltre analizzata mediante microscopia elettronica a scansione (SEM).

Risultati: Non sono state osservate differenze statisticamente significative tra i gruppi nella microdurezza superficiale ($p = 0,606$) né nel carico massimo di dislocamento ($p = 0,806$). Al contrario, la rugosità superficiale ha mostrato differenze significative in funzione del tipo di spazzolino ($p < 0,001$), con i valori più elevati di Ra registrati nel gruppo sottoposto a spazzolamento sonico. La microscopia elettronica a scansione ha

confermato questi risultati, evidenziando un progressivo aumento delle irregolarità superficiali, delle porosità e dei microdifetti passando dallo spazzolamento manuale a quello sonico. Nelle condizioni sperimentali *in vitro* considerate, il gruppo trattato con spazzolino sonico ha mostrato i maggiori valori finali di rugosità superficiale, mentre non sono state riscontrate differenze significative nella microdurezza o nella ritenzione dei restauri.

Conclusioni: Nelle presenti condizioni *in vitro* a breve termine, lo spazzolamento sonico ha evidenziato i valori più elevati di rugosità superficiale, mentre non sono state osservate differenze significative nella microdurezza o nella ritenzione dei restauri. Questi risultati devono essere interpretati come dati preliminari ottenuti da uno studio *in vitro*.

ABSTRACT

Background: The longevity of composite restorations in primary teeth depends on the preservation of both mechanical performance and surface integrity under daily oral hygiene procedures. While powered toothbrushes have been widely investigated for plaque control, their potential effects on restorative materials in the primary dentition remain insufficiently characterized. This preliminary in vitro study evaluated the influence of manual, oscillating-rotating electric, and sonic toothbrushing on the surface microhardness, surface roughness, and shear resistance of resin composite restorations in primary teeth.

Methods: Thirty extracted non-carious primary teeth were standardized, cavity-prepared, and restored using a total-etch adhesive protocol and a resin composite material. Specimens were randomly assigned to three groups ($n = 10$) according to brushing modality: manual, electric, or sonic. After a standardized 2-minute brushing simulation under controlled conditions, surface microhardness was measured using a Vickers microhardness tester, surface roughness was assessed with contact profilometry, and restoration retention was evaluated as maximum load at failure under shear-type mechanical loading. Surface morphology was further analyzed by scanning electron microscopy.

Results: No statistically significant differences were observed among groups in surface microhardness ($p = 0.606$) or maximum dislodgement load ($p = 0.806$). In contrast, surface roughness differed significantly according to toothbrush type ($p < 0.001$), with the highest Ra values recorded in the sonic group. Scanning electron microscopy corroborated these findings, showing progressively greater surface irregularities, porosities, and microdefects from manual to sonic brushing. Under the present in vitro conditions, the sonic toothbrush group showed the highest final surface roughness values,

whereas no significant differences were observed in microhardness or restoration retention.

Conclusions: Under the present short-term in vitro conditions, sonic toothbrushing resulted in higher surface roughness, while no significant differences were observed in microhardness or restoration retention. These findings should be interpreted as preliminary in vitro results.

1 INTRODUZIONE

1.1 Dentatura e dentizione

Quando si parla di sviluppo e permuta bisogna distinguere due termini frequenti: *dentatura* e *dentizione*. Mentre per *dentatura* si intende il periodo statico in cui non si verifica alcuna modifica nel numero degli elementi presenti in arcata, con il termine di *dentizione* si esprime la situazione dinamica in cui si assiste alla permuta e alla successiva eruzione in arcata degli elementi dentali [1]. La dentizione si sviluppa nell'uomo attraverso fasi evolutive distinte e consecutive che portano alla costituzione di:

- dentatura decidua: dai 6 mesi ai 6 anni;
- dentizione mista: dai 6 ai 12 anni;
- dentatura permanente: dai 12 anni in poi.

Dalla dentatura decidua si passa, attraverso una prima fase di permuta, alla dentizione mista. Gli elementi dentari permanenti che vedono la loro eruzione in questa fase sono gli incisivi centrali e laterali e i primi molari; questi ultimi, essendo elementi monofisari, non sostituiscono alcun elemento deciduo, ma erompono distalmente ai secondi molari decidui. Alla prima fase di permuta segue una fase di arresto, fisiologica nello sviluppo della dentizione, chiamata *periodo intertransizionale*: si tratta di un momento statico in cui di fatto non avviene alcun cambiamento all'interno del cavo orale dove sono presenti gli incisivi centrali e laterali, i primi molari permanenti, i canini, i primi e i secondi molari decidui. Si passa quindi alla seconda fase di permuta, in cui avviene l'esfoliazione degli elementi dei settori laterali delle arcate: canini, primi e secondi molari decidui, sostituiti rispettivamente da canini, primi e secondi premolari. In questo periodo erompono distalmente ai primi molari permanenti anche i secondi molari permanenti, a completamento della dentatura. Il momento preciso di eruzione di ogni dente è variabile da soggetto a soggetto. La variabilità di 6-8 mesi nell'epoca di eruzione dentale risulta essere nella norma [1].

1.2 Dentatura decidua

La dentatura decidua si forma intorno alla sesta settimana di vita intrauterina e l'eruzione inizia dopo la nascita, intorno ai 6 mesi di vita, per completarsi verso i 36 mesi. Questa fase è caratterizzata in genere da una grande quantità di crescita ma anche da un'im maturità morfologica di tutte le componenti scheletriche cranio-maxillo-facciali (in particolare mandibola e articolazione temporo-mandibolare) [1]. I diversi elementi funzionali rappresentati da muscoli, denti e ossa presentano in questo periodo una labilità evolutiva tale che qualsiasi fattore intervenga sulla crescita è in grado di modificarne lo sviluppo; per questo motivo tutto il complesso dento-maxillo-facciale è caratterizzato da una notevole adattabilità [1]. I primi elementi decidui che erompono nel cavo orale sono gli incisivi centrali inferiori (6 mesi), seguiti dai centrali superiori (10 mesi), dai laterali superiori (11 mesi) e infine dai laterali inferiori (13 mesi), seguendo un modello di eruzione tipico detto "a fontana". Successivamente erompono i primi molari (16 mesi), i canini (20 mesi) e infine i secondi molari decidui inferiori (28 mesi) e superiori (32 mesi). Dai 36 mesi, al completamento della fase di eruzione della dentatura decidua, fino ai 6 anni, non si osservano grossi mutamenti a carico della dentatura decidua e si assiste a un primo periodo di stasi, definito periodo intertransizionale [1]. Non si verifica infatti alcuna variazione nel numero degli elementi, ma piuttosto spostamenti dentali, in particolare quelli che possono avvenire poco prima dell'esfoliazione dei primi elementi decidui, a causa del riassorbimento della loro radice da parte dei permanenti in via di eruzione [1].

1.3 Caratteristiche dei denti decidui

Gli elementi decidui presentano peculiari caratteristiche che li differenziano dagli elementi permanenti.

- **Numero.** L'occlusione decidua fisiologica presenta 20 elementi dentali appartenenti a tre classi funzionali di denti: incisivi, canini e molari.
- **Gruppi morfologici.** Nella dentatura primaria manca il gruppo morfologico dei premolari, che compaiono solo in quella secondaria in sostituzione dei molari decidui.
- **Colore.** Lo spessore ridotto e l'opacità maggiore dello smalto dei decidui conferiscono agli elementi dentali un colore tipico lattescente, da cui peraltro deriva il nome di "denti da latte", più chiaro rispetto ai permanenti, che presentano invece un colore variabile tra il giallo e il grigio. Abitualmente, il colore è il primo segno evidente che differenzia un elemento deciduo da uno permanente; l'unico elemento dentale che può essere simile sia per il colore sia per la forma al corrispondente permanente è il canino deciduo.
- **Dimensioni.** Generalmente si attribuiscono ai denti decidui dimensioni mesio-distali inferiori rispetto ai permanenti: ciò non è vero in tutti i settori dell'arcata. Senza dubbio i denti decidui del settore anteriore sono nettamente più piccoli rispetto ai permanenti di sostituzione: il diametro mesio-distale di incisivi e canini decidui infatti è rispettivamente circa il 75 e l'85% dei corrispondenti permanenti. Nel settore posteriore invece, i molari decidui possiedono dimensioni maggiori o al massimo uguali ai premolari di sostituzione: il primo molare deciduo superiore infatti ha dimensioni pressoché uguali a quelle del primo premolare, mentre il secondo molare deciduo

superiore, il primo e il secondo molare deciduo inferiore presentano dimensioni mesio-distali pari rispettivamente al 133, 115 e 138% dei premolari di sostituzione.

- **Morfologia delle corone.** Le corone dei denti decidui hanno una forma panciuta e tozza, contraddistinta da una marcata strozzatura a livello del colletto come si vede nella foto 1. Il contatto tra un dente e quello adiacente non è localizzato in un unico punto, come avviene nei denti permanenti, ma è rappresentato da una superficie, a causa della minore convessità coronale dei versanti mesiali e distali. L'altezza cuspidale è ridotta sia costituzionalmente sia come conseguenza dell'abrasione fisiologica.
- **Morfologia delle radici.** Le radici dei denti decidui sono sottili, con apici molto appuntiti, e risultano proporzionalmente più lunghe rispetto alle dimensioni della corona, se confrontate con quelle dei denti permanenti (come si vede nella foto 2). Nei molari inoltre, le radici divergono a partire dalla zona del colletto per alloggiare al loro interno le gemme dei permanenti.
- **Spessore dei tessuti dentali.** Lo spessore ridotto insieme a una durezza minore e a una permeabilità maggiore dei tessuti duri conferiscono ai decidui una struttura meno resistente rispetto a quella dei permanenti e quindi facilmente esposta a processi cariosi spesso destruenti.
- **Camera pulpare.** L'anatomia pulpare si presenta ampia rispetto alle dimensioni coronali e la superficialità della camera

pulpare rende gli elementi decidui facilmente esposti a fenomeni pulpitici, in seguito a processi cariosi.

- **Istologia.** Lo smalto dei denti decidui presenta una struttura prismatica meno regolare e una maggiore porosità, fattori che ne aumentano la suscettibilità ai processi cariogeni e all'usura. La giunzione amelo-dentinale risulta meno ondulata rispetto a quella dei denti permanenti, con conseguente riduzione della resistenza meccanica all'avanzamento della carie. La dentina dei denti decidui presenta tubuli dentinali di diametro maggiore e più densamente distribuiti, associati a un più elevato contenuto organico e ad una minore mineralizzazione. Tali caratteristiche determinano una maggiore permeabilità dentinale e una più rapida progressione delle lesioni cariose verso la polpa. La dentina peri-pulpare risulta inoltre più sottile, aumentando il rischio di coinvolgimento pulpare durante le procedure cliniche.
- **Percorso di eruzione.** Il percorso di eruzione degli elementi decidui differisce sostanzialmente da quello dei permanenti. La posizione delle gemme dei decidui è molto superficiale e vicina alla sommità della cresta ossea: il percorso di eruzione intraosseo è quindi abitualmente breve e poco accidentato. Di conseguenza le malposizioni dentali, quali rotazioni o versioni, sono scarse e l'allineamento è generalmente regolare; sono invece più frequenti gli altri tipi di anomalie dentali, quali elementi sovranumerari, geminati o fusi.

Esistono due fenomeni fisiologici di tipo dinamico che interessano le radici e le corone degli elementi decidui e che non riguardano invece i permanenti.

- **Riassorbimento fisiologico delle radici.** Il riassorbimento delle radici di un deciduo permette l'esfoliazione dell'elemento ed è un processo concomitante e correlato all'eruzione del corrispondente permanente. Non sempre però questi due processi avvengono in maniera coordinata. La causa più frequente di mancato riassorbimento radicolare è l'anchilosi dentale, che colpisce con maggiore frequenza i molari decidui, soprattutto nell'arcata inferiore; il meccanismo patogenetico è da ricercare nella fusione tra cemento e osso alveolare attraverso un processo di ossificazione diretta, causato da un alterato metabolismo locale della membrana parodontale. Una simile condizione spinge il permanente a deviare il proprio percorso eruttivo o a rimanere incluso.
- **Abrasione.** L'abrasione dei decidui interessa tutte le superfici che maggiormente entrano in occlusione, ovvero i margini incisali degli incisivi e le cuspidi di canini e molari. Questo fenomeno, dovuto alla struttura stessa della sostanza mineralizzata, è ritenuto fisiologico durante la fase di dentatura decidua ed è direttamente correlato al bruxismo, "parafunzione" presente in quest'epoca e giustificata dall'imaturità morfologica delle componenti scheletriche articolari. I movimenti rotatori della mandibola promuovono infatti un rimodellamento e uno sviluppo dell'articolazione temporo-mandibolare alla ricerca di una stabilità oclusale che

il bambino troverà solo al momento dell'eruzione e del contatto occlusale tra i primi molari permanenti, periodo oltre il quale il bruxismo va considerato una vera e propria parafunzione patologica.



Foto 1. Aspetto macroscopico di un dente deciduo estratto, con evidenza della morfologia radicolare caratterizzata da radici sottili e divergenti tipiche della dentizione primaria.



Foto 2. Dente deciduo estratto: la corona presenta una morfologia ridotta, tozza e globosa, caratteristica dei denti della dentizione primaria.

1.4 Igiene orale domiciliare

Dall'analisi della letteratura è noto che le lesioni cariose si verificano a causa della demineralizzazione dello smalto e della dentina da parte degli acidi organici formati dai batteri presenti nella placca dentale attraverso il metabolismo anaerobico degli zuccheri alimentari [2]. Una delle principali barriere a disposizione dell'organismo è senza dubbio la saliva satura, che contiene calcio e fosfato a pH 7 e promuove il processo di re-mineralizzazione, ovvero deposita minerali nelle aree porose dove è iniziato il processo di demineralizzazione dello smalto o della dentina. Se il pH della cavità orale rimane sufficientemente alto per un tempo adeguato, questo processo può verificarsi; tuttavia, se l'acidità persiste, il processo di demineralizzazione progredisce, aumentando così la porosità dello smalto fino alla formazione di una lesione cariosa [3].

Questo sviluppo richiede zucchero e batteri, ma è certamente influenzato dalla suscettibilità del dente, dal profilo batterico, dalla quantità e qualità della saliva e dal tempo in cui i carboidrati alimentari fermentabili sono disponibili per la fermentazione batterica [3]. Alla luce di queste evidenze e dei molteplici fattori coinvolti, è importante essere in grado di mantenere la cavità orale ben pulita, anche in un neonato, con l'aiuto di tamponi umidi con una soluzione fisiologica dopo ogni suzione, evitando cattive abitudini come i biberon con latte e/o succhi o qualsiasi sostanza zuccherata prima di andare a dormire, prevenendo così una grave forma di carie, la ECC (Early Childhood Caries) [4]. Quindi, alla comparsa dei primi elementi dentali, si può introdurre l'uso dello spazzolino da denti con un manico ergonomico e un'impugnatura antiscivolo, e una testina rotonda e piccola con setole extra morbide. È importante che il bambino prenda confidenza con lo spazzolino da denti. Inoltre, è buona prassi utilizzare un dentifricio al fluoro o un dentifricio contenente principi remineralizzanti, con la supervisione dei genitori che guidano il bambino a lavarsi i denti per almeno 2 minuti, 2 volte al giorno; questo controllo è utile almeno fino ai 7-8 anni. Dai 3 anni in poi, in presenza di dentizione completamente decidua, si dovrebbe utilizzare un dentifricio con 1000 ppm di fluoro, o sempre un dentifricio con principi remineralizzanti fino a 1450 ppm di fluoro [5,6]. Per quanto riguarda l'assunzione di fluoro, che è contenuto nel dentifricio, l'American Dental Association raccomanda l'uso di una porzione di dentifricio delle dimensioni di un chicco di riso fino a 3 anni di età per evitare il rischio di fluorosi (problema legato alla possibile ingestione di dentifricio da parte del bambino), da cui si può poi utilizzare una porzione di dentifricio delle dimensioni di un pisello [7]. Poiché la carie è la malattia infettiva trasmissibile più comune al mondo, sulla base delle evidenze raccolte, è necessario implementare programmi di educazione alla salute orale nelle scuole (sia per i bambini che per i genitori), programmi rivolti ai gruppi più vulnerabili e programmi per la formazione degli operatori sanitari; è inoltre importante prestare attenzione al consumo di

zucchero, un problema correlato ad altre malattie sistemiche come diabete, malattie cardiovascolari, cancro e obesità, e quindi cercare di promuovere programmi di educazione all'igiene orale e nutrizionale nelle scuole. Inoltre, avendo evidenziato la relazione tra condizioni socioeconomiche e carie, è opportuno integrare programmi politici che promuovano un accesso economicamente vantaggioso ai prodotti essenziali per le esigenze dentali e dentifrici al fluoro a prezzi accessibili [8]. Il Sistema Internazionale di Classificazione e Gestione della Carie (ICCMS™) ha fornito chiare indicazioni per un piano di gestione appropriato, che può essere personalizzato per essere preventivo e adattato al rischio di carie attraverso l'esame clinico, la valutazione del rischio e la pianificazione di un'assistenza personalizzata. Il primo passo è la valutazione dei fattori di rischio del paziente correlati alla carie, ovvero radioterapia alla testa e al collo, secchezza delle fauci, pratiche di igiene orale inadeguate, insufficiente esposizione al fluoro topico, elevata frequenza di assunzione di cibi e bevande zuccherate, cure odontoiatriche basate sui sintomi, stato socioeconomico ed esperienza di carie della madre. Successivamente, vengono valutati i rischi intraorali correlati alla carie, come iposialia, fattori PUFA (Polpa esposta, Ulcera, Fistola e Ascesso), esperienza di carie, presenza di placca, presenza di dispositivi o restauri che favoriscono l'accumulo di placca e superfici radicolari esposte. La valutazione della presenza di carie può quindi essere effettuata visivamente e può eventualmente essere associata a un esame radiografico, utilizzando il sistema di classificazione ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) e valutando se queste lesioni sono attive o inattive [9]. Il sistema ICDAS utilizza diversi codici: il primo per i denti sani (codice 0) e i due successivi per la carie limitata allo smalto, macchia bianca/marrone (codici 1 e 2). Le due categorie seguenti (codici 3 e 4) sono considerate carie che si estendono allo smalto esposto privo di dentina. Le restanti due categorie (codici 5 e 6) sono considerate carie con dentina esposta. Il terzo passaggio prevede l'analisi di questi primi dati raccolti per fornire

informazioni sulla probabilità di nuove lesioni e per indicazioni sull'attività delle lesioni evidenziate al fine di sviluppare piani per il trattamento e la gestione della carie [10]. Sono stati sviluppati numerosi strumenti per la valutazione del rischio di carie, come Cariogram, CAMBRA, ADA e AAPD. Il primo utilizza un algoritmo per calcolare la percentuale di rischio combinata con un parere clinico; il secondo per il calcolo del rischio si avvale di istruzioni e del "bilancio della carie", valutando le osservazioni cliniche, i fattori di prevenzione, i fattori di rischio biologici e ambientali e il parere del professionista sanitario; il terzo utilizza moduli che contengono osservazioni cliniche, fattori di prevenzione e fattori di rischio, oltre al metodo menzionato in precedenza. L'igiene orale e le sue buone pratiche dovrebbero iniziare ancor prima dell'eruzione del primo elemento con l'aiuto di tamponi imbevuti di soluzione fisiologica, e poi si dovrebbe passare all'uso dello spazzolino e di dentifrici al fluoro con l'aiuto dei genitori. In questo senso, l'etnia, lo status sociale e il livello di istruzione familiare influenzano lo sviluppo di lesioni al tessuto duro del dente. Infatti, la prevalenza di lesioni cariose è inferiore nei bambini che si lavano i denti più di una volta al giorno e soprattutto in quelli che si lavano i denti prima di andare a dormire con l'aiuto dei genitori. I bambini in età scolare non hanno un programma di spazzolamento regolare né in quantità né in qualità [11]. L'igiene orale nei bambini deve essere integrata fin dai primi mesi di vita per evitare l'accumulo di placca che può favorire l'insorgenza di lesioni cariose nel tempo. Per questo motivo, è essenziale rivolgersi a un team di dentisti e pediatri di fiducia che possano fornire le giuste indicazioni in base all'età del bambino per mantenere una corretta igiene orale a casa. Anche le scuole dovrebbero svolgere un ruolo proattivo nell'educazione all'igiene orale, cercando di offrire programmi mirati all'età dei bambini e, pertanto, basandosi su dati sanitari appropriati. La dieta è importante anche per il mantenimento della salute orale ed è consigliabile iniziare ad avere buone abitudini e una buona alimentazione fin da quando il bambino è neonato. Il latte è un alimento completo ed utile per il

raggiungimento e il mantenimento della salute orale, dato che è una fonte di calcio, che è il costituente base della materia inorganica delle ossa e dei tessuti duri dei denti. Il latte materno è il primo alimento in grado di soddisfare tutte le esigenze nutrizionali, ad eccezione del ferro e della vitamina C, fino a circa il quarto mese di vita [12]. Successivamente, durante la crescita è preferibile mangiare alimenti di ogni tipo, prediligendo alimenti consistenti che richiedono una buona masticazione per stimolare il flusso salivare. È auspicabile che la frequenza dell'assunzione di carboidrati fermentabili sia ridotta e limitata ai pasti principali, dopo i quali è possibile una corretta igiene orale [13]. L'assunzione di questo tipo di alimenti durante il giorno provoca un ripetuto abbassamento del pH, che favorisce la demineralizzazione dei tessuti duri del dente, così come l'uso di un ciuccio zuccherato e l'uso non nutritivo di un biberon contenente bevande zuccherate. In questo caso sono preferibili spuntini a base di frutta e verdura, latte o formaggio. In alternativa, i dolcificanti a basso potenziale cariogenico, che non possono essere fermentati, sono gli alcoli dello zucchero (xilitolo, sorbitolo e mannitolo), i dolcificanti sintetici (aspartame, saccarina, ciclamati e acesulfame-k), i dolcificanti naturali (miracolina, taumatina, monellina, fillodulcina, stevioside e glicirrizina), gli zuccheri ipoacidogeni e i derivati idrogenati dei carboidrati [14]. Un altro aspetto che influenza lo sviluppo e la predisposizione alla carie dentale nei bambini è la composizione della flora batterica orale. *Streptococcus mutans* e *Streptococcus sobrinus*, così come i *Lactobacilli* spp. (questi ultimi sfruttano il saccarosio derivato dal glucosio per distruggere il tessuto dentale), sembrano avere un'associazione con lo sviluppo di lesioni dello smalto poiché metabolizzano gli acidi zuccherini per produrre acidi, contribuendo così alla demineralizzazione della struttura dello smalto dentale. La causa della presenza di *Streptococcus mutans* già nei neonati sembra essere la trasmissione di quest'ultimo dalla madre attraverso la saliva. Oltre a questi, altri batteri sembrano svolgere un ruolo nell'inizio e nella progressione della lesione, come le specie di

Actinomyces e *Bifidobacterium* [15]. Inoltre, uno studio pubblicato nel 2020 ha rilevato altri microrganismi implicati nella progressione delle lesioni cariose: *Candida albicans* risulterebbe abbondante a livello delle lesioni avanzate, insieme a *Streptococcus mutans* e *Scardovia wiggsiae*, mentre *Cryptococcus neoformans* e *Candida sake* sembrano prevalere nelle lesioni primitive [16]. Sulla base di queste considerazioni, è facile comprendere quanto sia importante l'approccio multidisciplinare tra igienisti dentali, dentisti, pediatri e nutrizionisti per garantire uno stato di salute generale del bambino, sia a livello orale che sistemico. L'importanza dell'alimentazione nei bambini è evidente, viste le ripercussioni che può avere sulla salute orale. È consigliabile fornire una consulenza nutrizionale per comprendere meglio le abitudini alimentari di tutta la famiglia, con particolare attenzione all'assunzione di zuccheri e alla quantità giornaliera di qualsiasi alimento contenente carboidrati semplici. È fondamentale garantire un adeguato apporto di energia e nutrienti, come vitamine, minerali e calcio, che consentano la crescita e la formazione dell'organismo; è noto, infatti, che esiste una correlazione tra il consumo di zuccheri fermentabili e lo sviluppo di lesioni cariose. Occorre sottolineare il pericolo derivante dalla frequenza di consumo di questi alimenti, nonché il fatto che prodotti come succhi di frutta o bevande zuccherate favoriscono l'obesità infantile. In Italia, secondo i dati riportati dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS), il 20,4% dei bambini è sovrappeso e il 9,4% soffre di obesità (di cui il 2,4% è gravemente obeso). Ad oggi, la somministrazione locale di fluoro è uno dei trattamenti più efficaci nella prevenzione primaria delle lesioni cariose, come riportato dalle Linee Guida del Ministero della Salute: *"L'effetto preventivo post-eruttivo del fluoro, ottenuto per via topica, è considerato più efficace dell'effetto pre-eruttivo ottenuto per via sistemica"; "Il dentifricio al fluoro rappresenta, pertanto, un mezzo di somministrazione di primaria importanza nella prevenzione della carie"*. È necessario, tuttavia, prestare attenzione alla composizione del dentifricio. Infatti, non tutti rilasciano localmente una quantità sufficiente di fluoro per la prevenzione della carie. Occorre distinguere tra fluoruro ionico

libero, composti profluorurati e composti del fluoro. Il primo tipo ha la capacità di interagire con lo smalto dentale ed esercitare un'attività anticariogena, il secondo tipo precipita durante lo spazzolamento e rilascia fluoruro ionico che può essere efficace nella prevenzione delle lesioni cariose nel tempo, mentre il terzo tipo non ha alcuna efficacia in termini di prevenzione. Diversi studi hanno richiamato l'attenzione sull'efficacia dei dentifrici fluorurati ed è emerso che l'uso di dentifrici fluorurati, in particolare dentifrici contenenti almeno 1500 ppm di fluoro, porta a una significativa riduzione dello sviluppo di lesioni cariose [17,18]. Sono disponibili anche altre formulazioni per la somministrazione topica professionale del fluoro, come gel o vernici, altrettanto efficaci. I gel (con circa 12.300 ppm di fluoro) vengono solitamente applicati con l'ausilio di una maschera, che viene posizionata per circa 4 minuti, mentre le vernici (22.600 ppm), che sono più facili da applicare ed eliminano il rischio di ingestione di fluoro da parte del bambino, vengono applicate e spazzolate sui denti puliti e asciutti [19]. Altri sistemi remineralizzanti utilizzati per la prevenzione primaria sono quelli basati sul fosfato di calcio, come il casein fosfopeptide-fosfato di calcio amorfo, il calcio ammonio fosfato e il vetro bioattivo contenente fosfosilicato di calcio e sodio [20]; studi hanno dimostrato che l'uso di CPP-ACP (casein fosfopeptide-fosfato di calcio amorfo) riduce la rugosità dello smalto, che favorisce l'adesione batterica, ripristinando e riparando gradualmente le aree centrali dello smalto [21]. La mineralizzazione biomimetica da oligopeptide P11-4 è nota anche, in combinazione con l'applicazione di fluoro, come trattamento non invasivo per le lesioni cariose iniziali, capace di rigenerare il tessuto dello smalto e prevenire la progressione delle lesioni. Questo oligopeptide autoassemblante è in grado di formare una matrice biologica, causando la ricrescita dei cristalli di minerali dentali. Questa attività è dimostrata da studi in letteratura, che mostrano che le lesioni cariose primarie trattate con P11-4 sono significativamente ridotte [22]. Infine, meritano attenzione i prodotti a base di idrossiapatite biomimetica sostituita con ioni zinco, come dentifrici o

mousse in grado di interagire con i tessuti biologici. L'efficacia è stata dimostrata dopo un mese di trattamento con dentifricio, grazie alla deposizione di ioni di calcio, fosforo e silicio, formando così un vero e proprio strato di rivestimento sulla superficie dello smalto [23]; la mousse, invece, contiene un'alta percentuale di microriparazione (30%) ed è efficace se applicata quotidianamente per 10 giorni al mese per circa 10 minuti, già dal secondo ciclo di applicazione [24]. L'uso di questi prodotti nella prevenzione primaria sembrerebbe valido nella riduzione del rischio di sviluppo di lesioni cariose nei bambini, avendo proprietà antibatteriche nei confronti dello *Streptococcus mutans* ed essendo efficaci nella prevenzione del biofilm, sulla base del rivestimento biomimetico che creano sulla superficie dello smalto, anche nei bambini [25]. I sistemi remineralizzanti, se il rischio è basso, e le sostanze a base di idrossiapatite biomimetica sostituita con zinco, possono essere utilizzati per adottare misure proattive al fine di evitare l'insorgenza di carie e, soprattutto, un sovradosaggio di sostanze fluorurate, che a lungo termine possono indurre lesioni irreversibili. Infine, ad oggi, sono disponibili alternative non farmacologiche per quei bambini che necessitano di clorexidina per contrastare possibili infiammazioni gengivali, causate dall'accumulo di biofilm batterici, come i probiotici, che sono altrettanto efficaci [26]. Tuttavia, può essere utilizzata allo 0,05% con la composizione aggiuntiva a base di fluoro sotto forma di collutorio per un periodo prolungato (non più di un mese di trattamento).

1.5 Carie della prima infanzia (Early Childhood Caries, ECC)

La carie della prima infanzia (ECC) è ancora una delle malattie più diffuse tra i bambini in tutto il mondo. L'ECC non colpisce solo la salute orale dei bambini, ma anche la loro salute generale [27,28]. Oltre al dolore orale, ai problemi ortodontici e ai difetti dello smalto, possono verificarsi anche problemi di alimentazione e di linguaggio, nonché un aumento del rischio di sviluppo di carie nella dentizione permanente [29]. La perdita prematura della dentizione primaria spesso porta a problemi ortodontici in età adulta [30].

Non solo i bambini ne sono colpiti, ma anche i genitori, in quanto responsabili della loro cura, ne risentono [29,30]. Ad esempio, i problemi dentali si sono rivelati la principale causa di ricovero ospedaliero dei bambini in Australia nel 2015 [31]. Pertanto, l'ECC non causa solo dolore temporaneo, ma soprattutto ha un impatto significativo sulla qualità della vita della famiglia/dei caregiver, comprese le implicazioni finanziarie e sanitarie [32,33]. Come affermato in precedenza, la carie della prima infanzia (ECC) è ancora una delle malattie più diffuse al mondo. L'incidenza della ECC tra i bambini con denti decidui è di 1,76 miliardi (95% CI: 1,26 miliardi; 2,39 miliardi) [34]. È interessante notare che la ECC non è limitata ai bambini con un basso status socioeconomico (SES) [35,36]. Dati recenti, ad esempio, dall'Australia mostrano una prevalenza di oltre il 50% di bambini di 6 anni con carie sui denti decidui [31]. Dati provenienti da diverse parti del mondo mostrano fino all'89,2% di bambini con ECC in Qatar e al 36% in Grecia [37]. Una prevalenza simile (circa il 40%) è stata riportata negli Stati Uniti tra i bambini di età compresa tra 2 e 11 anni [38]. Uno studio condotto in Germania evidenzia che l'ECC interessa circa il 10% dei bambini di 3 anni (fino al 26% considerando anche le lesioni iniziali), con una prevalenza che aumenta fino a circa il 50% nei bambini di 6-7 anni. Anche se l'indice dmft (denti cariati mancanti otturati) è diminuito nel tempo in generale, la prevalenza non è diminuita [39]. Tuttavia, uno studio dalla Germania è stato anche in grado di mostrare traiettorie diverse e un aumento dei valori dmft quando si guarda su una scala più piccola a livello regionale [36]. Mentre la maggior parte dei distretti in una città tedesca di medie dimensioni ha mostrato una diminuzione del dmft, il dmft è aumentato in altri distretti nel tempo [36]. Milsom et al. hanno descritto che i bambini con una lesione cariosa già esistente hanno un'incidenza 5-6 volte maggiore di sviluppare nuove lesioni cariose rispetto ai bambini precedentemente senza carie [40]. I problemi del sonno e la mancanza di sonno possono essere identificati anche come fattori di rischio per l'ECC, poiché i problemi del sonno portano a un uso più frequente del biberon notturno

con bevande zuccherate [41–42]. Poiché il ruolo dei genitori non è ancora chiaro rispetto allo sviluppo dell'ECC nei loro figli, diversi studi si sono concentrati su diverse associazioni [43]. Il contesto socioculturale e socioeconomico dei genitori può essere trovato come fattore di rischio per l'ECC, ma lo stress genitoriale non mostra un aumento significativo dell'ECC nei bambini [36,43,44]. Non solo i bambini, ma anche i loro genitori dovrebbero essere motivati a prendersi cura della dentizione primaria per prevenire l'ECC e di conseguenza l'ulteriore sviluppo della carie nella dentizione secondaria [45]. La carie dentale si sviluppa quando la placca dentale, un biofilm polimicrobico, non viene rimossa regolarmente e la dieta è composta principalmente da monosaccaridi. I monosaccaridi possono essere metabolizzati da molti batteri orali, portando a una maggiore produzione di acidi in grado di demineralizzare lo smalto [46,47]. La placca dentale inizia a riformarsi sulla pellicola acquisita subito dopo la sua rimozione meccanica [48]. Nella flora orale sono note più di 700 specie/taxa batterici. Poiché l'habitat orale è costituito da molte nicchie ecologiche diverse, si può spiegare il numero relativamente elevato di specie/taxa diversi. I microrganismi orali sono in grado di interagire tra loro e comunicano principalmente utilizzando il cosiddetto "quorum sensing" (QS) [49]. Oggi è noto che non solo i batteri, ma anche i funghi, come *Candida albicans* e le interazioni interregno, possono favorire la progressione della carie [50]. Tuttavia, i microrganismi che crescono in biofilm polispecie sono in grado di produrre esopolisaccaridi (EPS), noti anche come sostanze polimeriche extracellulari [51]. Grazie agli EPS, i microrganismi sono in grado di resistere agli antimicrobici utilizzati di recente nei dentifrici. Di conseguenza, la formazione del biofilm non viene interrotta e, insieme ai saccaridi assorbiti dalla dieta, porta alla formazione di una placca dentale cariogenica [52]. La placca dentale sullo smalto clinicamente sano dei bambini è costituita principalmente da streptococchi e attinomiceti [53]. Con una dieta a basso contenuto di zuccheri, questi microrganismi vivono come commensali in un ambiente

omeostatico controllandosi a vicenda. Non appena vengono consumati zuccheri, soprattutto cibi e bevande zuccherate, il microbiota commensale della placca assorbe questi saccaridi e li metabolizza in acidi, principalmente acido lattico. Questa produzione di acido porta a uno spostamento del pH da circa 7 (neutro) a un pH < 5,5 (acido). I batteri tolleranti agli acidi, principalmente streptococchi mutans, sono in grado di sopravvivere in questi ambienti acidi. Quando le abitudini di igiene orale e le abitudini nutrizionali non cambiano, non è possibile ottenere una riduzione dei microrganismi altamente cariogenici (streptococchi mutans, *Candida* spp. e lattobacilli) [54]. Peterson et al. hanno utilizzato il sequenziamento di nuova generazione (NGS) per identificare la composizione microbica della placca dentale. Hanno mostrato solo lievi differenze tra i biofilm raccolti da bambini con e senza carie: *Streptococcus mitis* e *Streptococcus sanguinis* sono stati trovati in entrambi i gruppi. *Streptococcus* è risultato essere il genere più abbondante (>50% dei microrganismi). *Veillonella*, *Granulicatella*, *Fusobacterium*, *Neisseria*, *Campylobacter*, *Gemella*, *Abiotrophia*, *Selenomonas* e *Capnocytophaga* sono stati trovati anche in abbondanza tra l'1 e il 10% del biofilm [55]. Simon-Soro et al. hanno anche rilevato specie di *Lactobacillus*, note come batteri resistenti agli acidi, associate alla carie [56]. Teng et al. hanno utilizzato campioni *in vivo* da uno studio di coorte di 3 anni e hanno dimostrato, con l'aiuto della modellazione matematica, che *S. mutans* non era il principale fattore scatenante della carie, ma hanno identificato invece *Veillonella* spp. e *Prevotella* spp.. *Veillonella atypical*, *V. dispar* e *V. parvula*, così come *Prevotella* spp., sono stati identificati come batteri che sono principalmente responsabili dello sviluppo di ECC [57]. In conclusione, la carie della prima infanzia si sviluppa non appena la placca dentale non viene rimossa adeguatamente e si consuma una dieta ricca di zuccheri, in particolare cibi e bevande zuccherati. Ciò porta a un cambiamento del metabolismo, con il microbiota della placca dentale che produce principalmente acidi lattici che demineralizzano lo smalto. La carie della prima

infanzia (ECC) è nota per essere una malattia multifattoriale. Cibi e bevande zuccherate possono portare a uno stato di disbiosi della composizione microbica causando la carie. Poiché l'ECC è anche nota come "carie da biberon", le pratiche di alimentazione sono considerate il principale fattore di rischio per lo sviluppo dell'ECC [58]. In questo caso, gli incisivi e i molari superiori sono colpiti per primi, seguiti dai molari della mandibola e infine dagli incisivi della mandibola. I bambini che dormono con il biberon pieno di tè o latte zuccherato contenente diversi zuccheri cariogeni sono ad alto rischio di sviluppare l'ECC. Come conseguenza del consumo notturno, senza eliminazione degli zuccheri, i batteri orali produrranno rapidamente acido lattico, demineralizzando lo smalto [59]. Oggigiorno, non solo i biberon, ma anche molti altri succhi di frutta zuccherati consumati durante il giorno o anche di notte aumentano il rischio di sviluppare la carie. Altri fattori importanti che aumentano il rischio di sviluppare l'ECC sono lo spazzolamento irregolare dei denti (rimozione meccanica della placca) e/o lo spazzolamento dei denti senza la supervisione di alcun operatore sanitario. Pertanto, dovrebbe essere applicato uno spazzolamento accurato dei denti sotto supervisione due volte al giorno [60].

Per quanto riguarda la prevenzione della ECC, l'American Academy of Paediatric Dentistry ha evidenziato l'importanza di alcune misure preventive:

- I bambini non devono addormentarsi con il biberon.
- I genitori dovrebbero incoraggiare il bambino a bere da una tazza a partire dal primo anno di vita e a perdere l'abitudine dell'uso del biberon attorno ai 12-24 mesi di età.
- L'assunzione di succhi di frutta da biberon o da bottiglie dovrebbe essere evitata, preferendo l'uso di una tazza.
- Le manovre di igiene orale dovrebbero essere intensificate dopo l'eruzione del primo molare deciduo.

- È consigliabile una visita odontoiatrica nel periodo compreso tra i 6 e i 12 mesi in seguito all'eruzione del primo dente deciduo per educare i genitori e provvedere a una precoce guida verso la prevenzione della patologia parodontale.
- Bisogna cercare di controllare e ridurre il livello salivare di *Streptococcus mutans* della madre o di chi ha contatto con il neonato, per prevenire la trasmissione e ridurre il rischio del bambino di sviluppare la patologia cariosa.

1.6 Spazzolini da denti

Vi è un accordo generale sul fatto che il principale fattore che contribuisce alla salute orale sia la rimozione regolare e accurata della placca dentale, tipicamente mediante uno spazzolino da denti. Gli spazzolini da denti sono disponibili in molti modelli diversi, che variano per forma del manico, testina, disposizione delle setole e forma dei filamenti. La testina, in particolare, è in continua evoluzione per migliorarne l'efficacia. Gli spazzolini elettrici sono in uso dagli anni '40, inizialmente con dispositivi dotati di testina circolare o rettangolare. Oggi gli spazzolini elettrici sono ampiamente utilizzati e dimostrano benefici in termini di riduzione della placca dentale e della gengivite rispetto agli spazzolini manuali sia a breve che a lungo termine. Grazie a queste prestazioni di pulizia e alla facilità d'uso, gli spazzolini elettrici stanno diventando sempre più diffusi. Sul mercato sono disponibili diversi tipi di spazzolini elettrici con diverse configurazioni della testina e modalità di funzionamento. Lo spazzolino elettrico sonico ad alta frequenza con movimento laterale delle setole e lo spazzolino elettrico oscillante-rotante sono le modalità di funzionamento più diffuse e studiate a livello mondiale. Quasi un decennio fa, una solida revisione sistematica Cochrane ha condotto un confronto diretto tra spazzolini elettrici con diverse modalità d'azione per quanto riguarda la riduzione della placca e della gengivite. A quel tempo, non si potevano trarre conclusioni definitive sulla

superiorità di un tipo di spazzolino elettrico rispetto ad un altro. Recentemente è stata pubblicata una meta-analisi di rete sugli effetti di spazzolino elettrico sonico ad alta frequenza, spazzolino elettrico oscillante-rotante e spazzolino manuale. La meta-analisi è stata limitata a studi clinici randomizzati controllati (RCT) con una durata fino a 3 mesi nel periodo 2007-2017 e disponibili nel database di un produttore di spazzolini elettrici. L'analisi ha infine raccomandato ai pazienti con vari gradi di sanguinamento gengivale di utilizzare lo spazzolino elettrico oscillante-rotante rispetto allo spazzolino elettrico sonico ad alta frequenza per migliorare il controllo della placca e i parametri dell'infiammazione gengivale [61]. Un'altra revisione sistematica ha confrontato gli Spazzolini elettrici e gli spazzolini manuali per la salute orale senza limitazioni sulla durata dello studio. Questa revisione ha concluso che uno spazzolino elettrico è più efficace nel ridurre la placca dentale, la gengivite e il sanguinamento rispetto ad uno spazzolino manuale [62]. Sulla base di studi condotti esclusivamente nell'ultimo decennio, una recente revisione sistematica ha inoltre concluso che vi sono alcune prove a sostegno dell'ipotesi che gli spazzolini elettrici oscillanti-rotanti possano rimuovere più placca e ridurre il numero di siti di sanguinamento meglio di altri spazzolini elettrici, inclusi gli spazzolini elettrici sonici ad alta frequenza [63].

1.7 Sistemi adesivi in odontoiatria pediatrica

La forza di adesione rappresenta un parametro fondamentale per valutare l'efficacia dei sistemi adesivi in odontoiatria restaurativa. L'adesione alla dentina risulta più complessa rispetto a quella allo smalto, soprattutto nei denti decidui, a causa delle peculiarità morfologiche e strutturali del substrato dentinale. La dentina dei denti decidui presenta infatti differenze significative rispetto a quella permanente, tra cui un minore grado di mineralizzazione, una maggiore densità e diametro dei tubuli dentinali e una diversa composizione chimica. Queste caratteristiche influenzano la permeabilità e il comportamento nei confronti dei sistemi adesivi, determinando una variabilità nei valori

di forza di adesione. Inoltre, la maggiore reattività della dentina decidua ai condizionatori acidi può influenzare la formazione dello strato ibrido e la qualità dell'interfaccia adesiva. I sistemi adesivi utilizzati in odontoiatria possono essere principalmente suddivisi in due grandi categorie: *etch-and-rinse* (total-etch) e *self-etch* (automordenzanti). I sistemi *etch-and-rinse* prevedono una fase separata di mordenzatura con acido fosforico, seguita da risciacquo e successiva applicazione del primer e dell'adesivo. Al contrario, i sistemi *self-etch* semplificano la procedura clinica, poiché la demineralizzazione e l'infiltrazione del monomero avvengono simultaneamente, riducendo il rischio di collasso della rete collagenica. I sistemi *self-etch* sono ulteriormente classificati in: *bifase* (primer acido + adesivo separato) e *monofase* (all-in-one). In odontoiatria pediatrica la riduzione del tempo alla poltrona rappresenta un obiettivo clinico fondamentale nella gestione del comportamento del paziente. In questo contesto i sistemi *self-etch* risultano particolarmente vantaggiosi poiché riducono il numero di passaggi operativi e semplificano la procedura adesiva. Inoltre, grazie alla loro minore acidità rispetto all'acido fosforico utilizzato nei sistemi *etch-and-rinse*, questi adesivi determinano una demineralizzazione più controllata, preservando maggiormente la struttura dentinale residua. Questo aspetto è particolarmente rilevante nei denti decidui, nei quali la minore mineralizzazione li rende più suscettibili a un'eccessiva demineralizzazione. La demineralizzazione e l'infiltrazione simultanea del monomero consentono inoltre una riduzione del collasso delle fibre collagene, favorendo una migliore integrazione del materiale adesivo e una minore formazione di gap marginali [64]. La letteratura scientifica ha ampiamente valutato l'efficacia dei sistemi adesivi nei denti decidui, con risultati talvolta contrastanti. Alcuni studi riportano valori di forza di adesione inferiori rispetto alla dentizione permanente, mentre altri evidenziano risultati simili o addirittura superiori [65–66].

Una meta-analisi ha dimostrato che i sistemi self-etch a due fasi presentano una forza di adesione alla dentina decidua paragonabile a quella dei sistemi etch-and-rinse, con valori non significativamente differenti tra i due gruppi [$P = 0,341$]. Al contrario, i sistemi self-etch a una fase mostrano valori significativamente inferiori rispetto ai sistemi etch-and-rinse [$P = 0,001$] [67]. Le differenze di efficacia tra i sistemi adesivi sono legate a molteplici fattori, tra cui la formazione dello strato ibrido, il pH del sistema e la composizione chimica dei monomeri funzionali. Nel caso dei sistemi self-etch a due fasi, come quelli contenenti 10-MDP, si osserva la formazione di legami chimici stabili con il calcio dell'idrossiapatite, che contribuiscono a una maggiore stabilità dell'interfaccia adesiva [68]. Al contrario, sistemi self-etch a una fase con pH più aggressivo possono determinare una demineralizzazione eccessiva, con conseguente instabilità del collagene e ridotta infiltrazione del monomero [69]. Anche il tipo di solvente influisce significativamente sulla qualità dell'adesione: la presenza di acqua ed etanolo nei sistemi adesivi può migliorare la stabilità della soluzione, mentre un eccesso di acqua residua può compromettere la polimerizzazione e ridurre la resistenza del legame [70].

I risultati complessivi della letteratura suggeriscono che i sistemi self-etch a due fasi rappresentano una valida alternativa ai sistemi etch-and-rinse nei denti decidui, garantendo prestazioni cliniche comparabili e una significativa riduzione del tempo operativo. Al contrario, i sistemi self-etch a una fase non sempre garantiscono performance adeguate e devono essere utilizzati con maggiore cautela. L'utilizzo di sistemi adesivi semplificati è particolarmente rilevante in odontoiatria pediatrica, dove la gestione del comportamento del paziente e la riduzione dei tempi clinici rappresentano fattori determinanti per il successo terapeutico. Le evidenze attuali indicano che i sistemi adesivi self-etch a due fasi possono essere considerati affidabili per l'adesione alla dentina dei denti decidui, con prestazioni comparabili ai sistemi etch-and-rinse. Tuttavia,

i sistemi self-etch a una fase mostrano una minore efficacia e non risultano sempre indicati per l'uso clinico in odontoiatria pediatrica.

1.8 Materiali da restauro in odontoiatria pediatrica

Esiste una vasta varietà di materiali dentali disponibili per il trattamento restaurativo in odontoiatria pediatrica. Considerando la continua evoluzione della scienza dei materiali dentali, vi è una costante necessità di riesaminare la letteratura e determinare le evidenze a supporto del loro utilizzo. Le cure restaurative fanno parte di un piano di trattamento completo per la salute orale, che prende in considerazione molti fattori, tra cui: la valutazione del rischio di carie, la durabilità dei materiali dentali, la sicurezza, lo stato di sviluppo della dentizione, la prevedibile compliance del paziente e la sua capacità di collaborare durante il trattamento. Negli ultimi decenni, i restauri in composito a base di resina hanno assunto un ruolo sempre più rilevante nell'odontoiatria restaurativa pediatrica grazie alle loro proprietà estetiche e adesive. I compositi sono costituiti da una matrice resinosa associata a particelle di riempimento legate chimicamente. La dimensione e la distribuzione di tali particelle influenzano caratteristiche fondamentali del materiale, quali resistenza meccanica, lucidabilità, profondità di polimerizzazione e stabilità dimensionale.

Amalgama. L'amalgama dentale è stata utilizzata come materiale restaurativo di elezione nei settori posteriori per oltre 150 anni. L'amalgama è costituita da una miscela di metalli, tra cui argento, rame e stagno, oltre a circa il 50% di mercurio. Negli ultimi decenni il suo utilizzo è progressivamente diminuito, anche a causa delle controversie relative ai potenziali effetti sulla salute derivanti dall'esposizione ai vapori di mercurio, delle problematiche ambientali connesse al contenuto di mercurio e della crescente richiesta di alternative estetiche. Per quanto riguarda la sicurezza dell'amalgama dentale, una revisione sistematica della letteratura odontoiatrica pubblicata tra il 2004 e il 2008 non ha evidenziato prove sufficienti di associazioni tra il rilascio di mercurio dalle restaurazioni

in amalgama e le diverse patologie o sintomatologie mediche riportate [71]. Inoltre, due studi clinici randomizzati indipendenti condotti su popolazioni pediatriche hanno valutato gli effetti del rilascio di mercurio dalle restaurazioni in amalgama, non riscontrando alterazioni a carico del sistema nervoso centrale e periferico né della funzione renale [72]. Tuttavia, il 28 luglio 2009 la Food and Drug Administration (FDA) statunitense ha emanato una “final rule” che ha riclassificato l’amalgama dentale come dispositivo medico di Classe II, ovvero associato a un certo grado di rischio, introducendo specifiche linee guida comprendenti avvertenze riguardanti: (1) i possibili effetti nocivi dei vapori di mercurio; (2) l’obbligo di dichiarazione del contenuto di mercurio; (3) le controindicazioni nei soggetti con ipersensibilità nota al mercurio. Nello stesso documento, la FDA ha inoltre sottolineato la limitatezza delle evidenze disponibili relativamente agli effetti a lungo termine dell’amalgama dentale su donne in gravidanza, feti in sviluppo e bambini di età inferiore ai sei anni [73]. Per quanto concerne l’efficacia clinica dell’amalgama dentale, i risultati degli studi che ne confrontano la longevità con quella di altri materiali restaurativi risultano talvolta discordanti. La maggior parte delle meta-analisi, delle revisioni basate sull’evidenza e degli studi clinici randomizzati riporta una durabilità comparabile tra amalgama e altri materiali restaurativi [74-75], mentre altri studi evidenziano una maggiore longevità dell’amalgama [76,77]. Le restaurazioni di Classe I in amalgama nei denti decidui hanno mostrato, in una revisione sistematica e in due studi clinici randomizzati, percentuali di successo comprese tra l’85% e il 96% fino a sette anni di follow-up, con un tasso medio annuale di fallimento pari al 3,2%. Analogamente, l’efficacia delle restaurazioni di Classe I in amalgama nei denti permanenti di pazienti pediatriche è risultata compresa tra l’89,8% e il 98,8% fino a sette anni di osservazione [78,79]. Per quanto riguarda le restaurazioni di Classe II nei molari decidui, una revisione sistematica del 2007 ha concluso che l’amalgama presenta una sopravvivenza clinica minima attesa di 3,5 anni, con possibilità di superare i sette anni

[80]. Un limite comune di molti studi clinici che confrontano l'amalgama con altri materiali restaurativi è rappresentato dalla breve durata del follow-up, spesso compresa tra 24 e 36 mesi, periodo nel quale tutti i materiali mostrano prestazioni cliniche simili [81]. Inoltre, alcuni studi possono presentare un rischio di bias dovuto all'assenza di una reale randomizzazione, all'impossibilità di effettuare il mascheramento degli operatori e, in alcuni casi, al supporto economico fornito dalle aziende produttrici dei materiali analizzati. In sintesi, le evidenze scientifiche disponibili supportano l'efficacia dell'amalgama dentale nelle restaurazioni di Classe I e Classe II sia nei denti decidui sia nei denti permanenti. In sintesi, le evidenze scientifiche disponibili supportano l'efficacia dell'amalgama dentale nelle restaurazioni di Classe I e Classe II sia nei denti decidui sia nei denti permanenti, confermando la validità come materiale restaurativo nel corso della sua lunga storia clinica. Tuttavia, il ruolo dell'amalgama nell'odontoiatria contemporanea è stato profondamente ridimensionato dall'introduzione di normative volte alla riduzione dell'esposizione al mercurio e alla tutela della salute pubblica e ambientale. A livello europeo, il Regolamento (UE) 2017/852 sul mercurio ha stabilito, a partire dal 1° luglio 2018, il divieto di utilizzo dell'amalgama dentale per il trattamento dei denti decidui, dei pazienti di età inferiore ai 15 anni e delle donne in gravidanza o in allattamento, ad eccezione di situazioni cliniche specifiche in cui il professionista lo ritenga strettamente necessario. Successivamente, il processo di eliminazione dell'amalgama è stato esteso all'uso odontoiatrico generale nell'Unione Europea a partire dal 1° gennaio 2025, con limitate eccezioni per particolari esigenze mediche. In Italia, tale percorso è stato recepito attraverso il Piano nazionale per l'eliminazione dell'utilizzo dell'amalgama dentale, con l'obiettivo della progressiva dismissione del suo impiego clinico. Pertanto, sebbene l'amalgama abbia dimostrato elevate prestazioni cliniche e una buona longevità nel tempo, la moderna odontoiatria pediatrica si orienta oggi verso materiali alternativi privi di mercurio, come cementi vetroionomerici, vetroionomeri modificati con resina e

materiali compositi, in grado di garantire restauri più conservativi, estetici e compatibili con le esigenze del paziente in crescita.

Resine composite. I restauri in composito a base di resina sono stati introdotti in odontoiatria come materiale restaurativo estetico e vengono sempre più utilizzati per il restauro delle lesioni cariose. I compositi sono costituiti da una matrice resinosa e da riempitivi (filler) legati chimicamente. Essi vengono classificati in base alla dimensione delle particelle di filler, poiché questa influenza la lucidabilità e l'estetica, la profondità di polimerizzazione, il ritiro da polimerizzazione e le proprietà fisiche del materiale. Le resine ibride combinano una miscela di particelle di diverse dimensioni per migliorare la resistenza mantenendo al contempo le caratteristiche estetiche. Le particelle di filler più piccole consentono una maggiore lucidabilità e migliori risultati estetici, mentre quelle di dimensioni maggiori conferiscono resistenza. Le resine fluide (flowable) presentano una percentuale volumetrica di filler inferiore rispetto alle resine ibride. Diversi fattori contribuiscono alla longevità dei restauri in composito, tra cui l'esperienza dell'operatore, la dimensione del restauro e la posizione del dente. Le resine sono più sensibili alla tecnica rispetto all'amalgama e richiedono tempi di applicazione più lunghi. Nei casi in cui l'isolamento del campo operatorio o la collaborazione del paziente siano problematici, il composito a base di resina potrebbe non essere il materiale restaurativo di scelta. Il Bisfenolo A (BPA) e i suoi derivati sono componenti dei sigillanti dentali e dei compositi a base di resina. Tracce di derivati del BPA vengono rilasciate dai materiali resinosi attraverso l'idrolisi enzimatica salivare e possono essere rilevate nella saliva fino a 3 ore dopo il posizionamento del restauro. Le evidenze stanno aumentando nel dimostrare che alcuni derivati del BPA potrebbero comportare rischi per la salute attribuibili alle loro proprietà estrogeniche. La riduzione dell'esposizione al BPA può essere ottenuta pulendo la superficie del restauro con pomice, cotone e risciacquo. Inoltre, la potenziale esposizione può essere ulteriormente ridotta mediante l'utilizzo della diga di

gomma. Considerando i benefici comprovati dei materiali dentali a base di resina e la minima esposizione al BPA e ai suoi derivati, si raccomanda di continuare a utilizzare questi prodotti adottando precauzioni per minimizzare l'esposizione [82]. Nei denti decidui, vi sono solide evidenze che dimostrano il successo dei restauri in composito per le cavità di Classe I [78]. Per quanto riguarda i restauri in composito di Classe II nei denti decidui, esiste uno studio clinico randomizzato che ne dimostra il successo in denti destinati all'esfoliazione entro due anni [83]. Nei molari permanenti, la necessità di sostituzione dei restauri in composito dopo 3,4 anni non differisce da quella osservata per l'amalgama, ma dopo 7–10 anni il tasso di sostituzione risulta più elevato per il composito [84]. È stato riportato che il tasso di carie secondaria è 3,5 volte maggiore nei restauri in composito rispetto a quelli in amalgama [76]. Esistono evidenze provenienti da una meta-analisi che dimostrano come la mordenzatura e l'applicazione di sistemi adesivi su smalto e dentina riducano significativamente la pigmentazione marginale e la presenza di margini clinicamente rilevabili nei restauri in composito [74]. Per quanto riguarda le diverse tipologie di compositi (packable, ibridi, nanoriempiti, macroriempiti e microriempiti), solide evidenze dimostrano prestazioni cliniche complessive simili tra questi materiali [85].

In sintesi, esistono solide evidenze a supporto dell'utilizzo delle resine composite nei denti decidui per restauri di Classe I. Per le lesioni di Classe II nei denti decidui, un solo studio clinico randomizzato ha dimostrato il successo dei restauri in composito per un periodo di due anni. Nei molari permanenti, solide evidenze provenienti da meta-analisi indicano che le resine composite possono essere utilizzate con successo nei restauri di Classe I e II. Inoltre, le evidenze provenienti da una meta-analisi mostrano che gli adesivi per smalto e dentina riducono la pigmentazione marginale e la visibilità dei margini restaurativi nei diversi tipi di composito.

Cementi Vetroionomeri. I cementi vetroionomerici vengono utilizzati in odontoiatria come materiali restaurativi, basi/sottofondi cavitari e cementi da fissazione sin dai primi anni Settanta. Originariamente, i materiali vetroionomerici erano difficili da manipolare, presentavano una scarsa resistenza all'usura ed erano fragili. I progressi nella formulazione dei vetroionomeri convenzionali hanno portato a un miglioramento delle loro proprietà, compresa la realizzazione dei vetroionomeri modificati con resina. Questi materiali hanno mostrato migliori caratteristiche di manipolazione, tempi di presa ridotti, maggiore resistenza e migliore resistenza all'usura. Tutti i vetroionomeri possiedono diverse proprietà che li rendono favorevoli all'utilizzo nei bambini, tra cui: adesione chimica sia allo smalto che alla dentina, coefficiente di espansione termica simile a quello della struttura dentale, biocompatibilità, capacità di assorbire e rilasciare fluoro, e minore sensibilità all'umidità rispetto alle resine. Il fluoro viene rilasciato dal vetroionomero e assorbito dallo smalto e dalla dentina circostanti, rendendo i denti meno suscettibili agli attacchi acidi. Uno studio ha dimostrato che il rilascio di fluoro può continuare per almeno un anno [86]. I vetroionomeri possono agire come un serbatoio di fluoro, poiché possono riassorbirlo da dentifrici, collutori e applicazioni topiche di fluoro [87,88]. Questa protezione fluorata, particolarmente utile nei pazienti ad alto rischio di carie, ha portato all'utilizzo dei vetroionomeri come cementi da fissazione per corone in acciaio preformate, mantenitori di spazio e bande ortodontiche [89].

Sulla base dei risultati di una revisione sistematica e di una meta-analisi, i vetroionomeri convenzionali non sono raccomandati per i restauri di Classe II nei molari decidui [90,91]. I restauri con vetroionomero convenzionale presentano inoltre altri svantaggi, come una scarsa anatomia del restauro e una limitata integrità marginale [92,93]. I restauri in vetroionomero hanno mostrato un tasso di successo superiore rispetto ai restauri in composito nei casi in cui il controllo dell'umidità rappresentava un problema [91].

I vetroionomeri modificati con resina (RMGIC), nei quali la polimerizzazione acido-base è integrata da una seconda polimerizzazione fotoindotta della componente resinosa, hanno dimostrato efficacia nei denti decidui. Secondo una meta-analisi, gli RMGIC hanno un tasso di successo superiore rispetto ai vetroionomeri convenzionali come materiali restaurativi [91]. Una revisione sistematica supporta l'utilizzo degli RMGIC nelle cavità di Classe II di piccole e medie dimensioni [90]. I restauri di Classe II in RMGIC sono in grado di sopportare le forze occlusali nei molari decidui per almeno un anno [91]. Grazie al rilascio di fluoro, gli RMGIC possono essere considerati per restauri di Classe I e II nei molari decidui appartenenti a popolazioni ad alto rischio di carie [92]. Vi sono inoltre alcune evidenze che indicano come il condizionamento della dentina migliori il tasso di successo degli RMGIC [90]. Per quanto riguarda i denti permanenti, una meta-analisi ha riportato una quantità significativamente inferiore di lesioni cariose associate a restauri vetroionomerici su singola superficie dopo 6 anni, rispetto ai restauri in amalgama [93]. I dati di una meta-analisi mostrano che gli RMGIC esercitano una maggiore azione preventiva nei confronti della carie rispetto alle resine composite, con o senza fluoro [94]. Un'altra meta-analisi ha evidenziato che i restauri cervicali (Classe V) con vetroionomero possono presentare una buona ritenzione, ma risultati estetici scadenti [95]. Per quanto riguarda i restauri di Classe II nei denti permanenti, uno studio clinico randomizzato ha evidenziato tassi di fallimento inaccettabilmente elevati per i vetroionomeri convenzionali, indipendentemente dalle dimensioni della cavità. Tuttavia, l'elevato tasso di abbandono dei partecipanti osservato nello studio ne limita la significatività [96]. In generale, non vi sono prove sufficienti a supportare l'utilizzo degli RMGIC come restauri a lungo termine nei denti permanenti. Altre applicazioni dei vetroionomeri, nelle quali il rilascio di fluoro rappresenta un vantaggio, riguardano i restauri terapeutici intermedi (ITR, Interim Therapeutic Restorations) e la tecnica restaurativa atraumatica/alternativa (ART, Atraumatic Restorative Treatment). Queste procedure utilizzano tecniche simili ma

perseguono obiettivi terapeutici differenti. Gli ITR possono essere utilizzati in pazienti molto giovani [97], pazienti non collaboranti o con bisogni sanitari speciali [98], nei quali la preparazione convenzionale della cavità e/o il posizionamento di restauri tradizionali non sono possibili o devono essere rimandati. Inoltre, gli ITR possono essere utilizzati per il controllo della carie nei bambini con multiple lesioni cariose aperte, prima del restauro definitivo degli elementi dentari [99]. Studi in vitro hanno dimostrato che la dentina affetta da carie non compromette l'adesione dei cementi vetroionomerici alla dentina dei denti decidui [100].

L'ART, sostenuta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*) e dall'Associazione Internazionale per la Ricerca Odontoiatrica (*International Association for Dental Research*), rappresenta un metodo per restaurare e prevenire la carie nelle popolazioni che hanno scarso accesso alle cure odontoiatriche tradizionali e può costituire un trattamento definitivo. Secondo una meta-analisi, i restauri ART su singola superficie hanno mostrato elevati tassi di sopravvivenza sia nei denti decidui sia nei denti permanenti [101]. Uno studio clinico randomizzato ha supportato l'utilizzo di restauri su singola superficie indipendentemente dalle dimensioni della cavità e ha inoltre riportato un maggiore successo degli ART nei settori posteriori non occlusali rispetto a quelli occlusali [102]. Per quanto riguarda i restauri ART multisuperficie, le evidenze risultano contrastanti. Secondo una meta-analisi, i restauri ART hanno mostrato tassi di sopravvivenza simili agli approcci convenzionali che utilizzano composito o amalgama per restauri di Classe II nei denti decidui [103]. Tuttavia, un'altra meta-analisi ha evidenziato elevati tassi di fallimento per i restauri ART multisuperficie nei denti decidui [101].

In sintesi, vi sono evidenze a favore dell'utilizzo dei cementi vetroionomerici per i restauri di Classe I nei denti decidui. Esistono solide evidenze a supporto dell'efficacia dei cementi vetroionomerici modificati con resina (RMGIC) per i restauri di Classe I nei

denti decidui, mentre per i restauri di Classe II nei denti decidui il supporto deriva principalmente dall'opinione degli esperti. Non vi sono prove sufficienti per sostenere l'utilizzo dei cementi vetroionomerici convenzionali o modificati con resina come materiali restaurativi a lungo termine nei denti permanenti. Per quanto riguarda la tecnica restaurativa atraumatica (ART), esistono solide evidenze che supportano l'impiego di cementi vetroionomerici ad alta viscosità come restauri temporanei su singola superficie sia nei denti decidui sia nei denti permanenti. Inoltre, i cementi vetroionomerici possono essere utilizzati per il controllo della carie nei bambini con multiple lesioni cariose aperte, prima del restauro definitivo degli elementi dentari.

Compomeri. I compositi a base di resina modificati con poliacidi, o compomeri, furono introdotti in odontoiatria a metà degli anni Novanta. Essi contengono il 72% (in peso) di vetro fluorosilicato di stronzio e la dimensione media delle particelle è di 2,5 micrometri. L'umidità viene attratta all'interno del materiale sia dal monomero funzionale acido sia dallo ionomero basico; tale umidità può innescare una reazione che determina il rilascio di fluoro e la capacità di tamponare gli ambienti acidi. Considerando la capacità di rilasciare fluoro, il valore estetico e le semplici caratteristiche di manipolazione del compomero, questo materiale può essere utile in odontoiatria pediatrica. Sulla base di un recente studio clinico randomizzato, la longevità dei restauri in compomero di Classe I nei denti decidui non era statisticamente diversa rispetto a quella dell'amalgama, ma è stato riscontrato che i compomeri necessitavano di sostituzione più frequentemente a causa della carie ricorrente [78]. Nei restauri di Classe II in compomero nei denti decidui, il rischio di sviluppare carie secondaria e di fallimento del restauro non è aumentato durante un periodo di due anni nei molari decidui [104]. È stato inoltre riportato che i compomeri presentano prestazioni cliniche comparabili a quelle dei compositi per quanto riguarda la corrispondenza del colore, la discromia dei margini cavitari, la forma anatomica, l'integrità marginale e la carie secondaria [105]. La maggior parte degli studi

clinici randomizzati ha dimostrato che i compomeri tendono ad avere migliori proprietà fisiche rispetto ai cementi vetroionomerici e ai cementi vetroionomerici modificati con resina nei denti decidui, ma non sono state riscontrate differenze significative negli effetti cariostatici dei compomeri rispetto a questi materiali [106].

In sintesi, i compomeri possono rappresentare un'alternativa ad altri materiali restaurativi nei denti decidui per i restauri di Classe I e Classe II. Non vi sono dati sufficienti che confrontino i compomeri con altri materiali restaurativi nei denti permanenti dei bambini.

2 SCOPO DELLO STUDIO

Sebbene numerosi studi abbiano valutato l'effetto dello spazzolamento sulle proprietà superficiali delle resine composite utilizzate nei denti permanenti, le evidenze relative ai restauri in composito dei denti decidui risultano ancora limitate. In particolare, l'influenza delle diverse tecnologie di spazzolamento elettrico, inclusi gli spazzolini sonici e oscillanti-rotanti, sulle proprietà meccaniche e superficiali dei restauri nei denti decidui è stata scarsamente indagata. Lo scopo del presente studio in vitro è valutare l'influenza di differenti modalità di spazzolamento (manuale, elettrico oscillante-rotante e sonico) sulle proprietà superficiali e meccaniche di restauri in resina composita eseguiti su denti decidui, attraverso l'analisi della microdurezza, della rugosità superficiale e della resistenza al distacco del restauro. La durezza è comunemente definita come la resistenza di un materiale alla deformazione. Tuttavia, non rappresenta una proprietà intrinseca del materiale, poiché il valore di durezza dipende dalla specifica procedura di misurazione utilizzata. La microdurezza Vickers è un metodo consolidato e appropriato per lo studio delle proprietà dei tessuti dentali duri umani e dei materiali restaurativi odontoiatrici [107]. La rugosità superficiale svolge un ruolo clinicamente rilevante nella longevità dei restauri. Una superficie più ruvida può infatti favorire l'accumulo di placca, promuovendo la maturazione del biofilm e la formazione di carie secondarie [108]. Inoltre, può compromettere nel tempo la qualità estetica e la resistenza alle pigmentazioni del

restauro. È stato dimostrato che superfici con valori di rugosità (Ra) superiori a 0,2 micrometri trattengono quantità significativamente maggiori di placca e risultano più difficili da detergere efficacemente [109]. Il test di resistenza al taglio (shear bond strength) viene frequentemente utilizzato per valutare la forza di adesione dei materiali restaurativi ai tessuti dentali. Uno dei principali vantaggi di questa metodica è la sua relativa semplicità di esecuzione rispetto alla prova di resistenza microtensile. Inoltre, si ritiene che le sollecitazioni di taglio siano maggiormente rappresentative delle reali condizioni cliniche alle quali i materiali restaurativi sono sottoposti dopo il trattamento [110]. Inoltre, mediante microscopia elettronica a scansione (SEM), sono state investigate eventuali modificazioni morfologiche della superficie restaurata. Considerata la limitata disponibilità di dati riguardanti l'impatto dei dispositivi di igiene orale elettrici sui restauri in composito dei denti decidui, il presente studio si propone di contribuire alla comprensione del loro potenziale effetto sulla conservazione a lungo termine delle caratteristiche dei materiali restaurativi.

3 MATERIALI E METODI

Trenta denti decidui non cariati (comprendenti 12 canini e 18 molari), programmati per estrazione a causa di riassorbimento radicolare fisiologico o per motivi ortodontici, sono stati inclusi nel presente studio. Per ridurre l'eterogeneità dei campioni, l'assegnazione ai gruppi è stata effettuata in modo da ottenere la stessa distribuzione dei tipi dentari in ciascun gruppo, ovvero 4 canini e 6 molari per gruppo. Sono stati inclusi solo denti con superficie vestibolare integra e sufficientemente ampia da consentire la preparazione di cavità standardizzate di Classe V. Sebbene siano stati inclusi sia canini che molari decidui, la loro distribuzione è stata bilanciata tra i gruppi, riducendo verosimilmente l'influenza dell'eterogeneità del tipo dentario nelle comparazioni. I denti estratti sono stati conservati in acqua distillata a temperatura ambiente fino al loro utilizzo.



Foto 3. Rappresentazione del campione: 30 elementi dentari decidui estratti destinati allo studio.

Lo studio è stato progettato come un'indagine preliminare pilota in vitro, finalizzata a esplorare l'effetto di differenti modalità di spazzolamento in condizioni di laboratorio standardizzate. A causa della natura esplorativa dello studio e della limitata disponibilità di denti decidui sani estratti idonei ai criteri di inclusione, sono stati inclusi 30 campioni, equamente allocati nei tre gruppi sperimentali. Ogni dente è stato lucidato per 30 secondi mediante una spazzola rotante montata su micromotore operante a velocità costante (40.000 rpm), al fine di ottenere una condizione basale uniforme delle superfici dentarie. Le cavità standardizzate di Classe V sono state preparate sulla superficie vestibolare di tutti i campioni utilizzando la stessa fresa diamantata sferica montata su manipolo ad alta velocità, sotto costante raffreddamento ad acqua. Le cavità sono state posizionate circa 1 mm sopra la giunzione amelocementizia e standardizzate nelle dimensioni di 3 mm in senso mesio-distale, 2 mm in senso occluso-cervicale e 2 mm in profondità. Le dimensioni sono state verificate mediante sonda parodontale per garantire la consistenza tra i campioni. Tutte le preparazioni cavitare sono state eseguite dallo stesso operatore e la fresa è stata sostituita a intervalli regolari per garantire un'efficienza di taglio costante [111]. È stato adottato un protocollo adesivo total-etch. Le superfici di smalto e dentina sono state mordenzate con acido fosforico al 36% (30 secondi sullo smalto e 15 secondi sulla dentina), quindi accuratamente risciacquate con acqua e delicatamente asciugate con

aria. È stato applicato un sistema adesivo (Tokuyama Bond Force II) mediante microbrush per 30 secondi e successivamente fotopolimerizzato per 30 secondi. Le cavità sono state restaurate con resina composita in pasta Omnicroma (Tokuyama Dental, Tokyo, Giappone), inserita e fotopolimerizzata per 30 secondi mediante unità LED (3M Elipar Deepcure; intensità luminosa: 1.470 mW/cm²). Dopo la polimerizzazione, tutte le restaurazioni sono state rifinite e lucidate secondo un protocollo standardizzato. Prima dell'esecuzione dei protocolli di spazzolamento, tutti i restauri sono stati sottoposti al medesimo protocollo di rifinitura e lucidatura, al fine di standardizzare quanto più possibile le condizioni superficiali iniziali dei campioni. La rifinitura è stata eseguita con frese diamantate fini ed extra-fini sotto irrigazione, al fine di rimuovere gli eccessi e standardizzare il contorno della restaurazione.

La procedura di lucidatura è stata eseguita utilizzando il sistema di dischi abrasivi Sof-Lex XT (3M ESPE, St. Paul, MN, USA), secondo una sequenza a tre passaggi. Sono stati utilizzati, in successione, il disco Medium (arancio scuro), il disco Fine (arancio chiaro) e il disco Superfine (giallo). Ciascun disco è stato applicato sulla superficie della restaurazione per 10 secondi, senza irrigazione con spray d'acqua e mediante una pressione leggera e controllata. Al termine di ciascun passaggio, la superficie è stata risciacquata e asciugata per 10 secondi mediante siringa aria/acqua, prima di procedere con il disco successivo. Il protocollo è stato mantenuto costante per tutti i campioni prima della successiva suddivisione nei tre gruppi sperimentali sottoposti rispettivamente a spazzolamento manuale, elettrico e sonico. Tutte le procedure di finitura e lucidatura sono state eseguite dal medesimo operatore, al fine di minimizzare la variabilità inter-operatore e garantire una maggiore standardizzazione delle procedure sperimentali.

Successivamente, i campioni sono stati assegnati casualmente a tre gruppi sperimentali (n = 10 per gruppo) in base al tipo di spazzolino utilizzato:

- Gruppo 1: spazzolino manuale (Elmex Interx). Immagine 1.

- Gruppo 2: spazzolino elettrico (Oral-B iO). Immagine 2.
- Gruppo 3: spazzolino sonico (Curasept Sonic). Immagine 3.

Tutti i campioni restaurati sono stati sottoposti a una procedura standardizzata di spazzolamento in accordo con il gruppo di appartenenza (manuale, elettrico, sonico) per una durata di 2 minuti, mantenendo l'idratazione dei campioni durante tutta la procedura. Il protocollo di 2 minuti è stato scelto per garantire un'esposizione standardizzata a breve termine, coerente con la durata comunemente raccomandata di una singola sessione di igiene orale, e per consentire un confronto controllato tra le diverse modalità di spazzolamento in condizioni sperimentali identiche.

La forza di spazzolamento è stata standardizzata a 2 N per tutti i gruppi sperimentali, in accordo con protocolli precedenti di abrasione da spazzolamento in vitro. Durante l'intera procedura sperimentale, la forza applicata è stata monitorata mediante un dinamometro digitale (force gauge) collegato alla testina dello spazzolino. L'operatore ha mantenuto costantemente il valore di 2 N, verificandolo in tempo reale sul dispositivo. La testina dello spazzolino è stata mantenuta perpendicolare alla superficie del restauro, garantendo condizioni di contatto controllate. Tutte le procedure sono state eseguite dallo stesso operatore seguendo un protocollo standardizzato per posizionamento, angolazione e movimento dello spazzolino [112]. Ogni campione è stato fissato in posizione stabile per mantenere un contatto uniforme tra le setole e la superficie della restaurazione. Il carico applicato è stato verificato periodicamente per garantire il mantenimento della forza target durante l'intera procedura.

Dopo la simulazione di spazzolamento, tutti i campioni sono stati sottoposti a tre analisi quantitative: microdurezza superficiale, rugosità superficiale e carico massimo a rottura sotto carico di tipo taglio. Tutte le misurazioni sono state eseguite dallo stesso operatore esperto per ridurre la variabilità inter-operatore e garantire la riproducibilità delle condizioni di prova.

La **microdurezza superficiale** è stata valutata mediante durometro Vickers (Shimadzu, Kyoto, Giappone) con carico di 10 N e tempo di permanenza di 20 s. Le indentazioni sono state effettuate nella regione centrale della restaurazione per evitare effetti marginali e influenze da smalto o dentina circostanti. Per ciascun campione sono state eseguite cinque indentazioni in siti non sovrapposti e il valore medio è stato utilizzato per l'analisi statistica. I valori di durezza (HV, Vickers hardness) sono stati calcolati secondo la formula $H = P/(2d^2)$, dove P è il carico applicato e d è la media delle diagonali dell'impronta [113].

La **rugosità superficiale** è stata misurata mediante profilometro a contatto (SurfTest SJ-210, Mitutoyo Corporation, Kanagawa, Giappone). Ogni campione è stato posizionato su una piattaforma stabile e priva di vibrazioni, e le misurazioni sono state effettuate in ambiente controllato. Per ciascuna restaurazione sono state effettuate tre scansioni lineari consecutive nella regione centrale della superficie composita (lunghezza di scansione 4,0 mm; cut-off 0,8 mm; velocità dello stilo 0,5 mm/s). Lo stilo diamantato aveva un raggio di 5 μm ed esercitava una forza verticale costante di 0,75 mN. La rugosità media aritmetica (R_a , espressa in μm) è stata calcolata come media delle tre misurazioni, secondo la norma ISO 4288. Successivamente, le caratteristiche morfologiche dei campioni sono state analizzate mediante microscopia elettronica a scansione (SEM). Poiché i campioni non conduttivi richiedono un rivestimento conduttivo per una corretta osservazione, tutti i campioni sono stati metallizzati mediante deposizione di uno strato d'oro di circa 20 nm prima dell'analisi. Le immagini sono state acquisite mediante detector di elettroni secondari.

La **ritenzione della restaurazione** è stata valutata come carico massimo a rottura sotto sollecitazione di tipo taglio mediante macchina universale di prova (Instron 3345, Instron Corp., USA). Dopo la simulazione di spazzolamento e 24 ore di conservazione in acqua distillata a 37 °C, ciascun campione è stato incluso in resina acrilica autopolicondensante

(Ortho-Jet, Lang Dental Mfg. Co., USA) utilizzando appositi cilindri. Il carico è stato applicato con velocità costante di 1,0 mm/min mediante una punta metallica a forma di scalpello posizionata il più vicino possibile all'interfaccia dente-restauro. Il carico è stato applicato fino al verificarsi del cedimento e il valore massimo necessario al distacco della restaurazione è stato registrato in Newton (N). L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante software Bluehill Universal (Instron Corp., USA) [114].

L'analisi statistica è stata eseguita per testare l'ipotesi nulla di assenza di differenze tra i tre gruppi di spazzolini (manuale, elettrico, sonico) per ciascuna variabile di outcome. Le variabili continue (microdurezza superficiale, rugosità superficiale Ra e carico a rottura sotto taglio) sono state descritte mediante media, deviazione standard, mediana e intervallo di variazione. La normalità della distribuzione dei dati all'interno di ciascun gruppo è stata verificata mediante il test di Shapiro–Wilk, mentre l'omogeneità delle varianze è stata valutata mediante il test di Levene. Quando le assunzioni di normalità e omoschedasticità risultavano soddisfatte, è stata applicata un'analisi della varianza a una via (one-way ANOVA). In presenza di differenze globali statisticamente significative, le comparazioni multiple tra gruppi sono state effettuate mediante test post hoc di Tukey HSD, con livello di significatività fissato a $\alpha = 0,05$. Per i modelli ANOVA sono stati riportati i valori esatti di p e la dimensione dell'effetto (η^2). Nei confronti post hoc, i risultati sono stati espressi come differenze delle medie con relativi intervalli di confidenza al 95%. Nelle tabelle, gruppi contrassegnati dalla stessa lettera maiuscola sono stati considerati non significativamente differenti, mentre lettere diverse indicano differenze statisticamente significative.



Foto 4. Campione, mordenzante, sistema adesivo e composito utilizzati.



Immagine 1: Elmex Interx Immagine 2: Oral B-iO Immagine 3: Curasept Sonic

4 RISULTATI

Durezza superficiale. I valori medi di microdurezza Vickers (HV0.2) sono risultati comparabili tra i gruppi (Manuale: $80,36 \pm 2,93$; Elettrico: $80,45 \pm 3,79$; Sonico: $81,86 \pm 4,34$; Tabella 1). L'analisi della varianza a una via (one-way ANOVA) non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i gruppi ($F[2,27] = 0,51$; $p = 0,606$; $\eta^2 = 0,036$), indicando una dimensione dell'effetto piccola.

Gruppo	Media $\pm$ DS	Mediana	Min-Max	Risultato
Manuale	$80,36 \pm 2,93$	79,75	76,04–85,15	A
Elettrico	$80,45 \pm 3,79$	80,47	73,90–86,13	A
Sonico	$81,86 \pm 4,34$	83,17	71,17–86,17	A

Tabella I. Microdurezza Vickers (HV0.2) per gruppo (n=10).

Rugosità superficiale. Tutti i campioni sono stati sottoposti allo stesso protocollo di finitura e lucidatura prima dello spazzolamento, al fine di standardizzare le condizioni superficiali iniziali delle restaurazioni. La rugosità superficiale (R_a , μm) ha mostrato differenze statisticamente significative tra i gruppi (Figura 1), con i valori più elevati nel gruppo sonico (Manuale: $0,2298 \pm 0,0244$; Elettrico: $0,2835 \pm 0,0328$; Sonico: $0,3383 \pm$

0,0310; Tabella 2). L'ANOVA ha confermato un effetto significativo del tipo di spazzolino sulla rugosità superficiale ($F[2,27] = 33,47$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,713$), indicando una dimensione dell'effetto ampia. Il test post hoc di Tukey HSD ha evidenziato differenze significative tra tutti i confronti:

- Manuale vs Elettrico: differenza media = $0,0537 \mu\text{m}$
(IC 95%: $0,0265$ – $0,0809$; $p = 0,0011$).
- Manuale vs Sonico: differenza media = $0,1085 \mu\text{m}$ (IC
95%: $0,0813$ – $0,1357$; $p = 0,0010$).
- Elettrico vs Sonico: differenza media = $0,0548 \mu\text{m}$ (IC
95%: $0,0276$ – $0,0820$; $p = 0,0010$).

Gruppo	Media $\pm$ DS	Mediana	Min-Max	Risultato
Manuale	$0,2298 \pm 0,0244$	0,2241	0,1941-0,2718	A
Elettrico	$0,2835 \pm 0,0328$	0,2828	0,2336-0,3400	B
Sonico	$0,3383 \pm 0,0310$	0,3430	0,2820-0,3875	C

Tabella II. Rugosità superficiale (R_a , μm) per gruppo ($n=10$).

Ritenzione della restaurazione al carico di taglio. Il carico massimo di dislocamento (N) è risultato comparabile tra i gruppi (Manuale: $154,58 \pm 20,56$; Elettrico: $159,54 \pm 25,35$; Sonico: $153,88 \pm 15,94$; Tabella 3). L'ANOVA non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i gruppi ($F[2,27] = 0,217$; $p = 0,806$; $\eta^2 = 0,016$), indicando una dimensione dell'effetto trascurabile.

Gruppo	Media $\pm$ DS	Mediana	Min-Max	Risultato
Manuale	154,58 $\pm$ 20,56	151,76	126,91-188,63	A
Elettrico	159,54 $\pm$ 25,35	153,66	108,19-196,09	A
Sonico	153,88 $\pm$ 15,94	151,02	127,15-184,15	A

Tabella III. Carico di dislocamento (N) per gruppo (n=10).

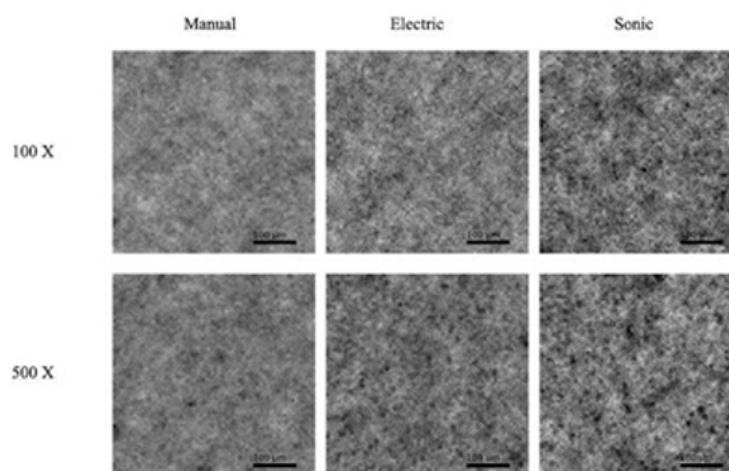


Figura 1. Immagini al microscopio elettronico a scansione (SEM) delle superfici composite dopo spazzolamento con i diversi tipi di spazzolino. La fila superiore mostra le superfici rappresentative a ingrandimento 100 $\times$, mentre la fila inferiore mostra gli stessi gruppi a 500 $\times$. Da sinistra a destra: spazzolino manuale, elettrico e sonico. È evidente un progressivo aumento della rugosità superficiale, della porosità e dei microdifetti dal gruppo manuale al gruppo sonico, in accordo con i dati profilometrici ottenuti nel presente modello in vitro.

5 DISCUSSIONE

Nonostante l'ampia disponibilità commerciale di sistemi adesivi restaurativi, la maggior parte delle formulazioni contemporanee è progettata specificamente per la dentizione permanente. Di conseguenza, le esigenze restaurative dei denti decidui sono rimaste significativamente poco considerate. La gestione clinica dei denti decidui è intrinsecamente complessa a causa di diversi fattori istomorfologici, tra cui la più rapida progressione della carie, il ridotto spessore dello smalto, la peculiare morfologia pulpare e le limitate dimensioni coronali. Ottenere un legame interfacciale solido sia con lo smalto sia con la dentina dei denti decidui è pertanto fondamentale, poiché consente la conservazione del tessuto dentale garantendo al contempo la longevità estetica e funzionale del restauro [115].

Lo spazzolamento dentale rappresenta il principale metodo per il mantenimento dell'igiene orale domiciliare. Il suo ruolo nella rimozione della placca e nella promozione della salute gengivale è indispensabile. Gli spazzolini manuali sono i più utilizzati a livello mondiale grazie al loro costo contenuto, alla facile reperibilità e alla semplicità d'uso; la loro efficacia varia tuttavia in funzione della tecnica utilizzata, della durata dello spazzolamento e della destrezza individuale [116]. Per superare le limitazioni dello spazzolamento manuale, sono stati sviluppati spazzolini elettrici e sonici, con l'obiettivo di migliorare la rimozione della placca e l'aderenza del paziente alle corrette pratiche di igiene orale. Questi dispositivi mirano a standardizzare le prestazioni dello spazzolamento e a ridurre la dipendenza dalla tecnica individuale. Gli spazzolini elettrici, grazie alle loro testine rotonde di piccole dimensioni, garantiscono un'efficace disgregazione meccanica della placca [117]. Gli spazzolini sonici, invece, utilizzano vibrazioni ad alta frequenza per generare dinamiche fluide che favoriscono la rimozione della placca anche nelle aree difficilmente raggiungibili, migliorando la disgregazione del biofilm. Gli spazzolini ultrasonici e multidirezionali combinano il movimento meccanico

con frequenze ultrasoniche per incrementare ulteriormente l'efficacia della detersione [118].

La durezza è comunemente definita come la resistenza di un materiale alla deformazione. Tuttavia, essa non rappresenta una proprietà intrinseca, poiché il valore di durezza deriva da una specifica procedura di misurazione. La microdurezza Vickers è un metodo consolidato e appropriato per lo studio delle proprietà dei tessuti dentali duri umani e dei materiali restaurativi odontoiatrici[119].

I risultati del presente studio non hanno evidenziato differenze statisticamente significative nella durezza superficiale. Entro i limiti di questa indagine, le diverse tecnologie di spazzolamento valutate non hanno influenzato in modo significativo la durezza superficiale.

La rugosità superficiale riveste un ruolo clinicamente rilevante nella longevità dei restauri. Una superficie più ruvida può fungere da sito di accumulo della placca, favorendo la maturazione del biofilm e la formazione di carie secondarie [120]. Inoltre, può compromettere nel tempo la qualità estetica e la resistenza alla pigmentazione del restauro. È stato dimostrato che superfici con valori di rugosità (R_a) superiori a $0,2\ \mu\text{m}$ trattengono quantità significativamente maggiori di placca e risultano più difficili da detergere efficacemente [121]. I valori più elevati di rugosità superficiale sono stati riscontrati nel gruppo trattato con spazzolino sonico, in accordo con quanto emerso dalle analisi profilometriche e dalle osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM). Sebbene le differenze di rugosità superficiale tra i diversi tipi di spazzolino siano risultate statisticamente significative, la loro rilevanza clinica deve essere interpretata con cautela. La durata dello spazzolamento adottata in questo modello in vitro rappresenta infatti una sfida a breve termine rispetto all'esposizione cumulativa che si verifica nel corso di mesi o anni nelle condizioni cliniche reali.

Il test di resistenza al taglio (shear bond strength) è frequentemente impiegato per valutare la forza di adesione dei materiali restaurativi alle strutture dentali [122]. Un possibile vantaggio di questa metodica risiede nella sua maggiore semplicità di esecuzione rispetto alla valutazione della resistenza microtensile dei materiali restaurativi [123]. Inoltre, le sollecitazioni di taglio sono considerate maggiormente rappresentative delle reali condizioni cliniche a cui i materiali restaurativi sono sottoposti dopo il trattamento restaurativo [124]. Nel nostro studio non sono state osservate differenze statisticamente significative per quanto riguarda la resistenza di adesione. Questo suggerisce che, nel breve termine, la forza adesiva dei restauri non venga compromessa dall'impiego delle diverse tecnologie di spazzolamento. Tuttavia, gli effetti cumulativi dell'usura meccanica, in particolare quelli associati allo spazzolamento ad alta frequenza, potrebbero non essere pienamente rappresentati da un singolo test di distacco. Lo spazzolamento ripetuto nel tempo potrebbe infatti indurre microdanni all'interfaccia adesiva, determinando una progressiva riduzione della resistenza interfacciale o un deterioramento marginale, con possibile conseguente fallimento del restauro nel lungo periodo.

La presente indagine deve essere considerata una valutazione preliminare di laboratorio degli effetti di differenti modalità di spazzolamento su alcune proprietà di superficie e sulla ritenzione dei restauri in composito eseguiti su denti decidui. Lo scopo dello studio in vitro era valutare se differenti tecnologie di spazzolamento (manuale, elettrica e sonica) influenzassero la durezza superficiale, la rugosità superficiale e la resistenza al taglio dei restauri in resina composita realizzati su denti decidui. Sebbene non siano emerse differenze statisticamente significative nella resistenza di adesione e nella durezza superficiale tra i gruppi, sono state osservate differenze significative nei valori di rugosità superficiale, con gli spazzolini sonici che hanno determinato le alterazioni più marcate. I nostri risultati indicano che, in condizioni di laboratorio controllate, lo spazzolamento

mediante spazzolino sonico determina una rugosità superficiale significativamente maggiore rispetto sia allo spazzolamento manuale sia a quello elettrico.

Il disegno dello studio è stato concepito come un confronto laboratoristico trasversale tra tre modalità di spazzolamento, basato sulla valutazione di un endpoint finale, piuttosto che come un'analisi longitudinale con misurazioni ripetute sullo stesso campione. Studi futuri dovrebbero includere gruppi di controllo non sottoposti a spazzolamento oppure misurazioni ripetute dal basale al termine dell'esperimento, al fine di quantificare in maniera più accurata le modificazioni superficiali indotte dallo spazzolamento.

Sebbene il modello sperimentale adottato abbia consentito una comparazione standardizzata tra differenti modalità di spazzolamento, esso non riproduce la piena complessità dell'ambiente orale, comprendente saliva, biofilm, fattori dietetici, variazioni di pH, carichi occlusali, usura cumulativa e variabilità individuale nelle abitudini di spazzolamento. Pertanto, i risultati ottenuti non devono essere direttamente estrapolati alla longevità clinica o ai processi di degradazione dei restauri nei denti decidui.

Un importante limite del presente studio è rappresentato dalla breve durata del protocollo di spazzolamento. Sebbene l'esposizione di due minuti abbia consentito una comparazione standardizzata degli effetti immediati dello spazzolamento manuale, elettrico e sonico, essa non è in grado di riprodurre l'usura meccanica cumulativa associata allo spazzolamento quotidiano ripetuto per mesi o anni. Di conseguenza, i risultati devono essere interpretati come dati in vitro a breve termine piuttosto che come evidenza di una degradazione a lungo termine dei materiali. Lo studio è stato deliberatamente progettato come una valutazione preliminare di laboratorio focalizzata sugli effetti immediati delle differenti modalità di spazzolamento in condizioni standardizzate.

Un ulteriore limite dello studio è rappresentato dalla dimensione relativamente ridotta del campione e dall'assenza di un'analisi di potenza statistica eseguita a priori. Pertanto, la

mancata osservazione di differenze significative per quanto riguarda la microdurezza e la ritenzione dei restauri deve essere interpretata con cautela, poiché tali risultati potrebbero riflettere sia una reale assenza di effetto sia una limitata potenza statistica. Per questo motivo, i risultati ottenuti devono essere considerati preliminari e generatori di ipotesi piuttosto che conclusivi. Studi futuri che includano protocolli di spazzolamento ciclico prolungato e/o ulteriori procedure di invecchiamento artificiale saranno necessari per simulare in maniera più realistica l'esposizione clinica a lungo termine.

Un'ulteriore limitazione del presente studio è l'assenza di un gruppo di controllo non sottoposto a spazzolamento e la mancanza di misurazioni basali della rugosità superficiale prima dello spazzolamento. Di conseguenza, i valori di Ra riportati rappresentano esclusivamente le condizioni superficiali finali dopo lo spazzolamento e non possono essere interpretati come reali variazioni rispetto al basale (ΔRa). Pertanto, l'analisi effettuata consente il confronto tra le diverse modalità di spazzolamento in condizioni sperimentali finali standardizzate, ma non permette di quantificare il contributo assoluto dello spazzolamento rispetto allo stato iniziale della superficie dopo la lucidatura.

6 CONCLUSIONE

Entro i limiti del presente studio in vitro a breve termine, un protocollo standardizzato di spazzolamento di 2 minuti ha evidenziato che lo spazzolamento mediante tecnologia sonica è associato ai maggiori valori finali di rugosità superficiale dei restauri in composito nei denti decidui. Non sono invece emerse differenze statisticamente significative né nella microdurezza superficiale né nella ritenzione dei restauri tra i gruppi sperimentali. I presenti risultati devono essere considerati preliminari e non possono essere interpretati come evidenza di degradazione clinica o di rischio clinico a lungo termine. Sono pertanto necessari ulteriori studi condotti in condizioni più vicine alla realtà clinica per chiarire la reale rilevanza clinica delle alterazioni osservate.

7 BIBLIOGRAFIA

1. Polimeni A. Odontoiatria pediatrica. 2^a ed. Milano: Edra; 2019.
2. Loesche, W.J. Microbiology of Dental Decay and Periodontal Disease. In Medical Microbiology, 4th ed.; Baron, S., Ed.; University of Texas Medical Branch at Galveston: Galveston, TX, USA, 1996.
3. Farooq, I.; Bugshan, A. The role of salivary contents and modern technologies in the remineralization of dental enamel: A narrative review. *F1000Res*. 2020;9:171.
4. Anil, S.; Anand, P.S. Early Childhood Caries: Prevalence, Risk Factors, and Prevention. *Front. Pediatr*. 2017;5:157.
5. Wright JT, Hanson N, Ristic H, Whall CW, Estrich CG, Zentz RR. Fluoride toothpaste efficacy and safety in children younger than 6 years: a systematic review. *J Am Dent Assoc*. 2014;145:182-189.
6. Walsh T, Worthington H, Glenny AM, Appelbe P, Marinho VC, Shi X. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;1:CD007868.
7. American Dental Association Council on Scientific Affairs. Fluoride toothpaste use for young children. *J Am Dent Assoc*. 2014;145:190-191.
8. Pitts NB, Mayne C. Making cavities history: a global policy consensus for achieving a dental cavity-free future. *JDR Clin Transl Res*. 2021;6:264-267.
9. Dikmen B. ICDAS II criteria (International Caries Detection and Assessment System). *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2015;49:63-72.
10. Pitts NB, Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas GVA, Longbottom C, Deery C, Ellwood R, Gomez J, Kolker J, Manton D, McGrady M, Rechmann P, Ricketts D, Thompson V, Twetman S, Weyant R, Zandona AF, Zero D. *ICCMS Guide for Practitioners and Educators*. ICDAS Foundation; 2014.

11. Özbek CD, Eser D, Bektaş-Kayhan K, Ünür M. Comparison of the tooth brushing habits of primary school age children and their parents. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2015;49:33-40.
12. Khan IT, Bule M, Ullah R, Nadeem M, Asif S, Niaz K. The antioxidant components of milk and their role in processing, ripening, and storage: functional food. *Vet World*. 2019;12:12-33.
13. Touger-Decker R, van Loveren C. Sugars and dental caries. *Am J Clin Nutr*. 2003;78:881S-892S.
14. Roberts MW, Wright JT. Nonnutritive, low caloric substitutes for food sugars: clinical implications for addressing the incidence of dental caries and overweight/obesity. *Int J Dent*. 2012;2012:1-8.
15. Ghasempour, M.; Rajabnia, R.; Irannejad, A.; Hamzeh, M.; Ferdosi, E.; Bagheri, M. Frequency, biofilm formation and acid susceptibility of streptococcus mutans and streptococcus sobrinus in saliva of preschool children with different levels of caries activity. *Dent. Res. J*. 2013;10:440–445.
16. Baraniya, D.; Chen, T.; Nahar, A.; Alakwaa, F.; Hill, J.; Tellez, M.; Ismail, A.; Puri, S.; Al-Hebshi, N.N. Supragingival mycobiome and inter-kingdom interactions in dental caries. *J. Oral Microbiol*. 2020;12:1729305.
17. Carey, C.M. Focus on Fluorides: Update on the Use of Fluoride for the Prevention of Dental Caries. *J. Évid.-Based Dent. Pract*. 2014;14:95–102.
18. Horst, J.A.; Tanzer, J.M.; Milgrom, P.M. Fluorides and Other Preventive Strategies for Tooth Decay. *Dent. Clin. N. Am*. 2018;62:207–234.
19. Newbrun, E. Topical Fluorides in Caries Prevention and Management: A North American Perspective. *J. Dent. Educ*. 2001;65:1078–1083.
20. Reynolds, E.C. Calcium phosphate-based remineralization systems: Scientific evidence? *Aust. Dent. J*. 2008;53:268–273.

21. Ma, X.; Lin, X.; Zhong, T.; Xie, F. Evaluation of the efficacy of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on remineralization of white spot lesions in vitro and clinical research: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health* 2019;19: 1–11.
22. Bröseler F, Tietmann C, Bommer C, Drechsel T, Heinzl-Gutenbrunner M, Jepsen S. Randomised clinical trial investigating self-assembling peptide P11-4 in the treatment of early caries. *Clin Oral Investig.* 2020;24:123-132.
23. Butera A, Pascadopoli M, Gallo S, Lelli M, Tarterini F, Giglia F, Scribante A. SEM/EDS evaluation of the mineral deposition on a polymeric composite resin of a toothpaste containing biomimetic Zn-carbonate hydroxyapatite (microRepair®) in oral environment: a randomized clinical trial. *Polymers.* 2021;13:2740.
24. Scribante A, Dermenaki Farahani MR, Marino G, Matera C, Rodriguez Y, Baena R, Lanteri V, Butera A. Biomimetic effect of nano-hydroxyapatite in demineralized enamel before orthodontic bonding of brackets and attachments: visual, adhesion strength, and hardness in in vitro tests. *Biomed Res Int.* 2020;2020:6747498.
25. Bossù M, Saccucci M, Salucci A, Di Giorgio G, Bruni E, Uccelletti D, Sarto MS, Familiari G, Relucenti M, Polimeni A. Enamel remineralization and repair results of biomimetic hydroxyapatite toothpaste on deciduous teeth: an effective option to fluoride toothpaste. *J Nanobiotechnol.* 2019;17:17.
26. Butera A, Gallo S, Maiorani C, Molino D, Chiesa A, Preda C, Esposito F, Scribante A. Probiotic alternative to chlorhexidine in periodontal therapy: evaluation of clinical and microbiological parameters. *Microorganisms.* 2021;9:69.

27. Naidu R, Nunn J, Donnelly-Swift E. Oral health-related quality of life and early childhood caries among preschool children in Trinidad. *BMC Oral Health*. 2016;16:128.
28. Filstrup SL, Briskie D, da Fonseca M, Lawrence L, Wandera A, Inglehart MR. Early childhood caries and quality of life: child and parent perspectives. *Pediatr Dent*. 2003;25:431-440.
29. Abanto J, Carvalho TS, Mendes FM, Wanderley MT, Bonecker M, Raggio DP. Impact of oral diseases and disorders on oral health-related quality of life of preschool children. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2011;39:105-114.
30. Casamassimo PS, Kikkurissy S, Edelstein BL, Maiorini E. Beyond the dmft: the human and economic cost of early childhood caries. *J Am Dent Assoc*. 2009;140:650-657.
31. Chrisopoulos S, Harford JE, Ellershaw A. Oral health and dental care in Australia: key facts and figures 2015. Canberra: Australian Institute of Health and Welfare; 2016.
32. Righolt AJ, Jevdjevic M, Marcenes W, Listl S. Global-, regional-, and country-level economic impacts of dental diseases in 2015. *J Dent Res*. 2018;97:501-507.
33. Hani C, Deery C, Toumba J, Munyombwe T, Duggal M. The impact of dental caries and its treatment by conventional or biological approaches on the oral health-related quality of life of children and carers. *Int J Paediatr Dent*. 2017;28:266-276.
34. GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 2017;390:1211-1259.

35. Colak H, Dulgergil CT, Dalli M, Hamidi MM. Early childhood caries update: a review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med.* 2013;4:29-38.
36. Meyer F, Karch A, Schlinkmann KM, Dreesman J, Horn J, Rübsamen N, Sudradjat H, Schubert R, Mikolajczyk R. Sociodemographic determinants of spatial disparities in early childhood caries: an ecological analysis in Braunschweig, Germany. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2017;45:442-448.
37. Alkhtib A, Ghanim A, Temple-Smith M, Messer LB, Pirotta M, Morgan M. Prevalence of early childhood caries and enamel defects in four and five-year old Qatari preschool children. *BMC Oral Health.* 2016;16:73.
38. Bugis BA. Early childhood caries and the impact of current U.S. Medicaid program: an overview. *Int J Dent.* 2012;2012:348237.
39. Basner R, Santamaría RM, Schmoeckel J, Schüler E, Splieth C. Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2016. Bonn: DAJ-Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e. V.; 2018.
40. Milsom KM, Blinkhorn AS, Tickle M. The incidence of dental caries in the primary molar teeth of young children receiving National Health Service funded dental care in practices in the North West of England. *Br Dent J.* 2008;205:E14.
41. Shantinath SD, Breiger D, Williams BJ, Hasazi JE. The relationship of sleep problems and sleep-associated feeding to nursing caries. *Pediatr Dent.* 1996;18:375-378.
42. Kraljevic I, Filippi C, Filippi A. Risk indicators of early childhood caries (ECC) in children with high treatment needs. *Swiss Dent J.* 2017;127:398-410.
43. Hooley M, Skouteris H, Boganin C, Satur J, Kilpatrick N. Parental influence and the development of dental caries in children aged 0-6 years: a systematic review of the literature. *J Dent.* 2012;40:873-885.

44. Jabbarifar SE, Ahmady N, Sahafian SAR, Samei F, Soheillipour S. Association of parental stress and early childhood caries. *Dent Res J*. 2009;6:65-70.
45. 45. Narksawat K, Boonthum A, Tonmukayakul U. Roles of parents in preventing dental caries in the primary dentition among preschool children in Thailand. *Asia Pac J Public Health*. 2011;23:209-216.
46. Zijng V, van Leeuwen MBM, Degener JE, Abbas F, Thurnheer T, Gmür R, Harmsen HJM. Oral biofilm architecture on natural teeth. *PLoS One*. 2010;5:e9321.
47. Meyer F, Enax J. Die Mundhöhle als Ökosystem. *Biol Unserer Zeit*. 2018;48:62-68.
48. Huang R, Li M, Gregory RL. Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*. 2011;2:435-444.
49. Li YH, Tian X. Quorum sensing and bacterial social interactions in biofilms. *Sensors*. 2012;12:2519-2538.
50. Falsetta ML, Klein MI, Colonne PM, Scott-Anne K, Gregoire S, Pai CH, Gonzalez-Begne M, Watson G, Krysan DJ, Bowen WH, Koo H. Symbiotic relationship between *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* synergizes virulence of plaque biofilms in vivo. *Infect Immun*. 2014;82:1968-1981.
51. More TT, Yadav JS, Yan S, Tyagi RD, Surampalli RY. Extracellular polymeric substances of bacteria and their potential environmental applications. *J Environ Manage*. 2014;144:1-25.
52. Lingstrom P, van Ruyven FO, van Houte J, Kent R. The pH of dental plaque in its relation to early enamel caries and dental plaque flora in humans. *J Dent Res*. 2000;79:770-777.
53. Takahashi N, Nyvad B. The role of bacteria in the caries process: ecological perspectives. *J Dent Res*. 2011;90:294-303.

54. Klinken T, Urban M, Luck C, Hannig C, Kuhn M, Kramer N. Changes in *Candida* spp., mutans streptococci and lactobacilli following treatment of early childhood caries: a 1-year follow-up. *Caries Res.* 2014;48:24-31.
55. Peterson SN, Meissner T, Su AI, Snesrud E, Ong AC, Schork NJ, Bretz WA. Functional expression of dental plaque microbiota. *Front Cell Infect Microbiol.* 2014;4:108.
56. Simon-Soro A, Mira A. Solving the etiology of dental caries. *Trends Microbiol.* 2015;23:76-82.
57. Teng F, Yang F, Huang S, Bo C, Xu ZZ, Amir A, Knight R, Ling J, Xu J. Prediction of early childhood caries via spatial-temporal variations of oral microbiota. *Cell Host Microbe.* 2015;18:296-306.
58. Anil S, Anand PS. Early childhood caries: prevalence, risk factors, and prevention. *Front Pediatr.* 2017;5:157.
59. Avila WM, Pordeus IA, Paiva SM, Martins CC. Breast and bottle feeding as risk factors for dental caries: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2015;10:e0142922.
60. Berkowitz RJ. Causes, treatment and prevention of early childhood caries: a microbiologic perspective. *J Can Dent Assoc.* 2003;69:304-307.
61. Grender J, Adam R, Zou Y. The effects of oscillating-rotating electric toothbrushes on plaque and gingival health: a meta-analysis. *Am J Dent.* 2020;33:3-11.
62. Wang P, Xu Y, Zhang J, Chen X, Liang W, Liu X, Xian J, Xie H. Comparison of the effectiveness between power toothbrushes and manual toothbrushes for oral health: a systematic review and meta-analysis. *Acta Odontol Scand.* 2020;78:265-274.

63. Clark-Perry D, Levin L. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies comparing oscillating-rotating and other powered toothbrushes. *J Am Dent Assoc.* 2020;151:265-275.
64. Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. *Am J Dent.* 1997;10:219-223.
65. Salama FS, Tao L. Comparison of gluma bond strength to primary vs. permanent teeth. *Pediatr Dent.* 1991;13:163-166.
66. Hosoya Y, Nishiguchi M, Kashiwabara Y, Horiuchi A, Goto G. Comparison of two dentin adhesives to primary vs. permanent bovine dentin. *J Clin Pediatr Dent.* 1997;22:69-76.
67. Ebrahimi M, Janani A, Majidinia S, Sadeghi R, Sarraf Shirazi A. Are self-etch adhesives reliable for primary tooth dentin? A systematic review and meta-analysis. *J Conserv Dent.* 2018;21:243-250.
68. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28:3757-3785.
69. Marshall GW Jr, Balooch M, Kinney JH, Marshall SJ. Atomic force microscopy of conditioning agents on dentin. *J Biomed Mater Res.* 1995;29:1381-1387.
70. Oztaş N, Olmez A. Effects of one versus two-layer applications of a self-etching adhesive to dentin of primary teeth: a SEM study. *J Contemp Dent Pract.* 2005;6:18-25.
71. American Dental Association Council on Scientific Affairs. *Statement on Dental Amalgam, Revised 2009.* Chicago, IL: American Dental Association; 2009.

72. Belliger DC, Trachtenberg F, Barregard L, Tavares M, Cernichiari E, Daniel D, McKinlay S. Neuropsychological and renal effects of dental amalgam in children: a randomized clinical trial. *J Am Med Assoc.* 2006;295:1775-1783.
73. Department of Health and Human Services. *Final Rule.* Federal Register. 2010;75(112).
74. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct Class II restorations: a meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2012;14:407-431.
75. Mandari GJ, Frencken JE, van't Hof MA. Six-year success rates of occlusal amalgam and glass-ionomer restorations placed using three minimal intervention approaches. *Caries Res.* 2003;37:246-253.
76. Bernardo M, Luis H, Martin MD, Leroux BG, Rue T, Leitão JJ, DeRouen TA. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc.* 2007;138:775-783.
77. Qvist V, Laurberg L, Poulsen A, Teglers PT. Eight-year study on conventional glass ionomer and amalgam restorations in primary teeth. *Acta Odontol Scand.* 2004;62:37-45.
78. Soncini JA, Meserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C. The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings from the New England Children's Amalgam Trial. *J Am Dent Assoc.* 2007;138:763-772.
79. Hickel R, Kaaden C, Paschos E, Buerkle V, Garcia-Godoy F, Manhart J. Longevity of occlusally-stressed restorations in posterior primary teeth. *Am J Dent.* 2005;18:198-211.

80. Kilpatrick NM, Neumann A. Durability of amalgam in the restoration of Class II cavities in primary molars: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2007;8:5-13.
81. De Amorim RG, Leal SC, Mulder J, Creugers NH, Frencken JE. Amalgam and ART restorations in children: a controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2014;18:117-124.
82. Fleisch AF, Sheffield PE, Chinn C, Edelstein BL, Landrigan PJ. Bisphenol A and related compounds in dental materials. *Pediatrics*. 2010;126:760-768.
83. Fuks AB, Araujo FB, Osorio LB, Hadani PE, Pinto AS. Clinical and radiographic assessment of Class II esthetic restorations in primary molars. *Pediatr Dent*. 2000;22:479-485.
84. Antony K, Genser D, Hiebinger C, Windisch F. Longevity of dental amalgam in comparison to composite materials. *GMS Health Technol Assess*. 2008;4:Doc12.
85. Dijken JW, Pallesen U. A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dent Mater*. 2013;29:191-198.
86. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE. Long-term fluoride release from glass ionomer cements. *J Dent Res*. 1984;63:158-160.
87. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*. 1998;19:503-508.
88. Donly KJ, Nelson JJ. Fluoride release of restorative materials exposed to a fluoridated dentifrice. *ASDC J Dent Child*. 1997;64:249-250.
89. Donly KJ, Istre S, Istre T. In vitro enamel remineralization at orthodontic band margins cemented with glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;107:461-464.

90. Chadwick BL, Evans DJ. Restoration of Class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: a systematic review of the literature. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2007;8:14-21.
91. Toh SL, Messer LB. Evidence-based assessment of tooth-colored restorations in proximal lesions of primary molars. *Pediatr Dent*. 2007;29:8-15.
92. Daou MH, Tavernier B, Meyer JM. Two-year clinical evaluation of three restorative materials in primary molars. *J Clin Pediatr Dent*. 2009;34:53-58.
93. Mickenautsch S, Yengopal V, Leal SC, Oliveira LB, Bezerra AC, Bonecker M. Absence of carious lesions at margins of glass-ionomer and amalgam restorations: a meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent*. 2009;10:41-46.
94. Yengopal V, Mickenautsch S. Caries-preventive effect of resin-modified glass-ionomer cement (RM-GIC) versus composite resin: a quantitative systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011;12:5-14.
95. Heintze SD, Ruffieux C, Rousson V. Clinical performance of cervical restorations: a meta-analysis. *Dent Mater*. 2010;26:993-1000.
96. Frankenberger R, Garcia-Godoy F, Kramer N. Clinical performance of viscous glass ionomer cement in posterior cavities over two years. *Int J Dent*. 2009;2009:781462.
97. Wambier DS, dos Santos FA, Guedes-Pinto AC, Jaeger RG, Simionato MR. Ultrastructural and microbiological analysis of the dentin layers affected by caries lesions in primary molars treated by minimal intervention. *Pediatr Dent*. 2007;29:228-234.
98. Mandari GJ, Frencken JE, van't Hof MA. Six years success rates of occlusal amalgam and glass ionomer restorations placed using minimal intervention approaches. *Caries Res*. 2003;37:246-253.

99. Dulgergil DT, Soyman M, Civelek A. Atraumatic restorative treatment with resin-modified glass ionomer material: short-term results of a pilot study. *Med Princ Pract.* 2005;14:277-280.
100. Alves FB, Lenzi TL, Guglielmi CA, Resi A, Loguercio AD, Carvalho TS, Raggio DP. The bonding of glass ionomer cements to caries-affected primary tooth dentin. *Pediatr Dent.* 2013;35:320-324.
101. van't Hof MA, Frencken JE, van Palenstein Helderman WH, Holmgren CJ. The Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach for managing dental caries: a meta-analysis. *Int Dent J.* 2006;56:345-351.
102. Frencken JE, van't Hof MA, Taifour D, Al-Zaher I. Effectiveness of ART and traditional amalgam approach in restoring single surface cavities in posterior teeth of permanent dentitions in school children after 6.3 years. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007;35:207-214.
103. Raggio DP, Hesse D, Lenzi TL, Guglielmi CAB, Braga MM. Is atraumatic restorative treatment an option for restoring occluso-proximal caries lesions in primary teeth? A systematic review and meta-analysis. *Int J Paediatr Dent.* 2013;23:435-443.
104. Daou MH, Attin T, Göhring TN. Clinical success of compomer and amalgam restorations in primary molars: follow up in 36 months. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2009;119:1082-1088.
105. Attin T, Opatowski A, Meyer C, Zingg-Meyer B, Buchalla W, Mönting JS. Three-year follow up assessment of Class II restorations in primary molars with a polyacid-modified composite resin and a hybrid composite. *Am J Dent.* 2001;14:148-152.

106. Welbury RR, Shaw AJ, Murray JJ, Gordon PH, McCabe JF. Clinical evaluation of paired compomer and glass ionomer restorations in primary molars: final results after 42 months. *Br Dent J*. 2000;189:93-97.
107. Serbanoiu DC, Vartolomei AC, Ghiga DV, Pop SI, Panainte I, Moldovan M, Sarosi C, Petean I, Boileau MJ, Pacurar M. Comparative evaluation of dental enamel microhardness following various methods of interproximal reduction: a Vickers hardness tester investigation. *Biomedicines*. 2024;12:1132.
108. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*. 1997;13:258-269.
109. Lippert VF, Bresciani E, Mota EG, Bittencourt HR, Kramer PF, Spohr AM. In vitro comparison of one-step, two-step, and three-step polishing systems on the surface roughness and gloss of different resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2024;36:785-795.
110. Atash R, Van den Abbeele A. Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine: an in-vitro study on bovine primary teeth. *Int J Paediatr Dent*. 2005;15:264-273.
111. Al Ghwainem A, Alqarni AS. Comparative assessment of marginal micro leakage of different esthetic restorative materials used on primary teeth: an in-vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2024;25:58-61.
112. Bizhang M, Schmidt I, Chun YP, Arnold WH, Zimmer S. Toothbrush abrasivity in a long-term simulation on human dentin depends on brushing mode and bristle arrangement. *PLoS One*. 2017;12:e0172060.
113. Ludovichetti FS, Lucchi P, Zambon G, Pezzato L, Bertolini R, Zerman N, Stellini E, Mazzoleni S. Depth of cure, hardness, roughness and filler dimension

- of bulk-fill flowable, conventional flowable and high-strength universal injectable composites: an in vitro study. *Nanomaterials*. 2022;12:1951.
114. Ludovichetti FS, Rizzato A, Galante V, Tinazzo G, Magrin GL, Comitale E, Stellini E, Mazzoleni S. Effect of manual, electric, and sonic toothbrushing on retention and surface integrity of resin-based sealants. *Int J Dent*. 2025;2025:5740355.
 115. Megid FY, Salama FS. Shear bond strength of Dyract compomer material to dentin of primary molars. *J Clin Pediatr Dent*. 1997;21:305-310.
 116. Van der Weijden F, Slot DE. Oral hygiene in the prevention of periodontal diseases: the evidence. *Periodontol 2000*. 2011;55:104-123.
 117. Adam R, Grender J, Timm H, Goyal CR, Qaqish J. A 4-week randomized clinical trial evaluating plaque and gingivitis effects of a new oscillating-rotating electric toothbrush. *J Am Dent Assoc*. 2025;156:611-619.e2.
 118. Wiegand A, Burkhard JM, Eggmann F, Attin T. Brushing force of manual and sonic toothbrushes affects dental hard tissue abrasion. *Clin Oral Investig*. 2013;17:815-822.
 119. Serbanoiu DC, Vartolomei AC, Ghiga DV, Pop SI, Panainte I, Moldovan M, Sarosi C, Petean I, Boileau MJ, Pacurar M. Comparative evaluation of dental enamel microhardness following various methods of interproximal reduction: a Vickers hardness tester investigation. *Biomedicines*. 2024;12:1132.
 120. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*. 1997;13:258-269.
 121. Lippert VF, Bresciani E, Mota EG, Bittencourt HR, Kramer PF, Spohr AM. In vitro comparison of one-step, two-step, and three-step polishing systems on the

surface roughness and gloss of different resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36:785-795.

122. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SH, Pashley DH. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3:153-167.
123. Lührs AK, Guhr S, Günay H, Geurtsen W. Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in-vitro. *Clin Oral Investig.* 2010;14:193-199.
124. Atash R, Van den Abbeele A. Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine: an in-vitro study on bovine primary teeth. *Int J Paediatr Dent.* 2005;15:264-273.