

Research Article

EFFECT OF 4 wt% HYDROXYAPATITE PASTA ON DENTAL EMAIL HARDNESS

¹James Hartono Santoso, ²Anastasia Elsa Prahasti, ²Elline

¹Undergraduate Program, Faculty of Dentistry, Trisakti University, Jakarta, Indonesia

²Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Trisakti University, Jakarta, Indonesia

Received date: January 30, 2024 Accepted date: April 3, 2024 Published date: April 21, 2024

KEYWORDS

Dental enamel, dental enamel hardness, dental erosion, hardness number, hydroxyapatite paste



DOI : 10.46862/interdental.v20i1.8580

ABSTRACT

Introduction: Dental erosion can affect the dental demineralization due to the pH level that is below the critical pH of 5,5 resulting a decrease in dental enamel hardness. Remineralization is needed to bring back the mineral loss. Hydroxyapatite is similar to inorganic components in dental enamel and have biocompatible properties. Hydroxyapatite with 4 wt% concentration has a Ca/P molar ratio close to 1,67, which is similar to the human enamel and can regenerate enamel. This study is aimed to analyze the effects of 4 wt% hydroxyapatite paste on dental enamel hardness for 7 and 14 days.

Material and Methods: 20 maxillary premolars were divided into 4 groups. Group A1 were applied with 4 wt% hydroxyapatite paste for 30 minutes each day for 7 days, group A2 were applied with 4 wt% hydroxyapatite paste for 30 minutes each day for 14 days, group B1 were immersed with artificial saliva for 7 days, and group B2 were immersed with artificial saliva for 14 days. All groups were immersed with artificial saliva and was incubated for 24 hours at 37°C. Hardness measurements were carried out at the start, after erosion, and at the end of the experiment. Dental enamel hardness was measured with Vickers Hardness Tester (Shimadzu HMV G-21 Series).

Dental enamel hardness data were analysed with GLM Repeated Measure ANOVA test ($p < 0,05$) and One-way ANOVA test ($p < 0,05$).

Results and Discussions: The result showed dental enamel hardness number after 4 wt% hydroxyapatite paste application showed significant difference than untreated group, which was immersed in artificial saliva. Dental enamel hardness number after 4 wt% hydroxyapatite paste application for 14 days showed significant difference than 7 days.

Conclusion: It can be concluded that 4 wt% hydroxyapatite paste application for 14 days resulted in an increase of dental enamel hardness as in normal condition of dental enamel before erosion.

Corresponding Author:

Anastasia Elsa Prahasti
Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry,
Trisakti University, Jakarta, Indonesia
e-mail address: anastasia@trisakti.ac.id

How to cite this article: Santoso JH, Prahasti AE, Elline. (2024). EFFECT OF 4 wt% HYDROXYAPATITE PASTA ON DENTAL EMAIL HARDNESS. *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi* 20(1), 46-52. DOI: 10.46862/interdental.v20i1.8580

Copyright: ©2024 James Hartono Santoso This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. Authors hold the copyright without restrictions and retain publishing rights without restrictions.

PENGARUH PASTA HIDROKSIAPATIT 4 wt% TERHADAP KEKERASAN EMAIL GIGI

ABSTRAK

Pendahuluan: Erosi pada gigi dapat berpengaruh terhadap demineralisasi email gigi karena pH yang dibawah pH kritis 5,5 mengakibatkan kekerasan email gigi menurun. Remineralisasi dibutuhkan untuk mengembalikan mineral yang hilang. Hidroksiapatit memiliki kemiripan dengan komponen anorganik pada email gigi dan memiliki sifat biokompatibel. Hidroksiapatit dengan konsentrasi 4 wt% memiliki molar rasio Ca/P mendekati 1,67, yang mirip dengan email gigi manusia dan dapat meregenerasi email. Penelitian dilakukan untuk menganalisis pengaruh pasta hidroksiapatit 4 wt% terhadap kekerasan email gigi selama 7 dan 14 hari.

Bahan dan Metode: 20 premolar maksila dibagi menjadi 4 kelompok. Kelompok A1 diaplikasikan pasta hidroksiapatit 4 wt% selama 30 menit setiap harinya selama 7 hari, kelompok A2 diaplikasikan pasta hidroksiapatit 4 wt% selama 30 menit setiap harinya selama 14 hari, kelompok B1 direndam dalam saliva buatan selama 7 hari, kelompok B2 direndam dalam saliva buatan selama 14 hari. Seluruh kelompok kemudian direndam dalam saliva buatan yang diinkubasi dalam suhu 37°C selama 24 jam. Pengukuran kekerasan dilakukan pada awal, setelah erosi, dan akhir penelitian. Kekerasan email gigi diukur dengan Vickers Hardness Tester (Shimadzu HMV G-21 Series). Data kekerasan email gigi dianalisis dengan uji GLM Repeated Measure ANOVA ($p < 0,05$) dan One-way ANOVA ($p < 0,05$).

Hasil dan Pembahasan: Didapatkan hasil nilai kekerasan email gigi setelah pengaplikasian pasta hidroksiapatit 4 wt% berbeda signifikan dengan kelompok tanpa perlakuan yang direndam dalam saliva buatan. Nilai kekerasan email gigi setelah pengaplikasian hidroksiapatit 4 wt% selama 14 hari berbeda signifikan dengan pengaplikasian hidroksiapatit 4 wt% selama 7 hari.

Simpulan: Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengaplikasian pasta hidroksiapatit 4 wt% selama 14 hari menghasilkan peningkatan nilai kekerasan email gigi seperti pada kondisi normal email gigi sebelum erosi.

KATA KUNCI: Email gigi, erosi gigi, kekerasan email gigi, nilai kekerasan, pasta hidroksiapatit.

PENDAHULUAN

Prevalensi kasus erosi gigi pada gigi permanen mencapai 20% - 45% secara global.¹ Kemunculan erosi gigi dapat menyebabkan masalah fungsional, estetika, atau sensitivitas ketika tingkat kerusakannya terjadi secara berlebihan dan cepat.² Erosi gigi merupakan hilangnya struktur gigi dihasilkan dari proses kimia tanpa adanya mikroorganisme tertentu. Erosi gigi dapat terjadi karena faktor intrinsik yang melibatkan dari asam endogen seperti regurgitasi asam dari lambung ke dalam rongga mulut. Erosi ekstrinsik terjadi karena asam dari asal lingkungan, asal makanan, dan asal obat.³ Penampilan klinis dari erosi gigi memperlihatkan seluruh mahkota gigi dapat mengalami hilangnya karakteristik permukaan sehingga memberi penampilan seperti kaca buram karena hilangnya *enamel ridge* yang menjadi tumpul.⁴

Erosi gigi terjadi akibat proses demineralisasi email gigi oleh asam, tetapi bukan dari mikroorganisme seperti bakteri. Kondisi asam dengan pH dibawah 5,5 dapat menyebabkan demineralisasi gigi sehingga terbentuk porositas pada kristal email dan mengakibatkan erosi gigi

yang menurunkan kekerasan email gigi. Penelitian Gaalová et al. menunjukkan kekerasan mikro email gigi menurun setelah terpapar oleh anggur putih yang memiliki pH 3,5.⁵ Asam akan mengakibatkan pelepasan ion kalsium dan fosfat pada email gigi sehingga kristal apatit akan larut dan menghasilkan celah interprismatik yang lebih besar pada email gigi.⁶

Mekanisme perbaikan alami untuk mengembalikan mineral kembali ke kristal email gigi disebut sebagai proses remineralisasi. Bahan remineralisasi seperti fluorida sudah diperkenalkan sejak tahun 1980an, akan tetapi konsentrasi fluorida yang tinggi memiliki sifat yang beracun sehingga dikembangkan bahan remineralisasi alternatif.⁷ Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bajaj et al., menyimpulkan bahwa hidroksiapatit menunjukkan hasil remineralisasi yang signifikan dibandingkan dengan *casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate* (CPP-ACP) dan *tricalcium phosphate* (TCP).⁸

Hidroksiapatit (HAp) merupakan kalsium fosfat yang bersifat osteokonduktif, biokompatibel, dan memiliki kemiripan dengan bagian anorganik dari gigi dan tulang

manusia. Sifat biokompatibel dari hidroksiapatit didapatkan karena berasal dari sumber alam seperti tulang mamalia dan cangkang telur melalui kalsinasi sehingga dapat digunakan untuk remineralisasi gigi, pengurangan sensitivitas gigi, kontrol biofilm oral, dan pemutihan gigi.⁹ Cangkang telur memiliki konsentrasi kalsium karbonat yang tinggi terutama cangkang telur ayam.¹⁰ Limbah cangkang telur ayam berpotensi untuk di daur ulang untuk menjadi hidroksiapatit. Hidroksiapatit dengan konsentrasi 4 wt% memiliki molar rasio Ca/P mendekati 1,67 sehingga dapat meningkatkan regenerasi dan adhesi sel.¹¹

Kekerasan email gigi merupakan ketahanan gigi terhadap goresan, abrasi, dan deformitas akibat tekanan.¹² Kekerasan email gigi dipengaruhi oleh demineralisasi karena hidroksiapatit yang larut sehingga menurunkan kekerasan email dan menjadi rapuh.¹³ Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pasta hidroksiapatit 4 wt% terhadap kekerasan email gigi pada 7 dan 14 hari.

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental murni laboratorik in vitro dengan rancangan penelitian *pretest-posttest with control group design*. Lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium DMT Core Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti dan laboratorium Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada bulan November – Desember 2023. Sampel yang digunakan adalah 20 sampel gigi premolar maksila dari klinik gigi di Jakarta Utara yang diekstraksi karena kepentingan perawatan ortodonti.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: kertas amplas *silicon carbide* grit 320, 600, 1200, *carborundum disk*, cetakan pipa paralon, gelas beaker, gelas ukur, inkubator (Daihan Lab Tech Co, Namyangju, Korea Selatan), mikrobrush, mikromotor, mortar dan pestle, *Vickers Hardness Tester* (Shimadzu HMV-G21 Series, Shimadzu Corp, Kyoto, Japan), stopwatch, pinset, timbangan digital.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: gigi premolar maksila, asam fosfat 37%, resin akrilik dekoratif, saliva buatan (NaCl, KSCN, KH_2PO_4 , KCl,

Na_2HPO_4 , NaHCO_3 , dan urea), bubuk hidroksiapatit (PT. Alesha Berkah Utama, Bekasi, Indonesia), akuades, NaCMC, nipagin, gliserol, mentol.

Pembuatan pasta hidroksiapatit 4 wt% dilakukan dengan mencampurkan 80 mL akuades hangat dengan 2,5g nipagin dan 4 g NaCMC. Bubuk hidroksiapatit sebanyak 4g dibasahi dengan 10g gliserol dan kemudian dicampurkan dengan 0,5 g mentol dengan alkohol hingga larut. Nipagin dan NaCMC ditambahkan sehingga mendapatkan sediaan pasta.¹⁴

Perlakuan sampel dimulai dengan mempersiapkan sampel gigi premolar maksila dengan memisahkan bagian mahkota dan akar gigi dengan memotong bagian *cementoenamel junction* menggunakan *carborundum disk* dengan mikromotor *low-speed*. Sampel difiksasi pada resin akrilik dekoratif dan *hardner* yang dicetak menggunakan cetakan pipa paralon dengan bagian bukal menghadap ke atas. Setelah mengeras sampel diratakan dan di haluskan untuk mendapatkan permukaan yang datar dengan kertas amplas *silicon carbide* grit 320, 600, dan 1200. Sampel dibersihkan dengan akuades dan dibagi secara acak menjadi 4 kelompok. Kelompok A1 diberi perlakuan pasta HAp 4 wt% selama 7 hari setelah mengalami erosi, kelompok A2 diberi perlakuan pasta HAp 4 wt% selama 14 hari, kelompok B1 tidak diberi perlakuan namun direndam dalam saliva buatan setelah erosi dengan waktu 7 hari, dan kelompok B2 tidak diberi perlakuan namun direndam saliva buatan setelah mengalami erosi dengan waktu 14 hari. Pengukuran kekerasan sampel awal dilakukan dengan *Vickers Hardness Tester* dengan beban 300 g selama 15 detik ke tiga titik pada permukaan sampel. Untuk mensimulasikan erosi gigi, setiap sampel gigi diaplikasikan asam fosfat 37% selama 60 detik lalu dicuci menggunakan akuades dan dikeringkan dengan *air syringe*. Sampel dilakukan pengukuran kekerasan setelah erosi dengan *Vickers Hardness Tester*. Sampel perlakuan diaplikasikan 0,25 g pasta HAp 4 wt% selama 30 menit setiap harinya pada kelompok A1 selama 7 hari dan A2 selama 14 hari. Kelompok B1 dan B2 tidak diberi perlakuan namun direndam saliva buatan. Seluruh sampel direndam dalam saliva buatan dan di inkubasi dalam inkubator 37°C selama 24 jam. Pengukuran kekerasan

akhir sampel dilakukan setelah 7 dan 14 hari perlakuan menggunakan *Vickers Hardness Tester*.

Data yang diperoleh diuji secara statistic. Nilai kekerasan email gigi pada setiap kelompok dilakukan uji normalitas *Shapiro-Wilk* untuk melihat data terdistribusi normal dan dilanjutkan dengan uji homogenitas *Levene's Test* untuk melihat data homogen. Uji *GLM Repeated Measure ANOVA* dilakukan untuk melihat perbedaan kelompok kekerasan awal, kekerasan pasca erosi, dan kekerasan akhir. Uji *One-way ANOVA* dilakukan untuk melihat perbedaan antar kelompok perlakuan dengan kelompok tanpa perlakuan dan perbedaan antar waktu perlakuan. Penelitian ini mendapatkan persetujuan etika penelitian dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti dengan nomor *ethical clearance* 678A/S1/KEPK/FGK/9/2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Rerata nilai kekerasan email gigi pada kelompok A1, A2, B1, dan B2

Kelompok	n	Rerata (VHN) ± SD			p
		Kekerasan Awal	Kekerasan Pasca Erosi	Kekerasan Akhir	
A1	5	353,60 ± 13,57	254,33 ± 21,56	293,93 ± 13,41	<0,001*
A2	5	339,53 ± 21,96	257,40 ± 21,75	320,67 ± 10,19	<0,001*
B1	5	364,80 ± 15,84	232,60 ± 16,73	243,53 ± 15,18	<0,001*
B2	5	343,33 ± 30,76	235,53 ± 13,98	252,40 ± 8,91	<0,001*
p		0,285	0,118	<0,001†	

*Uji *GLM Repeated Measure ANOVA* (p<0,05)

† Uji *One-way ANOVA* (p<0,05)

Keterangan:

A1 = Kelompok perlakuan dengan pasta HAp 4wt% selama 7 hari

A2 = Kelompok perlakuan dengan pasta HAp 4wt% selama 14 hari

B1 = Kelompok tanpa perlakuan selama 7 hari B2 = Kelompok tanpa perlakuan selama 14 hari

Tabel 2. Nilai kemaknaan kekerasan akhir email gigi

	A1	A2	B1	B2
A1		0,015*	<0,001*	<0,001*
A2			<0,001*	<0,001*
B1				0,665
B2				

*Uji *Post Hoc Tukey* (p<0,05)

Tabel 3. Nilai kemaknaan perbedaan kekerasan kelompok A1

	Kekerasan		
	Awal	Pasca Erosi	Akhir
Awal		0,003*	<0,001*
Pasca Erosi			0,038*
Akhir			

*Uji *Post Hoc Pairwise Comparison* (p<0,05)

Tabel 4. Nilai kemaknaan perbedaan kekerasan kelompok A2

	Kekerasan		
	Awal	Pasca Erosi	Akhir
Awal		0,003*	0,120
Pasca Erosi			<0,001*
Akhir			

*Uji *Post Hoc Pairwise Comparison* (p<0,05)

Tabel 1 merupakan hasil rerata dan simpang baku nilai kekerasan email gigi pada kelompok A1, A2, B1, dan B2. Kelompok A2 Kelompok perlakuan dengan pasta HAp 4 wt% menunjukkan peningkatan kekerasan setelah mengalami penurunan kekerasan karena erosi gigi. Tabel 3 dan 4 menunjukkan perbedaan signifikan antar kekerasan pasca erosi dengan kekerasan akhir pada kelompok A1 dan A2. Kelompok perlakuan menunjukkan peningkatan kekerasan yang signifikan dibandingkan dengan kelompok tanpa perlakuan.

Remineralisasi dengan pasta hidroksiapatit 4 wt% terjadi ketika kalsium dan fosfat mengendap pada permukaan dan berdifusi ke dalam email gigi untuk membentuk lapisan apatit yang baru dan dapat meningkatkan kekerasan karena hidroksiapatit berpenetrasi ke dalam porositas dan menutup porositas pada permukaan email.¹⁵ Hidroksiapatit membentuk lapisan pada email karena lapisan tunggal partikel HAp memiliki sifat kohesif dan berkontak dekat dengan email. Hidroksiapatit berinteraksi dengan permukaan email dengan gaya elektrostatis karena sifat dipol HAp bertanggung jawab atas kohesi gugus kristalit.¹⁶ Interaksi lain antara hidroksiapatit dengan permukaan email terjadi gaya *van der Waals* dan ikatan hidrogen karena komposisi kimia yang dimiliki.¹⁸ *Mechanical interlocking* terjadi ketika pasta mengisi ketidakaturan pada permukaan email sehingga terjadi adhesi.¹⁷ *Mechanical interlocking* dapat terjadi karena kekasaran permukaan yang disebabkan oleh penonjolan kristalin yang berorientasi acak pada permukaan partikel HAp dan kristal yang terpapar oleh langkah demineralisasi akibat asam fosfat 37% pada permukaan email.¹⁶ Penelitian ini menggunakan HAp berukuran nano. HAp berukuran nano memiliki daya rekat yang baik dibandingkan dengan partikel berukuran besar karena partikel nano memiliki luas kontak yang lebih besar

dan akan mengalami ikatan yang lebih kuat karena muatan permukaan yang lebih tinggi akibat luas permukaan yang besar.¹⁷

Hubungan antar pasta HAp dan email gigi mewakili jembatan mineral yang terbentuk antara kristalit dari partikel HAp dan email karena ion-ion dari proses disolusi lokal dan HAp bertindak sebagai tempat terbentuknya kristal.¹⁷ HAp memiliki kelarutan yang rendah, namun sebuah penelitian menunjukkan bahwa kristalit email gigi dikelilingi oleh lapisan setebal 2 nm yang terdiri dari fase fosfat amorf yang kaya magnesium.¹⁸ Fase amorf mineral memiliki tingkat kelarutan jauh lebih tinggi dibandingkan fase kristalin sehingga dapat menjadi donor ion yang menggabungkan partikel HAp dan kristalit email.¹⁹ Ion tersebut dapat berasal dari daerah bawah permukaan karena kristalin email pada permukaan tidak memiliki lapisan amorf akibat langkah perlakuan asam fosfat 37%.¹⁷ Hidroksiapatit yang melekat pada permukaan email dapat membentuk lapisan pelindung yang menghasilkan permukaan yang lebih halus sehingga memperlambat perlekatan bakteri yang berpotensi membahayakan pada permukaan email. Ketika terpapar oleh asam, asam akan menyerang lapisan pelindung sehingga larut dan melepaskan ion kalsium dan fosfat yang dapat mempromosikan remineralisasi.^{20,21}

Kelompok perlakuan dengan pasta HAp 4 wt% selama 14 hari menunjukkan peningkatan kekerasan tertinggi dibandingkan kelompok perlakuan dengan pasta HAp 4 wt% selama 7 hari. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Vacharangkura²² yang menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan signifikan antara perubahan kehilangan mineral dan kedalaman lesi pada perlakuan dengan HAp selama 14 hari lebih rendah dibandingkan 7 hari.²² Tabel 4 menunjukkan bahwa kelompok A2 tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara kekerasan akhir dengan kekerasan awal karena konsentrasi kalsium dan fosfat yang tinggi dapat meningkatkan pengendapan kalsium dan fosfat pada mikroporositas email gigi. Pengendapan ini dapat menutup mikroporositas email gigi, sehingga proses remineralisasi terjadi. Semakin lama waktu paparan email gigi dengan pasta HAp 4 wt%, semakin tinggi nilai kekerasan email gigi.

Waktu pengaplikasian pasta HAp mempengaruhi proses remineralisasi hidroksiapatit karena jumlah terbentuknya presipitat bergantung dengan jumlah waktu paparan. Tabel 2 menunjukkan perbedaan signifikan antara kelompok A1 dengan A2. Hidroksiapatit memiliki struktur kristal berbentuk heksagonal yang ketika terjadi peningkatan HAp pada email dapat meningkatkan kepadatan dan menstabilkan prisma email sehingga berpengaruh terhadap kekerasan. Peningkatan kepadatan dapat memungkinkan gigi untuk menahan gaya pengunyahan dan menjadi kuat.²³ Ketika kedalaman lesi atau mikroporositas berkurang, kekerasan email gigi akan mengalami peningkatan. Kekerasan email dapat mempengaruhi kerentanan terjadi karies karena paparan email terhadap faktor lingkungan rongga mulut dan juga dikaitkan dengan tingkat abrasi pada gigi karena hilangnya jaringan pada permukaan gigi.⁷

Tabel 5. Nilai kemaknaan perbedaan kekerasan kelompok B1

	Kekerasan		
	Awal	Pasca Erosi	Akhir
Awal			
Pasca Erosi		<0,001*	<0,001*
Akhir			0,014*

*Uji Post Hoc Pairwise Comparison (p<0,05)

Tabel 6. Nilai kemaknaan perbedaan kekerasan kelompok B2

	Kekerasan		
	Awal	Pasca Erosi	Akhir
Awal			
Pasca Erosi		<0,001*	<0,001*
Akhir			0,014*

*Uji Post Hoc Pairwise Comparison (p<0,05)

Kekerasan tanpa perlakuan yang direndam saliva buatan juga mengalami peningkatan. Tabel 5 dan 6 menunjukkan perbedaan signifikan antara kekerasan pasca erosi dengan kekerasan akhir pada kelompok B1 dan B2. Peningkatan terjadi karena saliva buatan mengandung ion seperti fosfat yang dapat memicu terjadinya pembentukan kristal baru dan meningkatkan kekerasan email, akan tetapi peningkatan ini tidak signifikan seperti pada kelompok perlakuan karena pasta HAp 4 wt% memiliki kandungan kalsium dan fosfat.²⁴ Peningkatan kekerasan email gigi pada kelompok tanpa perlakuan yang direndam

saliva terjadi pada penelitian Devitasari¹⁵ yang menunjukkan peningkatan kekerasan email gigi setelah direndam dalam saliva buatan selama 7 hari.¹⁵ Perbandingan perendaman saliva 7 dan 14 hari tidak terdapat perbedaan yang bermakna karena jumlah konsentrasi fosfat dan tidak adanya kalsium pada saliva buatan. Konsentrasi akuades yang lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi fosfat tidak membantu proses remineralisasi pada email gigi.

SIMPULAN

Pasta hidroksiapatit 4 wt% berpengaruh dalam meningkatkan kekerasan email gigi. Waktu pengaplikasian pasta hidroksiapatit 4 wt% berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan email gigi. Pengaplikasian pastahidroksiapatit 4 wt% selama 14 hari memberikan hasil terbaik karena mampu mengembalikan kekerasan email gigi seperti pada kondisi normal gigi sebelum erosi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan untuk semua pihak yang sudah membantu dan memberikan kontribusi pada penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Schlueter N, Luka B. Erosive tooth wear - A review on global prevalence and on its prevalence in risk groups. *Br Dent J* 2018; 224(5):364–70. Doi: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.167>
- Paryag A, Rafeek R. Dental erosion and medical conditions an overview of aetiology, diagnosis and management. *West Indian Med J* 2014; 63(5):499–502. Doi: <https://doi.org/10.7727%2Fwimj.2013.140>
- Garg N, Garg A. *Textbook of operative dentistry*. Fourth ed. New Delhi: Jaypee Brothers; 2020. p. 388.
- Mount GJ, Hume WR, Ngo HC, Wolff MS. *Preservation and restoration of tooth structure*. Third ed. New Jersey: Wiley Blackwell; 2016. p.14.
- Gaalová P, Galusková D, Kováč J, Kováč D, Galusek D. Corrosion in acidic beverages and recovery of microhardness of human teeth enamel. *Ceramics – Silikaty* 2016; 60(2):105–14. Doi: <http://dx.doi.org/10.13168/cs.2016.0016>
- Irianti AN, Kuswandari S, Santoso AS. Effect of formula milk on the roughness and hardness of tooth enamel. *Dent J* 2021;54(2):78–81. Doi: <https://doi.org/10.20473/j.djmk.v54.i2.p78-81>
- Arifa MK, Ephraim R, Rajamani T. Recent advances in dental hard tissue remineralization: A review of literature. *Int J Clin Pediatr Dent* 2019; 12(2):139–44. Doi: <https://doi.org/10.5005%2Fip-journals-10005-1603>
- Bajaj M, Poornima P, Praveen S, Nagaveni NB, Roopa KB, Neena IE, et al. Comparison of CPP-ACP, Tri- Calcium phosphate and hydroxyapatite on remineralization of artificial caries like lesions on primary enamel: An in vitro study. *J Clin Pediatr Dent* 2016; 40(5):404–9. Doi: <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.5.404>
- Chen L, Al-Bayatee S, Khurshid Z, Shavandi A, Brunton P, Ratnayake J. Hydroxyapatite in oral care products: A review. *Materials (Basel)* 2021; 14(17):4865. Doi: <https://doi.org/10.3390%2Fma14174865>
- Utama J, Elline E, Subrata A, Prahasti AE, Azman SA. Cytotoxicity test of chicken eggshell-based hydroxyapatite on human dental pulp cells. *Sci Dent J* 2023; 7:22–5. Doi:10.4103/SDJ.SDJ_6_23
- Elline E, Ismiyatin K, Indah Budhy T, Bhardwaj A. The potential of egg shell hydroxyapatite, collagen, and EGCG (HAp-Col-EGCG) scaffold as a pulp regeneration material. *Saudi Dent J* 2022; 34(8):715–22. Doi: <https://doi.org/10.1016%2Fj.sdentj.2022.10.004>
- Molaasadolah F, Eskandarion S, EhsaniA, Sanginan M. In vitro evaluation of enamel micro hardness after application of two types of fluoride varnish. *J Clin Diagn Res* 2017; 11(8):ZC64–6. Doi: <https://doi.org/10.7860%2FJCDR%2F2017%2F30121.10412>

13. Mona D, Rifani A. Analisis perbedaan kekerasan permukaan enamel gigi antara perendaman dalam jus mangga dan jus jambu biji secara in vitro. *Jurnal Human Care* 2022; 6(1):113–9. Doi: <http://dx.doi.org/10.32883/hcj.v6i1.1087>
14. Setyawati A, Silviana F. Pengaruh Pasta Cangkang Telur Ayam Negeri Terhadap Email Gigi. *DJKG* 2019; 13(2):24–30.
15. Devitasari SP, Hudiwati M, Anastasia D. Effect of Hydroxyapatite From Waste Of Tilapia Bone (*Oreochromis niloticus*) On The Surface Hardness Of Enamel. *J Physc.: Conf. Ser* 2019; 1246(012009):1–7. Doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1246/1/012009>
16. Dehtjars J, Bistrovs V, Bistrova N, Karlov A, Meissner C, Kataševs A, Paramonova E, Połaka N. Size depended electrical properties of hydroxyapatite nanoparticles. In: *IFMBE Proceedings*. Vol.25/8: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Germany, Munich, 7-12 September, 2009. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp.230-232. ISBN 9783642038860.
17. Fabritius-Vilpoux K, Enax J, Herbig M, Raabe D, Fabritius HO. Quantitative affinity parameters of synthetic hydroxyapatite and enamel surfaces in vitro. *Bioinsp, Biomim and Nanobiomaterials* 2019; 8(2):141–53. Doi: <http://dx.doi.org/10.1680/jbibn.18.00035>
18. Fontaine A La, Zavgorodniy A, Liu H, Zheng R, Swain M, Cairney J. Atomic-scale compositional mapping reveals Mg-rich amorphous calcium phosphate in human dental enamel. *Sci Adv* 2016; 2(9):e1601145. Doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601145>
19. Meyer F, Amaechi BT, Fabritius HO, Enax J. Overview of calcium phosphates used in biomimetic oral care. *Open Dent J* 2018; 12(1):406–23. Doi: <https://doi.org/10.2174%2F1874210601812010406>
20. Enax J, Fabritius HO, Fabritius-Vilpoux K, Amaechi BT, Meyer F. Modes of action and clinical efficacy of particulate hydroxyapatite in preventive oral health care – state of the art. *Open Dent J* 2019; 13(1):274–87. Doi: <http://dx.doi.org/10.2174/1874210601913010274>
21. Meyer F, Enax J, Amaechi BT, Limeback H, Fabritius HO, Ganss B, et al. Hydroxyapatite as remineralization agent for children’s dental care. *Front. Dent. Med* 2022; 3:3859560. Doi: <https://doi.org/10.3389/fdmed.2022.859560>
22. Vacharangkura A, Kunawarote S. Effects of experimental nano- hydroxyapatite pastes on remineralization of early demineralized enamel. *RSU International Research Conference 2021*; 109–21.
23. Clift F. Artificial methods for the remineralization of hydroxyapatite in enamel. *Mater Today Chem* 2021; 21:100498. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtchem.2021.100498>
24. Ilyasa Da, Putri LSDE, Joelijanto R. Pemanfaatan ekstrak limbah biji buah alpukat (*Persea americana*) sebagai inhibitor korosi pada kawat ortodonti berbahan dasar nikel titanium: studi eksperimental laboratoris. *J Ked Gi* 2023; 35(2):172–8. Doi: 10.24198/jkg.v35i2.47779