

Effect of Immediate Toothbrush Replacement Following Scaling and Root Planing on Salivary *Streptococcus sanguinis* Levels in Gingivitis Patients

Pengaruh Penggantian Sikat Gigi Segera Setelah Scaling and Root Planing terhadap Kadar *Streptococcus sanguinis* Saliva pada Pasien Gingivitis

Muhammad Dzaky Sayyid Effendi ^a, Lino Sefa ^b and Nila Kasuma ^{c,*}

^a Master's Program in Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

^b Departement of Microbiology, Faculty of Medicine, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

^c Departement of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

*Corresponding Authors: nilakasuma@dent.unand.ac.id

Abstract

Gingivitis is an inflammatory condition associated with microbial biofilm accumulation. Scaling and root planing (SRP) is an effective therapy for reducing microbial load; however, bacterial recolonization may occur after treatment. This study aimed to evaluate the effect of toothbrush replacement as an adjunctive home-care intervention after SRP on salivary *Streptococcus sanguinis* levels in patients with gingivitis. This experimental study used a pretest–posttest intervention design involving 36 gingivitis patients divided into control and intervention groups (18 subjects each). All participants received SRP, while the intervention group received a new toothbrush after SRP. Clinical parameters, including Gingival Index (GI) and Oral Hygiene Index-Simplified (OHI-S), and salivary *S. sanguinis* levels were evaluated before and after intervention. Saliva samples were analyzed using quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR). Both groups showed significant improvements in GI and OHI-S after SRP ($p < 0.001$). The mean salivary *S. sanguinis* level in the control group decreased from 4.94 ± 0.13 to 4.93 ± 0.12 ($\Delta -0.01$; $p = 0.863$), while the intervention group decreased from 4.83 ± 0.23 to 4.76 ± 0.14 ($\Delta -0.07$; $p = 0.367$). Post-intervention analysis demonstrated a significantly lower *S. sanguinis* level in the toothbrush replacement group compared with the control group (4.76 ± 0.14 vs. 4.93 ± 0.12 ; mean difference = 0.16; 95% CI: 0.07–0.26; $p = 0.001$). Toothbrush replacement following SRP may provide additional benefits in controlling microbial colonization and supporting periodontal health maintenance in patients with gingivitis.

Keywords: Gingivitis; Dental Plaque; Oral Hygiene; Periodontal Therapy; *Streptococcus sanguinis*; Toothbrush Contamination; Microbial Colonization; Salivary Microbiome; Periodontal Maintenance; Molecular Microbiology

Abstrak

Gingivitis merupakan kondisi inflamasi yang berhubungan dengan akumulasi biofilm mikroba. Scaling and root planing (SRP) merupakan terapi utama untuk mengurangi beban mikroba, namun kolonisasi ulang bakteri dapat terjadi setelah perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian sikat gigi sebagai intervensi tambahan perawatan mandiri setelah SRP terhadap kadar *Streptococcus sanguinis* saliva pada pasien gingivitis. Penelitian eksperimental dengan desain pretest–posttest intervention study dilakukan pada 36 pasien gingivitis yang dibagi menjadi kelompok kontrol dan intervensi (masing-masing 18 subjek). Seluruh subjek mendapatkan terapi SRP, sedangkan kelompok intervensi diberikan sikat gigi baru setelah SRP. Pemeriksaan *Streptococcus sanguinis* saliva dilakukan menggunakan metode quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR), serta evaluasi klinis menggunakan Gingival Index (GI) dan Oral Hygiene Index-Simplified (OHI-S). Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan nilai GI dan OHI-S pada kedua kelompok setelah SRP ($p < 0,001$). Jumlah *S. sanguinis* pada kelompok kontrol menurun dari $4,94 \pm 0,13$ menjadi $4,93 \pm 0,12$ ($\Delta -0,01$; $p = 0,863$), sedangkan kelompok intervensi menurun dari $4,83 \pm 0,23$ menjadi $4,76 \pm 0,14$ ($\Delta -0,07$; $p = 0,367$). Perbandingan pascaintervensi menunjukkan jumlah *S. sanguinis* lebih rendah pada kelompok penggantian sikat gigi dibandingkan kontrol ($4,76 \pm 0,14$ vs. $4,93 \pm 0,12$; mean difference = 0.16; 95% CI: 0.07–0.26; $p = 0.001$). Penggantian sikat gigi setelah SRP berpotensi menjadi intervensi pendukung dalam perawatan gingivitis dengan memberikan efek tambahan terhadap pengendalian kolonisasi mikroba dan pemeliharaan kesehatan periodontal.

Kata Kunci: Gingivitis; Plak Gigi; Kebersihan Mulut; Terapi Periodontal; *Streptococcus sanguinis*; Kontaminasi Sikat Gigi; Kolonisasi Mikroba; Mikrobioma Saliva; Pemeliharaan Periodontal; Mikrobiologi Molekuler



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 15/05/2026,
Revised: 28/07/2026,
Accepted: 29/07/2026,
Available Online: 30/07/2026.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i3.1732>

Pendahuluan

Gingivitis merupakan salah satu kondisi inflamasi yang paling sering terjadi pada jaringan periodontal dan menjadi tahap awal penyakit periodontal yang disebabkan oleh akumulasi plak gigi. Kondisi ini ditandai oleh inflamasi yang terbatas pada jaringan gingiva tanpa disertai kehilangan perlekatan periodontal maupun kerusakan tulang alveolar yang bersifat ireversibel. Secara klinis, gingivitis ditandai dengan eritema, edema, dan perdarahan saat probing sebagai respons terhadap interaksi antara biofilm mikroba dan sistem imun pejamu [1,2]. Meskipun bersifat reversibel melalui pengendalian plak yang efektif dan terapi periodontal yang tepat, paparan mikroba yang persisten dapat mempertahankan inflamasi kronis dan meningkatkan risiko progresi menuju penyakit periodontal destruktif [1,3].

Perkembangan gingivitis melibatkan interaksi kompleks antara biofilm mikroba rongga mulut dan respons imun pejamu. Plak gigi merupakan biofilm terstruktur yang tersusun atas berbagai komunitas bakteri yang mengalami proses suksesi selama maturasi [4]. Di antara kolonisator awal, genus *Streptococcus*, termasuk *Streptococcus sanguinis*, berperan penting dalam memulai pembentukan biofilm dengan menyediakan permukaan adhesi bagi mikroorganisme berikutnya. Dalam kondisi sehat, komunitas mikroba berada dalam keadaan seimbang (homeostasis), sedangkan gangguan terhadap keseimbangan tersebut menyebabkan disbiosis yang memicu inflamasi periodontal. Oleh karena itu, perubahan komposisi bakteri kolonisator awal merupakan indikator yang relevan untuk menggambarkan perubahan ekologi mikroba selama perkembangan maupun pemulihan penyakit periodontal [5–7].

SRP merupakan terapi periodontal non-bedah yang menjadi standar dalam pengendalian gingivitis akibat plak dan penyakit periodontal. Tindakan ini bekerja secara mekanis dengan menghilangkan biofilm bakteri, kalkulus supragingiva maupun subgingiva, sehingga menurunkan beban mikroba dan memperbaiki lingkungan periodontal [7]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa SRP mampu mengubah komposisi mikrobiota rongga mulut dengan menurunkan populasi bakteri patogen sekaligus mendukung terbentuknya kembali komunitas mikroba yang berhubungan dengan kesehatan periodontal [8,9]. Selain itu, SRP juga mengurangi stimulasi inflamasi melalui penurunan produk bakteri yang mengaktifasi respons imun pejamu [10].

Meskipun SRP memiliki efektivitas yang tinggi, keberhasilan jangka panjang terapi periodontal sangat bergantung pada pemeliharaan kebersihan rongga mulut oleh pasien. Rongga mulut terus-menerus terpapar mikroorganisme sehingga kolonisasi ulang pada permukaan gigi yang telah dirawat dapat terjadi segera setelah terapi periodontal. Oleh karena itu, praktik kebersihan mulut yang baik, terutama menyikat gigi secara rutin, menjadi faktor penting untuk mempertahankan hasil terapi dan mencegah terjadinya kembali disbiosis mikroba [11,12]. Namun demikian, sikat gigi yang digunakan sehari-hari juga dapat menjadi reservoir potensial bagi berbagai mikroorganisme oral. Selama penggunaan berulang, bulu sikat gigi dapat terkontaminasi oleh mikroorganisme yang berasal dari plak gigi, saliva, maupun lingkungan sekitar. Berbagai penelitian melaporkan bahwa sikat gigi bekas pakai dapat mengandung berbagai spesies bakteri, seperti *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, dan *Klebsiella*, serta berbagai spesies jamur yang berpotensi berkontribusi terhadap persistensi dan transmisi mikroorganisme di dalam rongga mulut [9,13,14]. Selain meningkatkan risiko kontaminasi mikroba, penggunaan sikat gigi dalam waktu lama juga menyebabkan deformasi bulu sikat sehingga menurunkan efektivitas pembersihan plak secara mekanis [15].

Penggantian sikat gigi secara berkala telah direkomendasikan sebagai bagian penting dari pemeliharaan kebersihan mulut. Berbagai organisasi kesehatan gigi menganjurkan penggantian sikat gigi secara rutin untuk mempertahankan efektivitas mekanis dan meminimalkan akumulasi mikroorganisme [16].

Namun demikian, kebiasaan mengganti sikat gigi masih belum optimal pada berbagai populasi, sementara edukasi kesehatan gigi lebih banyak menekankan frekuensi dan teknik menyikat gigi dibandingkan pentingnya penggantian sikat gigi. Mengingat bahwa penggantian sikat gigi merupakan intervensi yang sederhana, murah, dan mudah diterapkan, evaluasi manfaatnya sebagai bagian dari pemeliharaan pasca-terapi periodontal menjadi penting secara klinis [6,13].

Penelitian mengenai penggantian sikat gigi hingga saat ini sebagian besar masih berfokus pada tingkat kontaminasi mikroba pada bulu sikat gigi serta potensi sikat gigi sebagai reservoir mikroorganisme. Blaustein et al. (2021) dan Zinn et al. (2020) melaporkan bahwa sikat gigi yang telah digunakan dapat menjadi tempat bertahannya berbagai mikroorganisme oral [13,14]. Sementara itu, Schmidt et al. (2014) menunjukkan bahwa *Streptococcus sanguinis* mampu bertahan hidup pada permukaan bulu sikat gigi setelah digunakan [17]. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum mengevaluasi apakah penggantian sikat gigi setelah terapi periodontal dapat memengaruhi perubahan mikrobiologis saliva maupun luaran klinis periodontal.

Di antara berbagai mikroorganisme rongga mulut, *Streptococcus sanguinis* dipilih sebagai target penelitian karena memiliki karakteristik biologis yang unik sebagai kolonisator awal biofilm gigi. Berbeda dengan bakteri periodontal patogen yang lebih dominan pada biofilm matur, *S. sanguinis* berperan pada tahap awal pembentukan biofilm sehingga perubahan jumlahnya dapat mencerminkan dinamika kolonisasi ulang setelah terapi periodontal. Selain dikenal sebagai bakteri komensal yang berkontribusi terhadap homeostasis mikroba melalui produksi hidrogen peroksida dan bakteriosin yang menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen, *S. sanguinis* juga berperan dalam proses suksesi biofilm dengan memfasilitasi adhesi mikroorganisme lain pada permukaan gigi [9,18]. Oleh karena itu, meskipun bukan merupakan patogen utama periodontal, perubahan kadar *S. sanguinis* merupakan indikator yang relevan untuk mengevaluasi perubahan ekologi mikroba setelah tindakan SRP.

Meskipun penggantian sikat gigi secara berkala telah direkomendasikan sebagai bagian dari praktik kebersihan mulut, bukti ilmiah mengenai dampaknya terhadap perubahan mikrobiologis spesifik setelah SRP masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak mengevaluasi luaran klinis periodontal atau tingkat kontaminasi mikroba pada sikat gigi, sedangkan penelitian yang menggunakan metode molekuler kuantitatif seperti quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) untuk menilai perubahan bakteri spesifik, termasuk *S. sanguinis*, masih sangat sedikit. Dengan demikian, belum diketahui secara jelas apakah penggantian sikat gigi segera setelah SRP dapat memengaruhi pola kolonisasi ulang *S. sanguinis* sebagai salah satu kolonisator awal biofilm selama proses penyembuhan periodontal. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut sekaligus memberikan dasar ilmiah bagi rekomendasi penggantian sikat gigi sebagai bagian dari pemeliharaan periodontal.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian sikat gigi sebagai intervensi perawatan mandiri tambahan setelah SRP terhadap kadar *Streptococcus sanguinis* saliva pada pasien gingivitis. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa penggantian sikat gigi segera setelah SRP akan menghasilkan penurunan kadar *S. sanguinis* saliva yang lebih besar dibandingkan tanpa penggantian sikat gigi, serta berkaitan dengan perbaikan parameter klinis periodontal.

Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan desain *pretest–posttest intervention non-randomized study* yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian sikat gigi setelah tindakan SRP terhadap perubahan kadar *Streptococcus sanguinis* saliva pada pasien gingivitis. Penelitian menggunakan dua kelompok paralel yang terdiri atas kelompok intervensi dan kelompok kontrol dengan pengukuran parameter klinis serta mikrobiologis sebelum intervensi (baseline) dan 14 hari setelah intervensi. Penelitian dilaksanakan pada periode Juli 2025 hingga Juni 2026 di Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia. Pemeriksaan klinis dan tindakan periodontal dilakukan di Rumah Sakit Gigi dan Mulut Universitas Andalas serta Klinik Kasum Dental, sedangkan analisis mikrobiologi dilakukan di Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Andalas.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh pasien yang didiagnosis mengalami gingivitis akibat plak dan datang untuk mendapatkan perawatan periodontal di Kota Padang. Sampel penelitian dipilih menggunakan

teknik purposive sampling sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Sebanyak 36 subjek memenuhi kriteria penelitian dan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok kontrol ($n = 18$) dan kelompok intervensi ($n = 18$). Besar sampel ditentukan menggunakan rumus Federer untuk penelitian eksperimental dua kelompok. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jumlah minimal 16 subjek pada setiap kelompok. Untuk mengantisipasi kemungkinan kehilangan subjek selama penelitian (*drop out*) sebesar 10%, jumlah sampel ditambah menjadi 18 subjek pada masing-masing kelompok sehingga total sampel penelitian adalah 36 orang.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi penelitian meliputi pasien berusia 15–24 tahun yang didiagnosis mengalami gingivitis akibat plak, bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian, dan menandatangani lembar persetujuan tertulis (*written informed consent*). Diagnosis gingivitis ditegakkan melalui pemeriksaan klinis menggunakan Gingival Index (GI) menurut Löe dan Silness yang dilakukan oleh dokter gigi.

Subjek tidak diikutsertakan apabila memenuhi salah satu kriteria eksklusi, yaitu pernah mengganti sikat gigi dalam tiga bulan terakhir, memiliki penyakit sistemik yang dapat memengaruhi kondisi periodontal, sedang menjalani perawatan ortodonti, menggunakan gigi tiruan lepasan, implan, mahkota (*crown*) atau jembatan (*bridge*), pernah menjalani tindakan SRP dalam enam bulan terakhir, menggunakan obat kumur dalam tujuh hari sebelum penelitian, mengonsumsi antibiotik sistemik, kortikosteroid, obat antiinflamasi, antikonvulsan, atau relaksan otot dalam tiga bulan terakhir, serta subjek yang tidak kooperatif selama penelitian.

Pemeriksaan Klinis

Sebelum dilakukan intervensi, seluruh subjek menjalani pemeriksaan klinis untuk memperoleh data dasar kondisi periodontal. Pemeriksaan meliputi penilaian Gingival Index (GI) sebagai indikator derajat inflamasi gingiva dan Oral Hygiene Index–Simplified (OHI-S) sebagai indikator status kebersihan rongga mulut.

Penilaian Gingival Index dilakukan menggunakan periodontal probe berdasarkan metode Löe dan Silness pada enam gigi indeks, yaitu gigi 16, 21, 24, 36, 41, dan 44. Apabila salah satu gigi indeks tidak ada, maka dilakukan penggantian dengan gigi yang berdekatan sesuai ketentuan indeks. Masing-masing gigi diperiksa pada empat permukaan, yaitu mesial, distal, bukal/labial, dan lingual/palatal. Setiap permukaan diberi skor 0–3, di mana skor 0 menunjukkan gingiva normal tanpa tanda inflamasi, skor 1 menunjukkan inflamasi ringan dengan sedikit perubahan warna dan edema tanpa perdarahan saat probing, skor 2 menunjukkan inflamasi sedang disertai kemerahan, edema, dan perdarahan saat probing, sedangkan skor 3 menunjukkan inflamasi berat dengan kemerahan yang nyata, edema, ulserasi, serta perdarahan spontan. Nilai GI setiap subjek diperoleh dari rata-rata seluruh skor permukaan gigi yang diperiksa.

Status kebersihan rongga mulut dinilai menggunakan Oral Hygiene Index–Simplified (OHI-S) yang terdiri atas penilaian indeks debris dan indeks kalkulus pada permukaan gigi indeks menurut Green dan Vermillion. Nilai OHI-S dihitung dengan menjumlahkan skor debris dan kalkulus, kemudian dikategorikan menjadi kebersihan mulut baik, sedang, atau buruk sesuai kriteria standar. Pemeriksaan klinis dilakukan sebelum tindakan SRP dan diulang kembali pada hari ke-14 setelah intervensi untuk mengevaluasi perubahan kondisi periodontal.

Prosedur Penelitian

Seluruh subjek yang memenuhi kriteria penelitian diberikan penjelasan mengenai tujuan, manfaat, serta prosedur penelitian, kemudian diminta menandatangani lembar persetujuan mengikuti penelitian. Setelah pemeriksaan klinis awal dan pengambilan sampel saliva baseline selesai dilakukan, seluruh subjek menjalani tindakan SRP sebagai terapi periodontal non-bedah.

Tindakan SRP dilakukan menggunakan ultrasonic scaler oleh dokter gigi sesuai prosedur standar. Instrumen dipegang menggunakan teknik modified pen grasp dengan finger rest sebagai titik tumpu selama tindakan. Ujung instrumen diaplikasikan pada permukaan gigi dengan angulasi sekitar 45°–90° terhadap permukaan gigi, kemudian digerakkan menggunakan gerakan vertikal, horizontal, dan oblik hingga seluruh plak dan kalkulus supragingiva maupun subgingiva berhasil dihilangkan. Setelah proses scaling selesai dilakukan evaluasi menggunakan sonde untuk memastikan tidak terdapat lagi deposit kalkulus pada

permukaan gigi. Selanjutnya dilakukan tindakan polishing menggunakan rubber cup dan pasta pumice untuk menghaluskan permukaan gigi.

Setelah tindakan SRP selesai, seluruh subjek diberikan dental health education mengenai pentingnya pemeliharaan kebersihan rongga mulut serta diinstruksikan menyikat gigi dua kali sehari menggunakan teknik Bass. Kelompok intervensi kemudian diberikan satu sikat gigi baru berbulu lembut (*soft-bristle toothbrush*) dan diminta menggunakan sikat gigi tersebut selama masa penelitian. Sebaliknya, kelompok kontrol tetap menggunakan sikat gigi yang telah digunakan sebelumnya. Seluruh peserta memperoleh edukasi mengenai penyimpanan sikat gigi yang benar, yaitu menyimpan sikat gigi dalam posisi tegak, membiarkan bulu sikat mengering secara alami, dan memisahkan sikat gigi dari sikat milik anggota keluarga lainnya untuk meminimalkan risiko kontaminasi silang mikroorganisme.

Pengumpulan Sampel Saliva

Sampel saliva utuh tanpa stimulasi (*unstimulated whole saliva*) dikumpulkan sebelum tindakan SRP (hari ke-0) dan 14 hari setelah intervensi. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari (08.00–11.00 WIB). Seluruh peserta diinstruksikan untuk tidak makan, minum, menyikat gigi, maupun menggunakan obat kumur selama satu jam sebelum pengambilan sampel. Sebelum pengambilan saliva, peserta berkumur menggunakan akuades selama 30 detik. Sampel saliva dikumpulkan menggunakan metode passive drooling hingga diperoleh volume sekitar 2 mL ke dalam *microtube* steril, kemudian disimpan di dalam cool box berisi *dry ice* dan dipindahkan ke freezer suhu -20°C sampai dilakukan analisis mikrobiologi.

Analisis Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction (qPCR)

Jumlah *Streptococcus sanguinis* dalam saliva dianalisis menggunakan metode quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) dengan AccuPower® *Streptococcus sanguinis* Real-Time PCR Kit (Bioneer, Korea). DNA hasil ekstraksi digunakan sebagai *template* pada campuran reaksi PCR yang terdiri atas 2× Master Mix, Oligo Mix, DNA template, dan DEPC-treated distilled water dengan volume akhir 25 μL . Amplifikasi dilakukan menggunakan *real-time thermal cycler* melalui tahap pre-denaturasi pada 95°C selama 5 menit, diikuti 45 siklus denaturasi pada 95°C selama 10 detik dan *annealing-extension* pada 55°C selama 20 detik. Hasil pemeriksaan dinyatakan sebagai $\log_{10}$ copy number/ μL berdasarkan kurva standar yang tersedia pada kit.

Parameter Penelitian

Parameter utama penelitian adalah perubahan kadar *Streptococcus sanguinis* saliva setelah tindakan SRP dengan atau tanpa penggantian sikat gigi. Parameter sekunder meliputi perubahan Gingival Index (GI) dan Oral Hygiene Index–Simplified (OHI-S). Seluruh parameter diukur sebelum intervensi dan 14 hari setelah intervensi, kemudian perubahan masing-masing parameter dihitung berdasarkan selisih nilai sebelum dan sesudah perlakuan (Δ).

Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan menggunakan SPSS. Distribusi data diuji dengan Shapiro–Wilk test. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan paired t-test untuk perbandingan sebelum dan sesudah intervensi dalam masing-masing kelompok serta independent t-test untuk membandingkan kedua kelompok. Apabila data tidak berdistribusi normal digunakan Wilcoxon signed-rank test dan Mann–Whitney U test. Data disajikan sebagai rerata $\pm$ simpangan baku atau frekuensi dan persentase, dengan tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada $p < 0,05$.

Persetujuan Etik

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Andalas dengan nomor 52/UN.16.2/KEP-FK/2026 sebelum pelaksanaan penelitian. Seluruh peserta diberikan penjelasan secara lisan dan tertulis mengenai tujuan, manfaat, prosedur, serta potensi risiko penelitian. Partisipasi dalam penelitian bersifat sukarela, dan seluruh peserta menandatangani lembar persetujuan tertulis (*written informed consent*) sebelum dilakukan pemeriksaan klinis maupun pengambilan sampel saliva. Seluruh prosedur penelitian dilaksanakan sesuai dengan prinsip-prinsip etik penelitian biomedis yang tercantum dalam Declaration of Helsinki serta menjamin kerahasiaan identitas seluruh peserta penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Sebanyak 36 pasien dengan gingivitis menyelesaikan penelitian dan dianalisis, masing-masing terdiri atas 18 peserta pada kelompok kontrol dan 18 peserta pada kelompok intervensi. Rata-rata usia peserta berada pada rentang dewasa muda (18–25 tahun), dengan rerata usia $21,39 \pm 1,68$ tahun pada kelompok kontrol dan $20,72 \pm 2,84$ tahun pada kelompok intervensi. Distribusi jenis kelamin menunjukkan proporsi yang tidak seimbang, di mana kelompok kontrol didominasi perempuan (66,7%), sedangkan kelompok intervensi didominasi laki-laki (83,3%). Meskipun demikian, kedua kelompok memiliki karakteristik klinis awal yang relatif sebanding berdasarkan nilai Gingival Index (GI) dan Oral Hygiene Index-Simplified (OHI-S) sebelum intervensi.

Perubahan Parameter Klinis

Setelah tindakan SRP, kedua kelompok menunjukkan perbaikan yang bermakna pada parameter klinis periodontal (Tabel 1). Pada kelompok kontrol, nilai GI menurun dari $1,23 \pm 0,75$ menjadi $0,79 \pm 0,52$ ($\Delta = -0,43$; $p < 0,001$), sedangkan pada kelompok intervensi menurun dari $1,13 \pm 0,76$ menjadi $0,40 \pm 0,17$ ($\Delta = -0,58$; $p < 0,001$). Penurunan yang serupa juga ditemukan pada nilai OHI-S, yaitu dari $3,29 \pm 2,28$ menjadi $2,24 \pm 1,45$ pada kelompok kontrol ($\Delta = -1,05$; $p < 0,001$) dan dari $3,10 \pm 1,89$ menjadi $1,43 \pm 1,05$ pada kelompok intervensi ($\Delta = -1,57$; $p < 0,001$). Meskipun kelompok intervensi menunjukkan penurunan GI dan OHI-S yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol, analisis perubahan antar kelompok menunjukkan bahwa perbedaan Δ GI ($p = 0,52$) maupun Δ OHI-S ($p = 0,08$) tidak mencapai signifikansi statistik.

Tabel 1. Perubahan Gingival Index dan Oral Hygiene Index-Simplified setelah SRP dengan atau tanpa penggantian sikat gigi

Parameter	Kelompok	Sebelum Intervensi Mean ± SD	Setelah Intervensi Mean ± SD	Δ Mean	p-value
Gingival Index	Kontrol	$1,21 \pm 0,55$	$0,63 \pm 0,32$	-0,58	<0,001
	Intervensi	$1,13 \pm 0,76$	$0,40 \pm 0,17$	-0,73	<0,001
Oral Hygiene Index-Simplified	Kontrol	$3,29 \pm 2,28$	$2,24 \pm 1,45$	-1,05	<0,001
	Intervensi	$3,10 \pm 1,89$	$1,43 \pm 1,05$	-1,57	<0,001

Perubahan *Streptococcus sanguinis*

Kadar *Streptococcus sanguinis* saliva dianalisis menggunakan quantitative real-time polymerase chain reaction (qPCR) dan dinyatakan sebagai log₁₀ copy number/μL. Analisis dalam masing-masing kelompok menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar bakteri setelah intervensi, namun perubahan tersebut tidak bermakna secara statistik. Pada kelompok kontrol, kadar *S. sanguinis* menurun dari $4,94 \pm 0,13$ menjadi $4,93 \pm 0,12$ ($\Delta = -0,01$; $p = 0,863$), sedangkan pada kelompok intervensi menurun dari $4,83 \pm 0,23$ menjadi $4,76 \pm 0,14$ ($\Delta = -0,07$; $p = 0,367$).

Tabel 2. Perubahan kadar *Streptococcus sanguinis* sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Sebelum Intervensi Mean ± SD	Setelah Intervensi Mean ± SD	Δ Mean	p-value
Kontrol	$4,94 \pm 0,13$	$4,93 \pm 0,12$	-0,01	0,863
Penggantian sikat gigi	$4,83 \pm 0,23$	$4,76 \pm 0,14$	-0,07	0,367

Meskipun perubahan pre-post pada masing-masing kelompok tidak signifikan, analisis perbandingan pasca-intervensi menunjukkan bahwa kelompok penggantian sikat gigi memiliki kadar *S. sanguinis* saliva yang secara bermakna lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol ($4,76 \pm 0,14$ vs $4,93 \pm 0,12$; mean difference = 0,16; 95% CI: 0,07–0,26; $p = 0,001$).

Tabel 3. Perbandingan kadar *Streptococcus sanguinis* pasca-intervensi antar kelompok

Kelompok	Mean $\pm$ SD	Mean Difference	95% CI	p-value
Kontrol	4,93 $\pm$ 0,12	0,16	0,07–0,26	0,001
Penggantian sikat gigi	4,76 $\pm$ 0,14			

Perbandingan Perubahan Antar Kelompok

Analisis perubahan (Δ) parameter klinis dan mikrobiologis antar kelompok menunjukkan bahwa kelompok intervensi memiliki kecenderungan penurunan yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Namun, perbedaan Δ OHI-S (mean difference = 0,52; 95% CI: -0,08 hingga 1,12; $p = 0,08$), Δ GI ($p = 0,52$), maupun Δ *S. sanguinis* (mean difference = 0,06; 95% CI: -0,08 hingga 0,21; $p = 0,38$) tidak menunjukkan signifikansi statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun penggantian sikat gigi berpotensi memberikan efek tambahan setelah SRP, besarnya perubahan yang terjadi selama periode observasi 14 hari belum cukup untuk menghasilkan perbedaan perubahan yang bermakna antar kelompok.

Tabel 4. Perbandingan perubahan (Δ) GI, OHI-S, dan *Streptococcus sanguinis* antar kelompok

Variabel	Kontrol Mean $\pm$ SD	Penggantian Sikat Gigi Mean $\pm$ SD	Mean Difference	95% CI	p-value
Δ OHI-S	-1,05 $\pm$ 0,82	-1,57 $\pm$ 0,94	0,52	-0,08–1,12	0,08
Δ <i>S. sanguinis</i>	-0,01 $\pm$ 0,18	-0,07 $\pm$ 0,24	0,06	-0,08–0,21	0,38

Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penggantian sikat gigi sebagai intervensi tambahan setelah SRP terhadap parameter klinis periodontal dan kadar *Streptococcus sanguinis* saliva pada pasien gingivitis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami perbaikan yang bermakna pada Gingival Index (GI) dan Oral Hygiene Index-Simplified (OHI-S) setelah SRP. Temuan ini menegaskan bahwa SRP tetap merupakan terapi utama dalam mengurangi inflamasi gingiva dan memperbaiki kebersihan rongga mulut melalui eliminasi biofilm dan kalkulus supragingiva maupun subgingiva. Debridemen mekanis yang efektif mengurangi akumulasi plak sehingga menurunkan stimulasi terhadap respons imun lokal dan mendukung proses penyembuhan jaringan periodontal [7].

Meskipun kelompok penggantian sikat gigi menunjukkan penurunan GI dan OHI-S yang lebih besar dibandingkan kelompok kontrol, analisis perubahan antar kelompok tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa manfaat utama terhadap perbaikan klinis masih didominasi oleh tindakan SRP, sedangkan penggantian sikat gigi kemungkinan hanya memberikan efek tambahan selama fase pemeliharaan awal setelah terapi periodontal. Efektivitas penggantian sikat gigi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti teknik menyikat gigi, kepatuhan pasien, kondisi bulu sikat, serta kebiasaan menjaga kebersihan sikat gigi, sehingga kontribusinya terhadap parameter klinis mungkin belum terlihat secara nyata dalam periode observasi selama 14 hari [15,19].

Berbeda dengan parameter klinis, hasil mikrobiologi menunjukkan pola yang menarik. Analisis pre-post pada masing-masing kelompok tidak menunjukkan penurunan kadar *Streptococcus sanguinis* yang bermakna secara statistik. Namun, analisis pasca-intervensi menunjukkan bahwa kelompok yang mengganti sikat gigi memiliki kadar *S. sanguinis* saliva yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa penggantian sikat gigi kemungkinan memengaruhi pola kolonisasi ulang bakteri setelah SRP, meskipun besarnya perubahan dalam masing-masing kelompok belum cukup untuk menghasilkan perbedaan yang bermakna selama periode pengamatan penelitian.

Berbeda dengan bakteri periodontal patogen klasik, *S. sanguinis* merupakan bakteri komensal yang berperan sebagai kolonisator awal biofilm dan berkontribusi dalam mempertahankan homeostasis mikrobiota rongga mulut melalui produksi hidrogen peroksida dan bakteriosin yang menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen [9,18]. Oleh karena itu, penurunan kadar *S. sanguinis* pada penelitian ini tidak dapat diartikan sebagai eliminasi bakteri yang menguntungkan maupun sebagai indikator tunggal keberhasilan terapi periodontal. Sebaliknya, perubahan tersebut kemungkinan mencerminkan terjadinya reorganisasi komunitas mikroba setelah SRP serta perubahan pola kolonisasi ulang akibat berkurangnya reservoir mikroorganisme dari sikat gigi yang telah digunakan [20]. Dengan demikian, keberhasilan terapi periodontal pada penelitian ini tetap lebih tepat dinilai berdasarkan perbaikan parameter klinis (GI dan OHI-S),

sedangkan perubahan kadar *S. sanguinis* merupakan indikator pendukung yang menggambarkan perubahan ekologi mikroba selama proses penyembuhan.

Terdapat tiga mekanisme biologis yang dapat menjelaskan bagaimana penggantian sikat gigi memengaruhi kadar *S. sanguinis* saliva setelah SRP. Pertama, sikat gigi yang telah digunakan dapat menjadi reservoir mikroorganisme karena bulu sikat terpapar secara berulang oleh saliva, plak, dan mikroorganisme lingkungan. Ketika sikat gigi yang sama digunakan kembali setelah terapi periodontal, bakteri yang masih bertahan pada permukaan bulu sikat berpotensi mengalami reinokulasi ke dalam rongga mulut selama proses menyikat gigi [21,22]. Kedua, deformasi bulu sikat akibat penggunaan yang berkepanjangan dapat menurunkan efektivitas pembersihan plak secara mekanis sehingga meningkatkan peluang kolonisasi ulang bakteri pada permukaan gigi [15,23]. Ketiga, penggunaan sikat gigi baru dengan bulu yang masih utuh meningkatkan efisiensi pembersihan plak sehingga mengurangi retensi biofilm sebagai tempat adhesi awal *S. sanguinis* maupun bakteri oral lainnya [13,24]. Mekanisme-mekanisme tersebut secara bersama-sama dapat menjelaskan mengapa kelompok intervensi menunjukkan kadar *S. sanguinis* pasca-terapi yang lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol.

Temuan penelitian ini sejalan dengan laporan Blaustein et al. yang menunjukkan bahwa sikat gigi yang telah digunakan dapat menjadi reservoir berbagai mikroorganisme oral sehingga berpotensi berkontribusi terhadap transmisi kembali mikroba ke dalam rongga mulut [14]. Penelitian Schmidt et al. juga melaporkan bahwa *S. sanguinis* mampu bertahan hidup pada permukaan bulu sikat gigi selama beberapa hari setelah digunakan [17]. Namun, penelitian tersebut hanya mengevaluasi viabilitas bakteri pada sikat gigi dan belum menghubungkannya dengan perubahan kadar bakteri saliva setelah terapi periodontal. Dengan demikian, penelitian ini memberikan informasi tambahan bahwa penggantian sikat gigi segera setelah SRP berpotensi memengaruhi kolonisasi ulang *S. sanguinis* selama fase awal penyembuhan periodontal. Di sisi lain, temuan ini berbeda dengan laporan Zinn et al. yang menyatakan bahwa komposisi mikrobioma pada sikat gigi lebih dipengaruhi oleh karakteristik pengguna dan material bulu sikat daripada lamanya penggunaan. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh variasi desain penelitian, populasi yang diteliti, serta parameter mikrobiologi yang digunakan [13].

Walaupun ditemukan perbedaan kadar *S. sanguinis* pasca-intervensi antar kelompok, analisis perubahan (Δ) kadar bakteri tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna. Hal ini menunjukkan bahwa efek biologis penggantian sikat gigi kemungkinan masih relatif kecil dibandingkan pengaruh utama SRP. Selain itu, periode observasi selama 14 hari mungkin belum cukup untuk menggambarkan dinamika kolonisasi ulang biofilm secara menyeluruh. Pembentukan biofilm merupakan proses yang berlangsung bertahap dan melibatkan interaksi kompleks antara bakteri komensal, bakteri patogen, saliva, serta respons imun pejamu. Oleh karena itu, perubahan komunitas mikroba setelah terapi periodontal kemungkinan memerlukan waktu observasi yang lebih panjang agar dapat diamati secara lebih jelas [25,26].

Secara klinis, hasil penelitian ini mendukung pentingnya memasukkan penggantian sikat gigi sebagai bagian dari instruksi pasca-SRP. Intervensi ini relatif sederhana, murah, mudah diterapkan, dan tidak menambah risiko resistensi antimikroba seperti penggunaan agen antimikroba kimia. Berdasarkan temuan penelitian ini, dokter gigi dapat memberikan edukasi kepada pasien untuk mengganti sikat gigi segera setelah tindakan SRP, terutama pada pasien dengan gingivitis kronis atau pasien yang memiliki kontrol plak kurang baik. Rekomendasi tersebut dapat melengkapi anjuran rutin untuk mengganti sikat gigi setiap tiga bulan sehingga membantu mengurangi kemungkinan kolonisasi ulang mikroorganisme dari sikat gigi lama selama fase awal penyembuhan periodontal.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil. Jumlah sampel relatif kecil sehingga kemampuan mendeteksi perbedaan antar kelompok menjadi terbatas. Periode observasi hanya selama 14 hari belum sepenuhnya menggambarkan dinamika kolonisasi ulang biofilm setelah terapi periodontal. Penelitian ini juga hanya mengevaluasi satu spesies bakteri, yaitu *S. sanguinis*, sehingga belum dapat merepresentasikan perubahan keseluruhan mikrobioma rongga mulut. Selain itu, penelitian ini tidak mengevaluasi secara langsung jumlah bakteri yang terdapat pada bulu sikat gigi sebelum dan sesudah penggantian, sehingga mekanisme reinokulasi hanya dapat dijelaskan berdasarkan literatur yang tersedia. Ketidakseimbangan proporsi jenis kelamin antar kelompok juga merupakan keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan ukuran sampel yang lebih besar, periode observasi yang lebih panjang, serta pendekatan analisis mikrobioma seperti 16S rRNA sequencing atau metagenomic analysis untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan komunitas mikroba setelah terapi periodontal.

Kesimpulan

Penggantian sikat gigi segera setelah SRP memberikan efek tambahan terhadap kondisi mikrobiologis pada pasien gingivitis, yang ditunjukkan oleh kadar *Streptococcus sanguinis* saliva pasca-intervensi yang secara signifikan lebih rendah pada kelompok intervensi dibandingkan kelompok kontrol ($p = 0,001$). Namun, perubahan kadar *S. sanguinis* dalam masing-masing kelompok maupun perbedaan perubahan antar kelompok tidak menunjukkan signifikansi statistik, sehingga temuan ini perlu diinterpretasikan sebagai indikasi perubahan ekologi mikroba setelah terapi periodontal, bukan sebagai eliminasi bakteri komensal. SRP tetap merupakan intervensi utama yang secara signifikan memperbaiki parameter klinis periodontal pada kedua kelompok, sedangkan penggantian sikat gigi berpotensi memberikan manfaat tambahan sebagai bagian dari pemeliharaan pascaterapi. Oleh karena itu, penggantian sikat gigi dapat dipertimbangkan sebagai strategi perawatan mandiri yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan untuk mendukung pemeliharaan kesehatan periodontal setelah terapi profesional. Secara klinis, dokter gigi disarankan untuk memasukkan edukasi mengenai penggantian sikat gigi segera setelah tindakan SRP, selain rekomendasi penggantian sikat gigi secara berkala, sebagai bagian dari instruksi pascaperawatan, terutama pada pasien dengan gingivitis kronis atau pasien yang memiliki risiko tinggi terhadap kolonisasi ulang mikroba.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang dapat mempengaruhi pelaksanaan dan pelaporan penelitian ini

Acknowledgment

Peneliti mengucapkan terimakasih atas dukungan dari Fakultas Kedokteran Universitas Andalas dan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Andalas

Referensi

- [1] Murakami S, Mealey BL, Mariotti A, Chapple ILC. Dental plaque – induced gingival conditions. J Clin Periodontol 2018;45:17–27. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12937>.
- [2] Chapple ILC, Mealey BL, Dyke TE Van, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et al. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium : Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri - Implant Diseases and Conditions. J Clin Periodontol 2018;45:68–77. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12940>.
- [3] Trombelli L, Farina R, Silva CO, Tatakis DN. Plaque-induced gingivitis. Case definition and diagnostic considerations. J Clin Periodontol 2018;45:44–67.
- [4] Sanz M, Beighton D, Ma C, Cury J, Dige I, Dommisch H, et al. Role of microbial biofilms in the maintenance of oral health and in the development of dental caries and periodontal diseases . Consensus report of group 1 of the Joint EFP / ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal disease. J Clin Periodontol 2017;44:5–11. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12682>.
- [5] Giordano-Kelhoffer B, Lorca C, March Llanes J, Rábano A, del Ser T, Serra A, et al. Oral Microbiota, Its Equilibrium and Implications in the Pathophysiology of Human Diseases: A Systematic Review. Biomedicines 2022;10:1–19.
- [6] Sanz M, Herrera D, Kebschull M, Chapple I, Jepsen S, Beglundh T, et al. Treatment of stage I – III periodontitis — The EFP S3 level clinical practice guideline. J Clin Periodontol 2020;47:4–60. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13290>.
- [7] Cobb CM, Sottosanti JS. A re-evaluation of scaling and root planing. J Periodontol 2021;92:1370–8.
- [8] Zhang Y, Qi Y, Lo ECM, Mcgrath C, Lei M, Dai R. Using next-generation sequencing to detect oral microbiome change following periodontal interventions : A systematic review. Oral Dis 2021;1073–89. <https://doi.org/10.1111/odi.13405>.
- [9] Zhu B, Macleod LC, Kitten T, Xu P. Streptococcus sanguinis biofilm formation & interaction with oral pathogens. Future Microbiol 2018;13:915–32.

- [10] Dewanjee P, Gogoi A, Srivastava SK, Sikdar C, Rana A. Host Modulation in Periodontology : Redefining Therapy Beyond Scaling and Root Planing. *Cureus* 2025;17:1–4. <https://doi.org/10.7759/cureus.93880>.
- [11] Stefano M Di, Polizzi A, Santonocito S, Romano A, Lombardi T, Isola G. Impact of Oral Microbiome in Periodontal Health and Periodontitis : A Critical Review on Prevention and Treatment. *Int J Mol Sci* 2022;23:1–14.
- [12] Andrea Mombelli. Microbial colonization of the periodontal pocket and its significance for periodontal therapy. *Periodontol 2000* 2018;76:85–96. <https://doi.org/10.1111/prd.12147>.
- [13] Zinn MK, Schages L, Bockmühl D. The toothbrush microbiome: Impact of user age, period of use and bristle material on the microbial communities of toothbrushes. *Microorganisms* 2020;8:1–18.
- [14] Blaustein RA, Michelitsch L, Glawe AJ, Lee H, Huttelmaier S, Hellgeth N, et al. Toothbrush microbiomes feature a meeting ground for human oral and environmental microbiota. *Microbiome* 2021;9:1–14.
- [15] Leeuwen MPC Van, Rosema MAM, Weijden FA Van Der, Slot DE. Toothbrush wear in relation to toothbrushing effectiveness. *Int J Dent* 2019;17:77–84.
- [16] ADA Science Institute. Toothbrush 2022:1.
- [17] Schmidt JC, Bux M, Filipuzzi-jenny E, Kulik EM, Walimo T, Walter C. Influence of time, toothpaste and saliva in the retention of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* on different toothbrushes. *SciELO Brazil* 2014;22:152–8.
- [18] Alves LA, Salvatierra GC, Freitas VA, Höfling JF. Diversity in Phenotypes Associated With Host Persistence and Systemic Virulence in *Streptococcus sanguinis* Strains. *Front Microbiol* 2022;13:1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.875581>.
- [19] Almeida-junior LA, Mellara TS. Maintenance and physical conditions of toothbrushes used by children with or without special needs : a cross-sectional study. *Rev Odontol Do Bras Cent* 2021;30:128–40. <https://doi.org/10.36065/robrac.v30i89.1418>.
- [20] Chen C, Hemme C, Beleno J, Jason Z, Daliang S, Yujia N, et al. Oral microbiota of periodontal health and disease and their changes after nonsurgical periodontal therapy. *ISME J* 2018;12:1210–24. <https://doi.org/10.1038/s41396-017-0037-1>.
- [21] Muhammed HO. Introduction : Microbiological procedures : *Tikrit J Dent Sci* 2017;5:126–34.
- [22] Sachdev R, Garg K, Singh G, Mehrotra A, Nigam K. Effectiveness of single use over multiple use toothbrushes on negative oral microflora of plaque. *J Fam Med Prim Care* 2019;8:3940–3. <https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc>.
- [23] Ledder RG, Latimer J, Forbes S, Penney JL, Sreenivasan PK, McBain AJ. Visualization and Quantification of the Oral Hygiene Effects of Brushing , Dentifrice Use , and Brush Wear Using a Tooth Brushing Simulator. *Front Public Heal* 2019;7:1–7. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00091>.
- [24] Kaneyasu Y, Shigeishi H, Niitani Y, Takemoto T. Manual toothbrushes , self-toothbrushing , and replacement duration to remove dental plaque and improve gingival health : A scoping review from recent research. *J Dent* 2024;148:105240.
- [25] Tao J, Sun Y, Wang G, Sun J, Dong S. Bioactive Materials Advanced biomaterials for targeting mature biofilms in periodontitis therapy. *Bioact Mater* 2025;48:474–92. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2025.02.026>.
- [26] Johnston W, Rosier BT, Artacho A, Paterson M, Brown JL, Ramage G, et al. Mechanical biofilm disruption causes microbial and immunological shifts in periodontitis patients. *Sci Rep* 2021;4:1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89002-z>.