

The tensile strength of layered bovine amniotic membrane and human amniotic membrane for periodontal guided tissue regeneration

Kekuatan tarik *layered bovine amniotic membrane* dan *human amniotic membrane* untuk *periodontal guided tissue regeneration*

¹I Komang Evan Wijaksana, ²Made Talitha Suryaningsih Pinatih

¹Department of Periodontology, Faculty of Dental Medicine Universitas Airlangga, Surabaya-Indonesia

²Periodontic Laboratory, Faculty of Dentistry, Universitas Mahasaraswati, Denpasar, Indonesia

Corresponding author: I Komang Evan Wijaksana, e-mail: i.komang.evan.w@fkg.unair.ac.id

ABSTRACT

This article aims to compare the tensile strength of coated bovine amniotic membrane (BAM) and human amniotic membrane (HAM) to assess the suitability of BAM as an alternative to HAM for periodontal guided tissue regeneration (GTR). Freeze-dried BAM (FDBAM) and freeze-dried HAM (FDHAM) were used as samples. The tensile strength of FDBAM and FDHAM was tested with an elongation rate of 10 mm/min. Five samples of each type of material coated with 2, 4, 6, 8, and 10 layers were tested. Data were statistically analysed ($\alpha=0.05$). Tensile strength tests showed that FDBAM had consistently higher tensile strength ($p<0.05$) compared to FDHAM in all layers measured. The increase in tensile strength of the amniotic membrane was not proportional to the increase in number of layers for both FDBAM and FDHAM. The highest tensile strength of FDBAM was found in the 6-layer sample, and the lowest in the 10-layer. The highest tensile strength of FDHAM was found in the 4-layer, and the lowest in the 2-layer sample. It is concluded that FDBAM has a higher tensile strength compared to FDHAM. The tensile strengths of FDBAM and FDHAM fulfil the minimum criteria for GTR membranes. FDBAM can be considered as a replacement for FDHAM as a membrane in periodontal GTRs because tensile strength is a very important factor.

Keywords: amniotic membrane, guided tissue regeneration, periodontitis, regenerative therapy, tensile strength.

ABSTRAK

Pada artikel ini dibandingkan kekuatan tarik *bovine amniotic membrane* (BAM) berlapis dan *human amniotic membrane* (HAM) untuk menilai kecocokan BAM sebagai alternatif dari HAM untuk *guided tissue regeneration* (GTR) periodontal. *Freeze-dried* BAM (FDBAM) dan *freeze-dried* HAM (FDHAM) digunakan sebagai sampel. Kekuatan tarik FDBAM dan FDHAM diuji dengan kecepatan pemanjangan 10 mm/menit. Lima sampel dari setiap jenis bahan dilapisi dengan 2, 4, 6, 8, dan 10 lapisan diuji. Data dianalisis secara statistik ($\alpha=0,05$). Uji kekuatan tarik menunjukkan bahwa FDBAM secara konsisten memiliki kekuatan tarik lebih tinggi ($p<0,05$) dibandingkan dengan FDHAM pada semua lapisan yang diukur. Peningkatan kekuatan tarik membran amniotik tidak sebanding dengan peningkatan jumlah lapisan untuk FDBAM dan FDHAM. Kekuatan tarik tertinggi FDBAM ditemukan pada sampel 6 lapis, dan terendah pada sampel 10 lapis. Kekuatan tarik FDHAM tertinggi ditemukan pada sampel 4 lapis, dan terendah pada sampel 2 lapis. Disimpulkan bahwa FDBAM memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan FDHAM. Kekuatan tarik FDBAM dan FDHAM memenuhi kriteria minimal untuk membran GTR. FDBAM dapat dipertimbangkan sebagai pengganti FDHAM sebagai membran pada GTR periodontal karena kekuatan tarik merupakan faktor yang sangat penting.

Kata kunci: membran amnion, *guided tissue regeneration*, periodontitis, terapi regeneratif, kekuatan tarik

Received: 10 December 2023

Accepted: 1 April 2024

Published: 1 August 2024

PENDAHULUAN

Periodontitis adalah penyakit inflamasi kronis tidak menular yang paling umum pada manusia. Studi Global Burden of Disease 2010 melaporkan prevalensi global periodontitis berat yang telah distandardisasi menurut usia sebesar 11,2%, menjadikannya kondisi keenam paling umum di dunia.¹ Prevalensi ini sedikit menurun menjadi 7,4% pada tahun 2015.² Namun demikian, bentuk periodontitis yang lebih ringan dapat memengaruhi hingga 50% populasi yang jika dibiarkan tidak terawat dapat bertambah keparahannya.³ Prevalensi periodontitis yang tinggi, menekankan perlunya solusi pengobatan dan regenerasi yang efektif.⁴

Kerusakan jaringan periodontal dapat menyebabkan komplikasi kesehatan yang serius jika tidak ditangani. Meskipun kerusakan tahap awal terkadang dapat dipulihkan melalui proses regeneratif alami, kerusakan periodontal yang lanjut sering memerlukan intervensi medis untuk mencapai regenerasi yang memadai.⁵ Studi menunjukkan bahwa terapi regeneratif, khususnya yang menggunakan membran penghalang atau derivatif matriks email dengan atau tanpa cangkok tulang, secara signifikan meningkatkan hasil klinis dibandingkan dengan debridemen flap terbuka tradisional.^{6,7}

Membran amnion telah mendapatkan perhatian sig-

nifikan dalam bidang kedokteran regeneratif karena sifat uniknya, seperti efek anti-inflamasi, imunogenisitas rendah, dan kemampuan untuk mendorong penyembuhan. *Human amniotic membrane* (HAM) telah banyak diteliti dan digunakan dalam berbagai aplikasi medis, termasuk rekonstruksi permukaan mata dan penyembuhan luka.⁸⁻¹⁰ Keberhasilannya dalam bidang-bidang itu telah mendorong peneliti mengeksplorasi potensinya dalam regenerasi periodontal. Studi terbaru menunjukkan bahwa HAM dapat meningkatkan regenerasi jaringan periodontal, menjadikannya kandidat yang menjanjikan untuk penelitian lebih lanjut.¹¹⁻¹³ Meskipun memiliki banyak keuntungan, ketersediaan HAM terbatas oleh jumlah donor, yang mendorong eksplorasi sumber alternatif seperti xenograf, termasuk *bovine amniotic membrane* (BAM).⁵

Sama dengan HAM, BAM memiliki banyak sifat menguntungkan, seperti biokompatibilitas dan kemampuan untuk mendorong proliferasi dan diferensiasi sel. Selain itu, ketersediaan jaringan sapi menjadikan BAM pilihan yang hemat biaya dan mudah diakses. Studi terbaru mulai mengeksplorasi potensi BAM, dengan hasil awal yang menjanjikan menunjukkan efikasinya dalam regenerasi jaringan.^{14,15} Temuan ini mendorong analisis komparatif BAM dan HAM untuk menentukan efektivitas relatif mereka dalam aplikasi klinis.

Meskipun hasil yang menjanjikan dari studi tentang HAM dan BAM, terdapat kekurangan pustaka mengenai analisis komparatif keduanya, terutama dalam konteks sifat mekanis seperti kekuatan tarik. Sebagian besar studi berfokus pada hasil biologis dan klinis penggunaan membran ini tetapi tidak secara menyeluruh menyelidiki ketahanan mekanis, yang penting untuk aplikasi praktis dalam regenerasi periodontal. Kurangnya studi komparatif langsung membuat para klinisi kesulitan untuk memilih bahan yang paling tepat berdasarkan kekuatan tarik dan daya tahan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah membandingkan kekuatan tarik BAM berlapis dan HAM untuk menentukan kesesuaian BAM sebagai alternatif dari HAM untuk berbagai aplikasi medis khususnya aperiodontal *guided tissue regeneration* (GTR). Kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya pada analisis komparatif langsung sifat mekanis HAM dan BAM, yang belum banyak dibahas dalam pustaka yang ada. Dengan berfokus pada kekuatan tarik, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah kritis dalam pustaka yang ada dan berkontribusi pada pengembangan biomaterial yang lebih efektif untuk regenerasi periodontal.

METODE

Membran amnion diambil dari plasenta sapi dan manusia yang diperoleh melalui proses persetujuan yang sesuai dengan etika penelitian. Membran amnion yang diperoleh dicuci menggunakan larutan chlorin 0,05% untuk menghilangkan kontaminan, korion yang menempel pada membran amnion dibuang. Membran amnion bersih dilakukan peregangan untuk memudahkan proses pengeringan dengan metode sublimasi atau kering beku, menghasilkan *freeze-dried* BAM (FDBAM) dan *freeze-dried* HAM (FDHAM). Kedua jenis membran ini kemudian disimpan pada suhu kamar dan disterilisasi menggunakan sinar gamma untuk memastikan tidak ada kontaminasi mikroba.⁵

Kekuatan tarik FDBAM dan FDHAM diuji menggunakan mesin Zwick&Roell Z 0.5 (Ulm, Jerman) dengan kecepatan elongasi 10 mm/menit. Sebelum pengujian, bahan dipotong menjadi strip dengan lebar sekitar 1 cm dan panjang 6 cm. Setiap jenis bahan dibuat berlapis dengan jumlah lapisan 2, 4, 6, 8, 10. Lima sampel dari setiap jenis bahan diuji untuk mendapatkan hasil yang representatif. Setiap sampel dilakukan pengukuran tebal

sampel pada 3 titik berbeda untuk mendapatkan tebal merata.

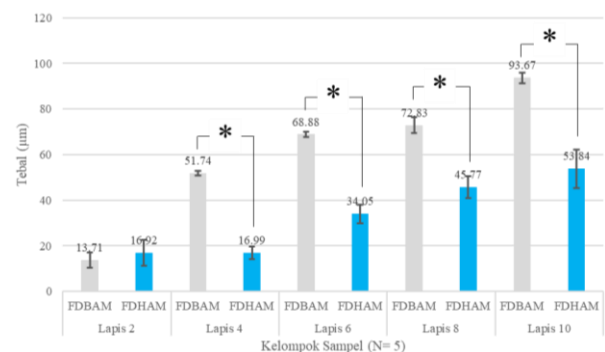
Data dianalisis secara statistik menggunakan SPSS-25 dengan tingkat kemaknaan (α) = 0,05. Uji normalitas dilakukan dengan Shapiro-Wilk untuk memastikan data terdistribusi normal. Homogenitas data diuji menggunakan uji Levene. Perbedaan antar kelompok diuji menggunakan uji *independent t-test*.

HASIL

Ketebalan dari FDBAM dan FDHAM dibandingkan pada beberapa lapisan. Ketebalan membran amnion sebanding dengan jumlah lapisan membran pada FDBAM maupun FDHAM. FDBAM secara konsisten memiliki rata-rata ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan FDHAM pada semua lapisan yang diukur kecuali pada sampel uji lapis 2 (tabel 1) yaitu FDBAM memiliki tebal 13,71±3,29 μ m, sedangkan FDHAM 16,92 ±5,62 μ m.

Secara signifikan FDBAM lebih tebal dibandingkan FDHAM pada sampel lapis 4 hingga 10 (Gbr. 1). FDBAM lapis 4 tebalnya 51,74±1,01 μ m, sedangkan FDHAM 16,99±2,71 μ m ($p < 0.050$). Pada sampel lapis 10, FDBAM memiliki tebal 93,67±2,39 μ m, sedangkan FDHAM memiliki tebal 53,84±8,46 μ m ($p < 0,050$).

Uji kuat tarik membran amnion menunjukkan FDBAM secara konsisten memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan FDHAM pada semua lapisan yang diukur (tabel 2). Kuat tarik membran amnion tidak sebanding dengan jumlah lapisan baik pada FDBAM maupun FDHAM. Kuat tarik FDBAM tertinggi didapatkan pada sampel lapis 6 dengan kuat tarik 67,8±6,93 MPa, dan kuat tarik terendah pada sampel lapis 10 dengan ku-



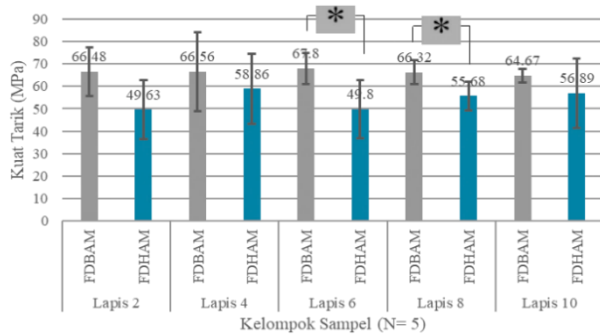
Gambar 1 Grafik beda ketebalan FDBAM dan FDHAM

Tabel 1 Rerata ketebalan membran amnion dan hasil uji statistik inferensial

Lapis	Jenis Amnion	N	Tebal (μ m)		Shapiro Wilk	Levene test	T-Test p-Value
			$\bar{X}$	SB			
Lapis 2	FDBAM	5	13,71	3,29	0,330	0,057	0,309
	FDHAM	5	16,92	5,62	0,079		
Lapis 4	FDBAM	5	51,74	1,01	0,811	0,210	0,000*
	FDHAM	5	16,99	2,71	0,496		
Lapis 6	FDBAM	5	68,88	1,19	0,116	0,084	0,000*
	FDHAM	5	34,05	4,06	0,880		
Lapis 8	FDBAM	5	72,83	3,48	0,099	0,229	0,000*
	FDHAM	5	45,77	4,76	0,251		
Lapis 10	FDBAM	5	93,67	2,39	0,335	0,010	0,000*
	FDHAM	5	53,84	8,46	0,491		

Ket.: $\bar{X}$: rerata, SB: simpang baku, *: beda bermakna pada $p < 0,05$

at tarik $64,67 \pm 3,04$ MPa. Kuat tarik FDHAM tertinggi didapatkan pada sampel lapis 4 dengan kuat tarik $58,86 \pm 15,66$ MPa, dan kuat tarik terendah pada sampel lapis 2 dengan kuat tarik $49,63 \pm 13,01$ MPa (Gbr.2).



Gambar 2 Grafik beda kuat tarik FDBAM dan FDHAM

PEMBAHASAN

Penelitian ini secara meyakinkan menunjukkan bahwa FDBAM secara konsisten memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan FDHAM di semua lapisan yang diuji. Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menyoroti sifat mekanik superior dari BAM dibandingkan dengan HAM.^{5,16,17} Studi Wells et al.¹⁷ melaporkan bahwa BAM umumnya memiliki kekuatan tarik yang lebih besar karena serat kolagen yang lebih tebal dan komposisi matriks ekstrasel yang lebih kuat dibandingkan dengan HAM.

Kekuatan tarik adalah sifat mekanik yang penting untuk membran penghalang GTR karena memastikan kemampuan membran untuk mempertahankan integritas struktur dan menahan gaya tarik selama proses regenerasi jaringan. Kekuatan tarik yang memadai sangat penting untuk mencegah keruntuhan membran, menyediakan fungsi penghalang yang efektif, dan mendukung regenerasi jaringan fungsional.^{18,19} Oleh karena itu, kekuatan tarik FDBAM yang lebih tinggi yang diamati dalam penelitian ini adalah keuntungan signifikan untuk aplikasi dalam prosedur GTR.

Hasil studi kami menunjukkan bahwa baik FDBAM maupun FDHAM memenuhi kriteria kekuatan tarik 3,5-22,5 MPa, seperti yang direkomendasikan untuk aplikasi GTR.^{20,21} Kekuatan tarik tertinggi dari FDBAM ditemukan pada sampel 6 lapis ($67,8 \pm 6,93$ MPa), sedangkan yang terendah pada sampel 10 lapis ($64,67 \pm 3,04$ MPa). Untuk FDHAM, kekuatan tarik tertinggi diamati pada

da sampel 4 lapis ($58,86 \pm 15,66$ MPa), dan yang terendah pada sampel 2 lapis ($49,63 \pm 13,01$ MPa). Hasil ini menunjukkan bahwa kedua membran cocok untuk GTR, tetapi kekuatan tarik yang lebih tinggi dari FDBAM dapat menawarkan manfaat tambahan untuk prosedur GBR.

Peningkatan kekuatan tarik dari membran 2 lapis ke membran 6 lapis dan penurunan selanjutnya pada membran 8 lapis dan 10 lapis dapat disebabkan oleh proses rekayasa penumpukan lapisan, yang menyebabkan penyusutan dan penebalan yang tampak dari membran. Penyusutan ini meningkatkan luas penampang (A) tanpa peningkatan gaya tarik (F) yang sesuai, menghasilkan kekuatan tarik (σ) yang lebih rendah. Fenomena ini juga dapat dipengaruhi oleh variabilitas alami dalam struktur dan komposisi membran amnion berbasis biopolimer, yang bergantung pada kualitas donor.¹⁷

Kekuatan tarik FDBAM yang lebih tinggi dibandingkan dengan FDHAM dapat dikaitkan dengan komposisi membran amnion. Amnion adalah lapisan paling kuat dari membran janin karena kandungan kolagennya yang kaya, terutama kolagen tipe I dan tipe III, dalam lapisan mesenkim. Kolagen ini adalah komponen penting yang memberikan kekuatan tarik pada membran amnion, menyoroti pentingnya kandungan kolagen dalam menentukan sifat mekanik.²²

Temuan kami konsisten dengan pustaka tentang pentingnya kekuatan mekanik dalam membran penghalang GTR. Sebagai contoh, kekuatan mekanik membran chitosan/poly(L-lactic acid) telah terbukti sebanding dengan membran komersial lainnya seperti Resolut® LT dan Biofix®, menekankan pentingnya sifat mekanik dalam memilih membran penghalang yang cocok untuk GTR.²³ Kemampuan membran untuk mempertahankan integritas struktur dan menyediakan penghalang yang stabil selama proses regenerasi jaringan sangat penting untuk keberhasilan prosedur GTR.

Penelitian ini terbatas pada kuat tarik dari membran amnion FDBAM dan FDHAM. Aspek penting lainnya yang perlu dipertimbangkan dalam aplikasi GTR adalah laju degradasi membran. Sementara membran kolagen sapi menunjukkan tingkat degradasi tertentu seiring waktu, HAM menunjukkan ketahanan terhadap degradasi lengkap bahkan setelah empat minggu, menunjukkan perbedaan dalam umur panjang membran ini selama prosedur GTR. Laju degradasi dapat memengaruhi efektivitas membran dalam menyediakan penghalang

Tabel 2 Rerata kuat tarik membran amnion dan hasil uji statistik inferensial

Lapis	Jenis Amnion	N	Kuat Tarik (Mpa)		Shapiro Wilk	Levene test	T-Test p-Value
			$\bar{X}$	SD			
Lapis 2	FDBAM	5	66.48	10.84	0.303	0.379	0.058
	FDHAM	5	49.63	13.01	0.505		
Lapis 4	FDBAM	5	66.56	17.54	0.340	0.721	0.485
	FDHAM	5	58.86	15.66	0.108		
Lapis 6	FDBAM	5	67.8	6.93	0.483	0.048	0.026*
	FDHAM	5	49.8	13.08	0.294		
Lapis 8	FDBAM	5	66.32	5.35	0.742	0.533	0.023*
	FDHAM	5	55.68	6.51	0.846		
Lapis 10	FDBAM	5	64.67	3.04	0.421	0.020	0.304
	FDHAM	5	56.89	15.55	0.266		

Ket.: $\bar{X}$: rerata, SB: simpang baku, *: beda bermakna pada $p < 0,05$

untuk regenerasi jaringan dan memengaruhi hasil keseluruhan dari perawatan GTR.²⁴

Studi Wijaksana et al.⁵ menunjukkan peningkatan laju degradasi seiring dengan bertambahnya durasi penelitian. Laju degradasi FDHAM setelah 7 hari ($90,468 \pm 11,668\%$) dan FDBAM ($86,030 \pm 6,934\%$) tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Data tentang laju degradasi membran amnion dalam penelitian ini lebih cepat dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Taghiabadi et al.²⁵ yang menyatakan bahwa laju degradasi membran amnion tetap konstan pada 40% setelah 7 hari. Perbedaan laju degradasi ini dapat disebabkan oleh adanya bahan crosslinking kimiawi carbodiimide hydrochloride (EDC)/N-hydroxysuccinimide (NHS) (4:1) dalam proses pembuatan membran amnion yang diselidiki oleh Taghiabadi et al.²⁵, sementara oleh Wijaksana et al., membran amnion digunakan tanpa bahan *crosslinking*. Laju degradasi membran amnion yang cepat menyebabkan hilangnya sifat mekanisnya, sehingga mekanisme *crosslinking* perlu dipertimbangkan baik secara fisik maupun kimia.

Selain kekuatan tarik dan sifat degradasi, morfologi dan karakteristik permukaan membran penghalang juga memainkan peran penting pada kinerjanya dalam prosedur GTR. Studi telah menyoroti pentingnya porositas membran, ukuran pori, topografi permukaan, dan kekasaran dalam memengaruhi oseointegrasi dan keberhasilan keseluruhan dalam aplikasi GTR dan GBR.²⁶ Sifat membran yang meningkatkan perlekatan, proliferasi, dan migrasi sel dapat berkontribusi pada hasil yang lebih baik dalam proses regenerasi jaringan.

Kemajuan dalam teknologi membran, seperti menggabungkan agen antimikroba atau struktur yang dimuat obat, dapat lebih meningkatkan efektivitas membran penghalang dalam aplikasi GTR. Misalnya, membran yang dihasilkan melalui teknik elektrospinning yang dimuat dengan agen anti-infeksi telah menunjukkan potensi untuk mengoptimalkan aplikasi klinis strategi GTR/

GBR dengan mencegah kolonisasi bakteri dan mempromosikan kelangsungan hidup sel.²⁷ Kemajuan ini bertujuan untuk mengatasi tantangan seperti kontrol infeksi dan peningkatan regenerasi jaringan pada prosedur GTR.

Inkorporasi komponen tertentu, seperti seng oksida, juga telah terbukti meningkatkan kekuatan tarik membran, lebih menekankan pentingnya komposisi bahan dalam mencapai sifat mekanik yang diinginkan. Temuan ini menunjukkan bahwa baik FDBAM maupun FDHAM memiliki kekuatan tarik yang sesuai untuk aplikasi GTR, dengan FDBAM menunjukkan kinerja superior karena kekuatan tariknya yang lebih tinggi.

Membandingkan kekuatan tarik antara HAM dan BAM sebagai membran penghalang GTR menyoroti pentingnya sifat mekanik, komposisi, laju degradasi, dan karakteristik permukaan dalam menentukan efektivitasnya. Kekuatan tarik yang lebih tinggi dari FDBAM, yang dipengaruhi oleh kandungan kolagennya dan integritas strukturnya, menunjukkan potensinya untuk kinerja superior dalam prosedur GTR dan GBR. Kemajuan dalam teknologi membran, termasuk modifikasi untuk sifat antimikroba dan pengiriman obat, terus meningkatkan kinerja membran penghalang dalam aplikasi GTR, membuka jalan bagi hasil yang lebih baik dalam kedokteran gigi regeneratif.²²

Riset ini menjembatani kesenjangan kritis dengan menyediakan data empiris yang mendukung penggunaan BAM dibandingkan HAM dalam aplikasi biomedis tertentu. Hal ini sangat relevan dalam GTR, yaitu mempertahankan integritas dan fungsi membran di bawah tekanan mekanik sangat penting untuk kesuksesan terapi.

Disimpulkan bahwa FDBAM memiliki kuat tarik yang lebih kuat dibandingkan FDHAM. Kuat tarik FDBAM dan FDHAM memenuhi kriteria minimal kuat tarik membran GTR. FDBAM dapat dipertimbangkan sebagai pengganti FDHAM sebagai membran dalam GTR periodontal yang kekuatan tarik merupakan faktor kritis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kashebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of severe periodontitis in 1990-2010: a systematic review and meta-regression. *J Dent Res* 2014;93(11):1045-53. <https://doi.org/10.1177/0022034514552491>
2. Kashebaum NJ, Smith AGC, Bernabé E. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990-2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors. *J Dent Res*. 2017;96(4):380-7. <https://doi.org/10.1177/0022034517693566>
3. Billings M, Holtfreter B, Papapanou PN, Mitnik GL, Kocher T, Dye BA. Age-dependent distribution of periodontitis in two countries: Findings from NHANES 2009 to 2014 and SHIP-TREND 2008 to 2012. *J Clin Periodontol*. 2018;45 Suppl 20: S130-48. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12944>
4. Tonetti MS, Jepsen S, Jin L, Otomo-Corgel J. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: A call for global action. *J Clin Periodontol*. 2017;44(5):456-62. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12732>
5. Wijaksana KE, Ulfah N, Setiawati EM. Freeze-dried bovine and human amnion membrane properties. *Biochem Cell Arch*. 2020;20:2883-9.
6. Sanz M, Herrera D, Kebschull M. Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol*. 2020;47 Suppl 22(Suppl 22):4-60. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13290>
7. West N, Chapple I, Claydon N, et al. BSP implementation of European S3 - level evidence-based treatment guidelines for stage I-III periodontitis in UK clinical practice. *J Dent*. 2021;106:103562. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103562>
8. Ingraldi AL, Audet RG, Tabor AJ. The preparation and clinical efficacy of amnion-derived membranes: a review. *J Funct Biomater* 2023;14(10). <https://doi.org/10.3390/jfb14100531>
9. Moradi S, Ormaza A, Ezra N. Dehydrated human amnion/chorion membrane allograft for postoperative wounds following Mohs micrographic surgery: a retrospective comparative evaluation. *Compend Clin Res Pract* 2023;35 (9):E282-6. <https://doi.org/10.25270/wnds/23034>
10. Garcia N, Jimenez V, Graham L, Huang C. Unique usages of dehydrated human amnion chorion membrane allografts in dermatology. *J Drugs Dermatol*. 2023;22(12):1228-31. <https://doi.org/10.36849/JDD.7115>

11. Khan A, Kothiwale SV. Evaluation on the efficacy of processed hydrated and dehydrated amnion chorion membrane on the proliferation of periodontal ligament fibroblasts. *Cell Tissue Bank* 2024;25(1):349–56. <https://doi.org/10.1007/s10561-023-10077-1>
12. Nemati M, Nowrouzi M, Nemati F, Alizadeh A. The improving effects of the amnion and chorion membranes on tissue regeneration in periodontal disorders: A systematic review. *Tissue Cell* 2023;83:102147. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2023.102147>
13. Chiou L-L, Ro M, Hamada Y. Periodontal regeneration with amnion-chorion membrane on root surface: a retrospective case series. *Int J Periodont Restor Dent*. 2023;43(5):550–9. <https://doi.org/10.11607/prd.6105>
14. Sakinah NN, Wahyukundari MA, Sari DS. Potential use of bovine amniotic membrane in periodontal tissue engineering: A literature review. *World J Adv Res Rev*. 2024;22(3):81–9.
15. Wibowo AR, Octarina O, Munadzir E, Handharyani E. The effect of application of bovine amniotic membrane on osteoblasts, osteocytes, and collagen in the post-extraction alveolar bone socket of Sprague Dawley rats. *Padjadjaran J Dent* 2023;35(2):162–8.
16. George AK, Dalvi YB, Balram B, KJ N, Anil S. Amnion and chorion membranes for root coverage procedures: An in vitro evaluation of its physical characteristics. *Periodontics Prosthodont*. 2018;4(02):12–6.
17. Wells HC, Sizeland KH, Kirby N, Haverkamp RG. Structure and strength of bovine and equine amniotic membrane. *Biol (Basel)*. 2022;11(8). <https://doi.org/10.3390/biology11081096>
18. Hidalgo PL, Trevelin SM, Dutra ZE, Santocildes RME, Hatton PV. Electrospun F18 bioactive glass/PCL-Poly(ϵ -caprolactone)-membrane for guided tissue regeneration. *Mater (Basel, Switzerland)*. 2018;11(3). <https://doi.org/10.3390/ma11030400>
19. Lazuardi MB, Widiyanti P, Supardi A. Physical evaluation of PCL-AgNPs biocomposites as guided tissue regeneration membrane. *J Teknol*. 2020;82(1):155–61.
20. Susanto A, Satari MH, Abbas B, Koesoemowidodo RSA, Cahyanto A. Fabrication and characterization of chitosan-collagen membrane from barramundi (*latas calcarifer*) scales for guided tissue regeneration. *Eur J Dent* 2019;13:370-5. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1698610>
21. Xue Y, Zhu Z, Zhang X. Accelerated bone regeneration by MOF modified multifunctional membranes through enhancement of osteogenic and angiogenic performance. *Adv Health Mater* 2021;10(6):e2001369. <https://doi.org/10.1002/adhm.202001369>
22. Wang L-Y, Wang W-S, Wang Y-W. Drastic induction of MMP-7 by cortisol in the human amnion: implications for membrane rupture at parturition. *J Publ Fed Am Soc Exp Biol* 2019;33(2):2770-81. <https://doi.org/10.1096/fj.201801216R>
23. Ku Y, Shim IK, Lee JY. Chitosan/poly(L-lactic acid) multilayered membrane for guided tissue regeneration. *J Biomed Mater Res A* 2009;90(3):766–72. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.31846>
24. Annie K, Yogesh B, Sunu A, Ruby V. A comparison of the in vitro resorption rate of human amnion membrane and commercially available bovine collagen membrane for potential periodontal applications. *Int J Periodontol Implantol* 2020; 2020: 6902. <https://doi.org/2457-0087>
25. Taghiabadi E, Nasri S, Shafieyan S, Jalili Firoozinezhad S, Aghdami N. Fabrication and characterization of spongy denuded amniotic membrane based scaffold for tissue engineering. *Cell J* 2015;16(4):476-87. <https://doi.org/10.22074/cellj.2015.493>
26. Bee S-L, Hamid ZAA. Asymmetric resorbable-based dental barrier membrane for periodontal guided tissue regeneration and guided bone regeneration: a review. *J Biomed Mater Res Appl Biomater* 2022;110(9):2157-82. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.35060>
27. Xue J, Niu Y, Gong M. Electrospun microfiber membranes embedded with drug-loaded clay nanotubes for sustained antimicrobial protection. *ACS Nano*. 2015;9(2):1600-12. <https://doi.org/10.1021/nn506255e>