

El microbioma capilar y su impacto en la evolución, el pronóstico y la respuesta terapéutica en los diferentes tipos de alopecias no cicatriciales

The hair microbiome and its impact on the evolution, prognosis, and therapeutic response in the different types of non-scarring alopecia

Martínez Suárez Hugo,¹ Estrach Panella María T.,² Espinoza González Nelly Alejandra³

¹ MARSU DERMATOLOGÍA, Puebla, Puebla, México

² Universidad de Barcelona, Barcelona, España

³ Centro de Dermatología de Monterrey, Universidad de Monterrey (UEM), Monterrey, Nuevo León, México

■ <http://www.doi.org/10.65159/DCMQ-24-1-18> ■ Recepción: 30-01-2026 ■ Aceptación: 16-02-2026

RESUMEN

Los trastornos capilares son cada vez mejor diagnosticados y tratados dentro de los diferentes servicios de atención médica especializada.

En los últimos años se ha identificado la importancia del microbioma folicular en el desarrollo de estos padecimientos, pues además de contar con propiedades únicas, también aporta un sistema de protección inmunológica que debe mantenerse en equilibrio, debido a que la disbiosis de este sistema está relacionada con las frecuentes recaídas y el daño que se extiende hasta la pérdida del privilegio inmunológico folicular.

PALABRAS CLAVE: *microbioma, alopecia, disbiosis, exposoma.*

ABSTRACT

Hair disorders are increasingly better diagnosed and treated within the various specialized healthcare services.

In recent years, it has been identified the importance of the follicular microbiome in the development of these conditions. In addition to having unique properties, it also provides an immune protection system that must be kept in balance, as dysbiosis in this system is linked to frequent relapses and damage that extends even to the loss of follicular immune privilege.

KEYWORDS: *microbiome, alopecia, dysbiosis, exposome.*

Introducción

La piel cabelluda alberga un microbioma complejo y dinámico compuesto por bacterias, hongos, virus y ácaros que interactúan estrechamente con el folículo piloso, el sistema inmune cutáneo y la barrera epidérmica. Alteraciones cualitativas o cuantitativas de este ecosistema se han relacionado con inflamación perifollicular, estrés oxidativo, disfunción inmunológica y daño en el nicho folicular, factores clave en distintos tipos de alopecias. Algunas enfermedades dermatológicas como la

psoriasis, la dermatitis atópica y el cáncer de piel también son el resultado de una interacción entre factores genéticos y ambientales.¹

La investigación que se ha llevado a cabo en los últimos años ha permitido poder realizar más y mejores diagnósticos y, como consecuencia, mejores tratamientos para beneficio de los pacientes, con un impacto positivo en su calidad de vida. Sin embargo, algunas veces, las recaídas y la exacerbación de estos padecimientos cutáneos parecieran ser una constante, esto muchas veces debido

CORRESPONDENCIA Hugo Martínez Suárez ■ dermahugo@yahoo.com.mx

© 2026 Los autores. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia **Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**. Publicado con  **index** en nombre de Medipiel Servicios Administrativos.

a factores tanto internos, es decir, propios del huésped, como también externos, a los que se les denomina exposoma. Este último está claramente influenciado por factores como el medioambiente, los hábitos personales de higiene, la dieta y procesos endógenos como infecciones, trastornos de tipo hormonal y metabólico. Estos factores pueden modificar la evolución y el pronóstico de las enfermedades cutáneas.

No podríamos entender los trastornos capilares sin una comprensión integral en la biología y en la patología del microbioma en el folículo piloso. Su razonamiento y entendimiento nos permiten poder tener una visión más clara del problema. Entender también que el microbioma capilar es único, pero que puede variar dependiendo del área anatómica en donde se encuentre, de la raza, de la edad de cada persona y del entorno en el que se desarrolla, es fundamental.^{2,3}

Objetivo

El objetivo de esta revisión es informar cómo el microbioma puede interactuar en el desarrollo de algunos trastornos capilares, en esta ocasión con un enfoque dirigido hacia alopecias de tipo no cicatricial. Entender cómo el microbioma, al ser modificado, puede mejorar o empeorar la evolución y el pronóstico de estas enfermedades y cómo la terapéutica también se ha modificado, siendo más integral y menos invasiva para beneficio de nuestros pacientes.

Tabla 1. Microbioma normal de la piel cabelluda.

Bacterias: <i>Cutibacterium acnés</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Corynebacterium spp.</i>
Hongos: <i>Malassezia restricta</i> <i>Malassezia globosa</i>
Ácaros: <i>Demodex folliculorum</i>

Tabla 2. Funciones fisiológicas.

Regulación del pH y del Sebo
Competencia con patógenos
Modulación de la inmunidad innata y adaptativa
Mantenimiento de la integridad del folículo piloso

Métodos

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura reportada hasta hoy en relación al microbioma capilar para poder tener más información sobre el comportamiento del mismo y mejorar sus condiciones y su equilibrio, de esta forma poder hacer un abordaje más completo. La información se buscó en plataformas como PubMed, Cochrane y Consensus. La búsqueda incluyó literatura del año 2010 a 2025.

Existe evidencia del papel del eje microbioma intestinal-cutáneo en la fisiopatología de diferentes formas de alopecias, tanto cicatriciales como no cicatriciales, donde se plantea la modulación de la microbiota como una potencial intervención para influir en la patogenia y evolución de estas condiciones.⁴

Las líneas de investigación actuales, así como los diferentes reportes, indican que, en la terapéutica de los trastornos capilares cicatriciales o no cicatriciales, el microbioma de la piel cabelluda tiene un valor adicional y que su entendimiento nos aporta un mayor apoyo para su resolución.

Para poder abordar las enfermedades capilares y su interacción con el microbioma, es importante conocer que existen factores tanto internos como externos que impactan en el folículo piloso y que son parte de lo que se conoce como exposoma. Estos factores implican características raciales y genéticas, alteraciones metabólicas, estado nutricional, así como respuestas hormonales.

También se ha investigado la importancia de los hábitos como fumar, alteraciones en el ciclo del sueño e incluso la obesidad en una relación directa con el daño del folículo piloso como unidad funcional y con el microbioma que lo acompaña.

La radiación ultravioleta y su influencia en el daño oxidativo en el folículo piloso se observa al reducir la proliferación de los queratinocitos e incrementar la apoptosis.

La participación de factores como la humedad y su influencia en la formación de radicales libres de oxígeno dañan la fibra capilar.⁵

En la actualidad, la unidad folicular cobra importancia para entender los diferentes tipos de alopecias que existen. Creer que la inflamación como eje rector de las alopecias se da en un contexto estrictamente inmunológico ya no es completamente aceptado. El papel de la unidad folicular dentro del desarrollo de estos trastornos capilares parece tener cada vez mayor relevancia. Así lo demuestran Polak-Witka, Rudnicka y colaboradores en su revisión, en donde especifican la parte infundibular como un reservorio de virus, bacterias y hongos, considerando esta zona

anatómica folicular con una gran actividad entre las células presentadoras de antígeno (células dendríticas) y células inmunológicamente activas. Por otra parte, la zona del promontorio o región bulbar es en donde las células madre llevan a cabo una importante función en la preservación de los folículos por largos periodos de tiempo. Al encontrarse en una disbiosis continua, daña directamente al privilegio inmunológico con las consecuencias que esto representa.

El papel del microbioma en esta región tiene un papel fundamental al ayudar a disminuir la inflamación y promover la reparación tisular.⁶

Daño al privilegio inmunológico y los trastornos capilares

La unidad folicular es relevante en el desarrollo de algunas enfermedades capilares y es importante recordar que existen otros reservorios del privilegio inmunológico en el cuerpo, particularmente en ojos, cerebro y en las gónadas. Pero la importancia de este sitio radica principalmente en crear un microambiente que restringe la inflamación inmunomediada, suprimiendo las vías de reconocimiento de antígenos, lo que da por resultado un proceso dinámico de mantenimiento y control que preserva este microambiente y evita la progresión de la inflamación.

Con base en estos hallazgos, el concepto de privilegio inmunológico dañado se aplicó en un inicio a las alopecias cicatriciales primarias, aunque aún se desconoce si el daño ocurre en las primeras etapas de la enfermedad, antes de su desarrollo, o se presenta como un efecto secundario de la misma.

Sin embargo, aún faltan algunos datos por conocer; uno de ellos es entender el papel que tienen las bacterias en otros tipos de alopecia. Tal es el caso, por ejemplo, de la foliculitis decalvante y su asociación con el *Staphylococcus aureus*, y cómo los superantígenos que se producen pueden contribuir tanto en las recaídas como en la cronicidad de esta enfermedad.⁷

Cuanta más profundidad alcanzan las células inflamatorias dentro de la unidad folicular por destrucción del privilegio inmunológico a consecuencia de los cambios

en el microbioma, mayor es la posibilidad de que exista una verdadera e irreversible pérdida del pelo, ya que se conoce que un cambio en el microbioma capilar superficial puede desencadenar una cascada de quimiocinas inflamatorias alrededor del bulbo. La alopecia areata en cualquiera de sus presentaciones ejemplifica muy bien este hallazgo.

Microbioma y alopecia areata

La patogenia de la alopecia areata hasta el momento no es totalmente clara; aunque existe evidencia de ser un trastorno autoinmune, también se conoce cierta predisposición genética y otros factores propios del paciente, así como algunos externos. Dada la relación existente entre la piel y la microbiota intestinal, se han realizado múltiples reportes en los últimos años que vinculan la participación del microbioma intestinal y cutáneo, en este caso, el capilar, en el desarrollo, tratamiento y pronóstico de los diferentes tipos de alopecia areata. (figura 1)

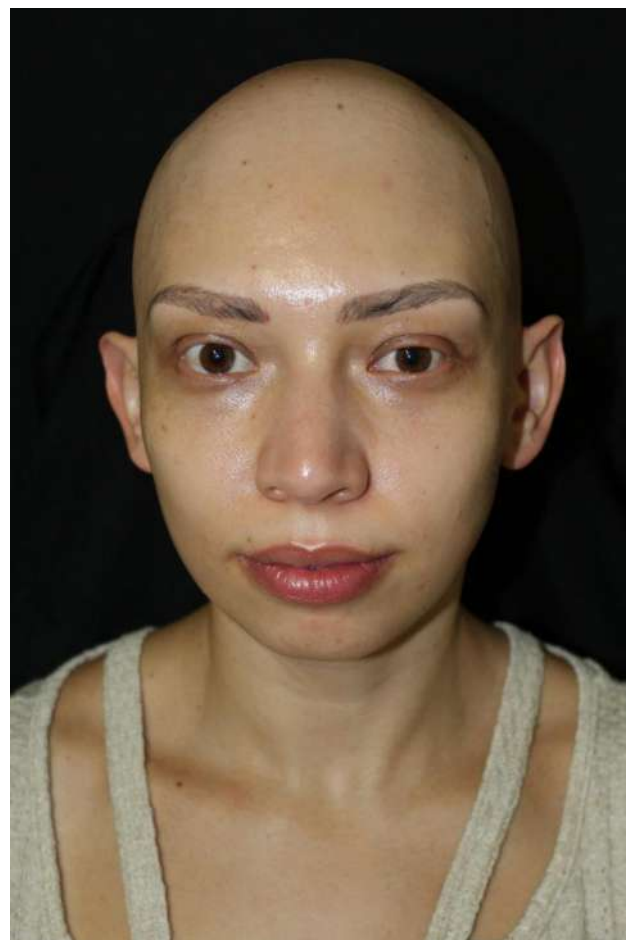


Figura 1. Alopecia areata universal.

Tabla 3. Disbiosis del microbioma y mecanismos patogénicos en alopecia.

Activación de TLR en queratinocitos y células inmunes
Producción de citocinas inflamatorias (IL-1b, IL-6, YNF-a)
Alteración del privilegio inmunológico en el folículo
Incremento del estrés oxidativo perifolicular
Daño de las células madre del promontorio

El folículo piloso permite que el microambiente de la piel cabelluda y su microbiota se relacionen prácticamente con todas las capas de la piel, otorgando las condiciones adecuadas para que la colonización de las bacterias sea continua y estable.

Condiciones como la humedad, la adecuada vascularización y la protección por parte de la fibra capilar contra la radiación solar permiten que las bacterias tengan un crecimiento adecuado, favoreciendo además de forma positiva al privilegio inmunológico.^{2,8}

Se conoce hasta ahora que, en condiciones normales y sin factores que desencadenen un proceso inflamatorio, esta relación entre el folículo piloso y las bacterias se mantiene equilibrada y en una relación mutuamente benéfica.

Cuando se hacen presentes las alteraciones en la microbiota del folículo piloso con la consecuente penetración de toxinas provenientes de algunos tipos de bacterias, principalmente aquellas que forman biopelículas, se lleva a cabo un proceso dinámico caracterizado por la respuesta inflamatoria inmediata, la cual se extiende hasta la región peribulbar del folículo, iniciando con esto el desarrollo de la alopecia areata. Es por esto que mantener el equilibrio del microbioma folicular es indispensable para mantener la homeostasis capilar y disminuir el riesgo.

Algunos autores sugieren la hipótesis de que existe una estrecha relación en el desarrollo de alopecia areata en cualquiera de sus formas y la dermatitis atópica, ambas entidades teniendo como resultado una alteración en la función de barrera, lo cual podría facilitar la penetración de antígenos bacterianos en las porciones más inferiores del folículo piloso.⁹

El colapso del privilegio inmunológico es el punto de partida para iniciar los mecanismos que detonan una alopecia areata. Los principales elementos inmunológicos en su desarrollo son: Linfocitos T CD8 e interferón gamma. Los primeros contribuyen en mayor medida en la pérdida capilar y además inician con la infiltración en el folículo piloso. El estrés oxidativo también juega un papel muy importante, particularmente cuando el cuadro inflamatorio está ya establecido, creando este desbalance entre los mecanismos pro-oxidantes y antioxidantes, los cuales coexisten para mantener la homeostasis, en este caso capilar. Sin embargo, este desequilibrio se pudiera presentar en condiciones que promuevan la formación de especies reactivas de oxígeno, tal como ocurre cuando están presentes infecciones, cuadros de hipoxia, eventos traumáticos, estrés físico y psicológico, así como senescencia celular.¹⁰

Pero pareciera que esto no es algo nuevo, pues desde el año 2019, Pinto y cols. pudieron demostrar por primera vez las alteraciones del microbioma capilar en pacientes con alopecia areata comparados con controles sanos. Es importante mencionar que la composición de la microbiota obtenida de las placas alopécicas se obtuvo mediante una técnica de hisopado y secuenciación del gen bacteriano ARNr 16S, lo cual da mayor autenticidad a los microorganismos encontrados.

Recientemente, en un estudio por Gomez-Arias et al. se demuestra que en alopecia areata existe una disbiosis significativa del microbioma cutáneo con diferencias de composición microbiana que se correlacionan con la severidad clínica (SALT) y con marcadores inflamatorios sistémicos, sugiriendo una relación entre microbiota y la respuesta inmunológica en AA.¹¹

Por otra parte, las proporciones halladas de bacterias como *Cutibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus aureus* se vieron incrementadas significativamente en pacientes con alopecia areata, por lo que se ha pensado que estas bacterias podrían ser consideradas biomarcadores de este tipo de alopecia.¹²

Alopecia androgénica y microbioma

La alopecia androgénica es la forma más común de pérdida capilar en hombres. El papel que desempeña la microflora en los momentos de miniaturización y pérdida aún no está del todo entendido. Lo que hasta ahora está más claro es que se acompaña de un proceso continuo de microinflamación. Se ha especulado que en este proceso están involucrados factores como gran cantidad de bacterias, radiación ultravioleta, IL-6 y una alta sensibilidad por parte de receptores de andrógenos.¹³ (figura 2)



Figura 2. Alopecia androgénica patrón masculino.

En los últimos años se ha estudiado arduamente la relación del microbioma en la piel; sin embargo, el cuero cabelludo es de los sitios menos estudiados, esto debido a su complejidad y a que tiene un microbioma propio, lo cual lo hace muy especial. Es la dermis, la zona de la piel cabelluda en donde se han identificado la mayoría de los microorganismos, y también se ha descubierto que los folículos pilosos y las glándulas ecrinas albergan bacterias dispuestas en pequeños compartimentos y que además están bien diferenciadas. Mediante el cultivo de colonias bacterianas, se ha podido descubrir que los folículos pilosos albergan al menos el 25% de la población microbiana de la piel cabelluda. Este hallazgo también se ha llevado a cabo a través de la secuenciación genética de la que nos hemos referido anteriormente.¹⁴

No podemos dejar fuera microorganismos que forman parte de este medio ambiente, pero que pudieran tener un papel más bien como oportunistas. En este rubro, entran algunos hongos como *Malassezia sp.*, la cual se asocia con la formación de escamas secas o untuosas y tiene como consecuencia la caída de pelo. Es imposible dejar de mencionar que la dermatitis seborreica, en múltiples ocasiones, acompaña a los cuadros de alopecia androgénica y también participa como coadyuvante en el proceso de microinflamación.

Por mucho tiempo se ha estudiado la participación activa de *Cutibacterium acnes* en la patogenia de la alopecia androgénica. Bryan-Siu, Eliza Xin et al. reportan por primera vez en su estudio de manera tajante la presencia de *C. acnes* en el pelo alopecico miniaturizado; ellos lo consideran como un patógeno oportunista encontrado de inicio en la superficie de la piel, pero puede prevalecer en el folículo piloso e incluso ser aislado de toda la unidad pilosebácea.

La existencia de la microinflamación, así como el infiltrado inflamatorio perifolicular, la elevación de prostaglandinas y citocinas, se han observado de manera constante en los folículos de pacientes con AAG y pudieran estar relacionados con el proceso de miniaturización. Esta evidencia indica que el microbioma pudiera estar involucrado en el desarrollo de la misma y no debemos olvidar, para fines de tratamiento, esta participación.

También, se ha observado que dicha población bacteriana cambia dependiendo del sitio anatómico folicular; así, el género *Burkholderia* predomina en la porción media de los folículos alopecicos, mientras que en los mismos pacientes con AAG, en la zona del vértex, en los pelos miniaturizados, los niveles de *C. acnes* fueron los que se encontraban elevados.

Por último, un estudio de Wang y colaboradores analiza la disbiosis del microbioma de la piel cabelluda en alopecia androgénica (AGA) mediante secuenciación 16S rRNA e ITS1, demostrando que el desequilibrio microbiano se extiende más allá de las áreas de pérdida de cabello y se correlaciona con la gravedad de la AGA, además de proponer un índice microbiano de salud del cuero cabelludo (MiSCH) como herramienta diagnóstica.¹⁵

El papel del microbioma en la dermatitis seborreica

Algunos de los padecimientos en los que se ha estudiado más la interacción del microbioma cutáneo son la dermatitis atópica y la dermatitis seborreica. Esta última se intensifica cuando el componente fúngico interactúa de forma negativa con la parte bacteriana, generando una disbiosis. De no darle atención, va en incremento y repercute directamente sobre la unidad folicular.

La mayoría de los estudios han revelado que los microorganismos como *Malassezia sp.*, *Cutibacterium sp.* y *Staphylococcus sp.* están en cantidades elevadas en los diferentes tipos de trastornos capilares y que su interacción generalmente se lleva a cabo de manera simbiótica. Esta interacción produce de forma positiva la formación de biopelículas que tienen un papel protector de la unidad folicular, pero si la disbiosis se da, entonces estas biopelículas tendrían un papel de ayuda para la colonización bacteriana folicular en la zona de la papila y en el infundíbulo. El resultado será el desarrollo del proceso inflamatorio y la presencia de escamas en la superficie de piel cabelluda, particularmente en las regiones inter y perifolicular¹⁶ (figura 3).

Hasta ahora, estudios como el de Saxena et al. nos revelan que una cierta proporción de bacterias comensales como *C. acnes* y *Staphylococcus epidermidis* podrían tener un papel, pero solamente como biomarcadores en el desarrollo de la dermatitis seborreica.¹⁶

Actualmente, *M. restricta* y, en menor medida, *M. globosa* son los principales hongos colonizadores de la piel cabelluda. Diversos reportes señalan que existe hasta un 25% de incremento en poblaciones de *Malassezia* en todos sus géneros cuando se incrementa la actividad de la dermatitis seborreica con descamación e incluso está también asociada a psoriasis de la cabeza.¹⁷

Es interesante observar cómo los diferentes tipos de *Malassezia* se adaptan dependiendo de factores humanos, tanto externos como internos; es aquí donde el exposoma tiene también su grado de relevancia. Factores propios del huésped como el sebo, el sudor y su propio sistema autoinmune determinan el grado de propagación del



Figura 3. Dermatitis seborreica.



Figura 4. Envejecimiento capilar.

hongo y factores externos como la radiación ultravioleta, la temperatura y la humedad son responsables de alterar también a las bacterias, produciendo la ya mencionada disbiosis con la consecuente inflamación que termina por debilitar los folículos y hacerlos vulnerables para obtener como resultado su caída.¹⁸

Envejecimiento capilar y microbioma

Actualmente, se ha estudiado el papel del microbioma, su desequilibrio y su importancia en lo que se le denomina el envejecimiento capilar. Recientes investigaciones han demostrado un cambio en el microbioma de la piel cabelluda relacionado con la edad y se ha podido evidenciar su alteración en relación con el envejecimiento del pelo. (figura 4)

Además de las bacterias ya conocidas en el microbioma capilar, algunos ácaros del género *Demodex* contribuyen al envejecimiento capilar. En condiciones normales, *Demodex* se mantiene en niveles bajos, pero con una infestación creciente en la piel cabelluda envejecida. En el reporte de González et al. observaron una pérdida sustancial del pigmento capilar, revelando un papel significativo de las interleucinas 4 y 13 (IL-4 e IL-13).¹⁹

Conclusiones

El microbioma capilar tiene un papel muy importante en el desarrollo y pronóstico de algunos tipos de alopecia no cicatricial. En las alopecias cicatriciales también está involucrado, pero de una forma más compleja.

Hasta ahora se conocen algunas bacterias que siempre están implicadas en procesos de microinflamación, como en la alopecia areata y la alopecia androgénica. Estas bacterias, como *C. acnes* y *Staphylococcus epidermidis*, incrementan su población y tratan de colonizar la mayor cantidad de folículos, rompiendo con el privilegio inmunológico y desencadenando la inflamación con la consecuente pérdida capilar. La importancia de tener esta información radica en que, al ofrecer tratamientos a nuestros pacientes, también podríamos eliminar a las bacterias que actúan de forma mutualista con nuestro ambiente capilar y prevenir el avance de una alopecia areata o ayudar a detener la miniaturización folicular en la alopecia androgénica.

Por otro lado, la presencia siempre constante del género *Malassezia* nos genera incertidumbre por la fuerte asociación que tiene con la dermatitis seborreica. Sin embargo, hemos leído que, en el caso de que se agreguen bacterias oportunistas, lo podemos detectar a través del prurito y/o de la descamación intensa.

Se destaca entre las recientes líneas de investigación las relacionadas con el envejecimiento capilar y la participación de algunos ácaros como *Demodex*, que no solo estarían relacionados con cuadros inflamatorios como la rosácea, sino que también tendrían presencia en el proceso de envejecimiento capilar.

Para finalizar, es importante resaltar la participación del exposoma en este tipo de trastornos capilares, pues ya

se ha confirmado que la exposición continua a radiación solar, el tabaco, el agua de la ducha con altas temperaturas, el estrés físico y psicológico, así como la humedad, también están relacionadas con el desarrollo del exceso de sebo, la caspa y la pérdida capilar.^{18,19}

Financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento de los sectores públicos, comercial o sin fines de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

Referencias

- Manuel Molina-García, Corinne Granger, Carles Trullàs, Susana Puig. Exposome and Skin: Part 1. Bibliometric Analysis and Review of the Impact of Exposome Approaches on Dermatology; 12:345–359: 2022
- M.B. Lousada, T. Lachnit, J. Edelkamp, and R. Paus. Exploring the human hair follicle microbiome. *British Journal of Dermatology*, Volume 184, Issue 5, Pages 802–815: 2021
- Barquero-Orias D, Muñoz Moreno-Arrones O, Vanó-Galván S. Alopecia y microbioma: ¿futura diana terapéutica? *ACTAS Dermo-Sifiliográficas* 112; 495-502:2021
- Carrington AE, Maloh J, Nong Y, Agbai ON, Bodemer AA, Sivamani RK. The Gut and Skin Microbiome in Alopecia: Associations and Interventions. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2023 Oct;16(10):59-64
- Cedirian S *, Prudkin L, Piraccini BM, Santamaria J, Piquero-Casals J, Saceda-Corralo D. The exposome impact on hair health: etiology, pathogenesis and clinical features — Part I. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 2025;100(1):131—140
- Polak-Witka, Rudnicka Lidia, Blume-Peytavi, Vogt Anikka. The role of the microbiome in scalp hair follicle biology and disease. *Experimental Dermatology*. 2020;29:286–294.
- Constantinou, A.; Kanti, V.; Polak-Witka, K.; Blume-Peytavi, U.; Spyrou, G.M.; Vogt, A. The Potential Relevance of the Microbiome to Hair Physiology and Regeneration: The Emerging Role of Metagenomics. *Biomedicines* 2021, 9, 236.
- Sánchez-Pellicer P, Núñez-Delegido, E. Agüera-Santos, J.; Navarro-López, V. How Our Microbiome influences the pathogenesis of alopecia areata. *Genes* 2022, 13, 1860.
- Malik, K.; Guttman-Yassky, E. Cytokine Targeted Therapeutics for Alopecia Areata: Lessons from Atopic Dermatitis and Other Inflammatory Skin Diseases. *J. Investig. Dermatol. Symp. Proc*. 2018, 19, S62–S64
- Peterle, L.; Sanfilippo, S.; Borgia, F.; Cicero, N.; Gangemi, S. Alopecia Areata: A Review of the Role of Oxidative Stress, Possible Biomarkers, and Potential Novel Therapeutic Approaches. *Antioxidants* 2023, 12, 135.
- Gómez-Arias PJ, Gay-Mimbrera J, Rivera-Ruiz I, Aguilar-Luque M, Juan-Cencerrado M, Mochón-Jiménez C, Gómez-García F, Sánchez-González S, Ortega-Hernández A, Gómez-Garre D, Parra-Peralbo E, Isla-Tejera B, Ruano J. Association Between Scalp Microbiota Imbalance, Disease Severity, and Systemic Inflammatory Markers in Alopecia Areata. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2024 Nov;14(11):2971-2986.
- Pinto, D.; Sorbellini, E.; Marzani, B.; Rucco, M.; Giuliani, G.; Rinaldi, F. Scalp bacterial shift in alopecia areata. *PLoS One* 2019, 14, e0215206
- Ho BS-Y, Ho EXP, Chu CW, Ramasamy S, Bigliardi-Qi M, de Sessions PF, et al. Microbiome in the hair follicle of androgenetic alopecia patients. *PLoS ONE* 2019; 14(5)
- Nakatsuji T, Chiang H-I, Jiang SB, Nagarajan H, Zengler K, Gallo RL. The microbiome extends to subepidermal compartments of normal skin. *Nature communications*. 2013; 4:1431.
- Wang X, Li F, Sun Y, Meng F, Song Y, Su X. Microbial dysbiosis and its diagnostic potential in androgenetic alopecia: insights from multi-kingdom sequencing and machine learning. *mSystems*. 2025 Jun 17;10(6):e0054825.
- Saxena R, Mittal P, Clavard C, Dhakan DB, Hegde P, Veeranagaiah MM, Saha S, Souverain L, Roy N, Breton L, Misra N, Sharma VK. Comparison of Healthy and Dandruff Scalp Microbiome Reveals the Role of Commensals in Scalp Health. *Front. Cell. Infect. Microbiol*. 2018; 8:346.
- Tett, A., Pasolli, E., Farina, S., Truong, D. T., Asnicar, F., Zolfo, M., et al. Unexplored diversity and strain-level structure of the skin microbiome associated with psoriasis. *NPJ Biofilms Microbiomes*. 2017; 3:14.
- Magnúsdóttir, S., Ravcheev, D., De Crécy-Lagard, V., and Thiele, I. (2015). Systematic genome assessment of B-vitamin biosynthesis suggests co-operation among gut microbes. *Front. Genet*. 6:148. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00148>
- Liang A, Fang Y, Ye L, Meng J, Wang X, Chen J and Xu X. Signaling pathways in hair aging. *Front. Cell Dev. Biol*. 2023