

# O papel da microbiota no envelhecimento cutâneo: Uma revisão integrativa da literatura

The role of microbiota in skin aging: An integrative literature review

El papel de la microbiota en el envejecimiento cutáneo: Una revisión integradora de la literatura

Recebido: 29/04/2025 | Revisado: 07/05/2025 | Aceitado: 08/05/2025 | Publicado: 10/05/2025

**Ana Laura Cassiano Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0367-5021>

Faculdade de Medicina de Itajubá, Brasil

E-mail: [nalauracassiano@gmail.com](mailto:nalauracassiano@gmail.com)

**Mariana Tovani Motta**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2765-1900>

Faculdade de Medicina de Itajubá, Brasil

E-mail: [marianatmotta@hotmail.com](mailto:marianatmotta@hotmail.com)

**Marileia Chaves Andrade**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4496-7331>

Faculdade de Medicina de Itajubá, Brasil

E-mail: [marileia.andrade@fmit.edu.br](mailto:marileia.andrade@fmit.edu.br)

## Resumo

A pele é o maior órgão do corpo humano e desempenha um papel fundamental na proteção contra agressões externas e na manutenção da homeostase. Com o envelhecimento, ocorrem alterações celulares e na matriz extracelular, resultando em perda de elasticidade, hidratação e maior suscetibilidade a danos. Evidências científicas sugerem que a microbiota intestinal exerce influência sobre a saúde cutânea por meio do eixo intestino-pele, modulando processos inflamatórios e imunológicos que impactam o envelhecimento da pele. Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre a microbiota intestinal e o envelhecimento cutâneo, analisando como seu equilíbrio ou disbiose podem afetar a saúde da pele. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura conduzida conforme as diretrizes PRISMA. Foram consultadas bases de dados como PubMed, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando descritores em português e inglês, como "microbiota", "envelhecimento cutâneo" e "pele". Os resultados indicam que a composição da microbiota intestinal pode modular a resposta inflamatória e oxidativa da pele, influenciando diretamente seu envelhecimento. Estudos apontam que a suplementação com probióticos, como *Lactobacillus plantarum* HY7714, pode melhorar a hidratação, elasticidade e reduzir rugas faciais. Conclui-se que a manutenção de um microbioma intestinal equilibrado pode contribuir positivamente para a saúde da pele, retardando os sinais do envelhecimento cutâneo. Assim, estratégias voltadas para o equilíbrio da microbiota intestinal podem representar uma abordagem promissora na dermatologia preventiva.

**Palavras-chave:** Envelhecimento; Microbiota intestinal; Pele; Trato gastrointestinal.

## Abstract

The skin is the largest organ of the human body and plays a fundamental role in protecting against external aggressions and maintaining homeostasis. With aging, cellular changes and alterations in the extracellular matrix occur, leading to a loss of elasticity, hydration, and increased susceptibility to damage. Scientific evidence suggests that the intestinal microbiota influences skin health through the gut-skin axis, modulating inflammatory and immune processes that impact skin aging. This study aims to investigate the relationship between the intestinal microbiota and skin aging, analyzing how its balance or dysbiosis can affect skin health. It is a narrative literature review conducted according to PRISMA guidelines. Databases such as PubMed, SciELO, and the Virtual Health Library (VHL) were consulted using descriptors in Portuguese and English, such as "microbiota," "skin aging," and "skin." The results indicate that the composition of the intestinal microbiota can modulate the inflammatory and oxidative response of the skin, directly influencing its aging process. Studies suggest that probiotic supplementation, such as *Lactobacillus plantarum* HY7714, can improve hydration, elasticity, and reduce facial wrinkles. It is concluded that maintaining a balanced gut microbiome may positively contribute to skin health, delaying the signs of skin aging. Thus, strategies aimed at balancing the intestinal microbiota may represent a promising approach in preventive dermatology.

**Keywords:** Aging; Gastrointestinal tract; Gut microbiota; Skin.

## Resumen

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y juega un papel fundamental en la protección frente a las agresiones externas y en el mantenimiento de la homeostasis. Con el envejecimiento se producen cambios en la matriz celular y extracelular, dando lugar a pérdida de elasticidad, hidratación y mayor susceptibilidad al daño. La evidencia científica

sugiere que la microbiota intestinal influye en la salud de la piel a través del eje intestino-piel, modulando los procesos inflamatorios e inmunológicos que impactan en el envejecimiento cutáneo. Este estudio tiene como objetivo investigar la relación entre la microbiota intestinal y el envejecimiento cutáneo, analizando cómo su equilibrio o disbiosis puede afectar a la salud de la piel. Esta es una revisión narrativa de la literatura realizada de acuerdo con las pautas PRISMA. Se consultaron bases de datos como PubMed, SciELO y la Biblioteca Virtual en Salud (BVS), utilizando descriptores en portugués e inglés, como “microbiota”, “envejecimiento cutáneo” y “piel”. Los resultados indican que la composición de la microbiota intestinal puede modular las respuestas inflamatorias y oxidativas de la piel, influyendo directamente en su envejecimiento. Los estudios sugieren que la suplementación con probióticos, como *Lactobacillus plantarum* HY7714, puede mejorar la hidratación, la elasticidad y reducir las arrugas faciales. Se concluye que mantener un microbioma intestinal equilibrado puede contribuir positivamente a la salud de la piel, retrasando los signos del envejecimiento. Por tanto, las estrategias que apuntan a equilibrar la microbiota intestinal pueden representar un enfoque prometedor en la dermatología preventiva.

**Palabras clave:** Envejecimiento; Microbiota intestinal; Piel; Tracto gastrointestinal.

## 1. Introdução

A pele é o órgão responsável pela proteção primária do corpo contra injúrias externas e é essencial para manter a sua homeostase. Durante o envelhecimento, as células residentes se transformam em senescentes e a matriz extracelular, principalmente da derme, é progressivamente danificada afetando a organização normal da pele e a sua capacidade de reparação. Paralelo a esse processo fisiológico, fatores extrínsecos como irradiação ultravioleta, poluição e fatores intrínsecos como o Diabetes mellitus ou doenças vasculares podem acelerar esse fenômeno (Bonté et al., 2019).

Além disso, estudos recentes realizados entre 2019 e 2025, têm mostrado que a microbiota intestinal pode influenciar a saúde da pele, apontando a existência de um eixo intestino-pele (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024; Ratanapokasatit et al., 2022; Mahmud et al., 2022). Os metabólitos microbianos produzidos no intestino, não apenas mantém as funções dos enterócitos, como também exercem efeitos sistêmicos, via circulação sanguínea, com reflexo na pele, formando um circuito interno de comunicação definido como eixo “intestino-pele”. Esse circuito representa uma via de interação bidirecional entre o microbioma intestinal e o sistema tegumentar. Portanto, a homeostase da microbiota intestinal, fornece um ambiente anti-inflamatório propício para a manutenção cutânea, e, por conseguinte, uma disbiose intestinal também tem a capacidade de afetar a fisiologia e integridade da pele (Ratanapokasatit et al., 2022).

A microbiota intestinal é uma comunidade diversificada de microrganismos que habitam o trato gastrointestinal humano e desempenham um papel essencial na saúde do hospedeiro. Esses microrganismos estão envolvidos na função intestinal, como absorção de nutrientes, maturação, manutenção e regulação imunológica, proteção contra patógenos e integridade da barreira intestinal (Chuluck et al., 2023). Essa grande variedade de microrganismos que habitam o intestino desempenham um papel crítico na manutenção do equilíbrio do corpo, principalmente nos locais de interface do organismo com o meio externo, como os tratos mucosos e a pele. Portanto, perturbações no eixo podem contribuir potencialmente para o surgimento de problemas na pele, visto que os microrganismos intestinais a afetam diretamente através dos seus produtos metabólicos, e indiretamente através do impacto que exercem sobre o sistema imune inato e adaptativo (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Uma disbiose intestinal permite a translocação de microrganismos potencialmente patogênicos ou de metabólitos imunoestimuladores para o intestino e, em seguida, para o sistema circulatório, transformando a pele saudável em disbiótica induzindo inflamação (Mahmud et al., 2022).

A microbiota intestinal sofre influências endógena e exógena, a citar hábitos de vida, nutrição, infecções bacterianas, uso de antibióticos, comorbidade, entre outros. Uma alteração na comunidade de bactérias que colonizam determinado nicho gastrointestinal resulta em mudanças na composição microbiana e em processos/eventos que emergem da relação da comunidade estável, resultando em disbiose. A saúde da microbiota está associada à quantidade e qualidade da composição e relação dos microrganismos capazes de conferir benefícios ao hospedeiro. A perturbação da microbiota intestinal e suas consequências podem influenciar a gênese de várias doenças, incluindo a senilidade, ou o envelhecimento patológico (Ratanapokasatit et al.,

2022).

A literatura científica tem voltado sua atenção para a importância da microbiota intestinal e sua relação com a fisiologia da pele, e há uma linha de investigação sobre o potencial impacto da restauração do equilíbrio microbiano intestinal, por meio de probióticos, e seus benefícios no envelhecimento da pele. Um estudo em humanos, randomizado, duplo-cego, placebo controlado envolvendo 110 participantes de meia-idade, demonstrou que a ingestão do probiótico *Lactobacillus plantarum* (cepa HY7714) por 12 semanas resultou em uma significativa melhora na hidratação, no brilho e na elasticidade da pele, além da redução de rugas faciais (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024), evidenciando que a microbiota pode atuar de forma significativa e positiva na homeostase da pele.

Este estudo tem como objetivo investigar a relação entre a microbiota intestinal e o envelhecimento cutâneo, analisando como seu equilíbrio ou disbiose podem afetar a saúde da pele.

## 2. Metodologia

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, elaborada em conformidade com as diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme recomendado por Snyder (2019), que destaca a importância da aplicação de métodos sistemáticos para aumentar a qualidade e a transparência de revisões narrativas. O estudo contou com uma parte quantitativa na qual se quantificou os artigos encontrados e “corpus” dos artigos efetivamente selecionados e, utilizados no estudo e, uma parte qualitativa na discussão dos artigos que constituiram o corpus da pesquisa (Pereira et al., 2018).

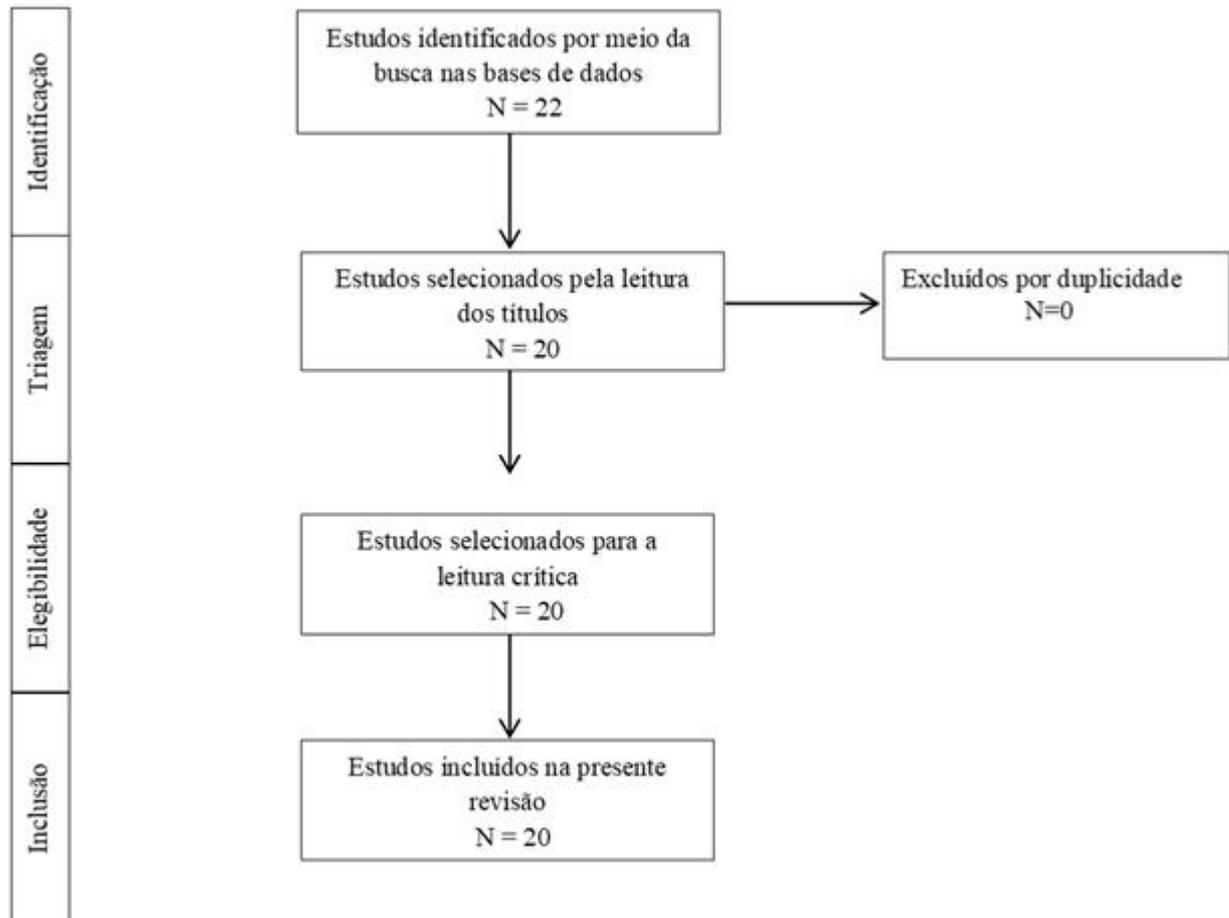
Foram pesquisadas referências nas bases de dados online, como PUBMed, Scielo e Biblioteca Virtual em Saúde. O método de busca baseou-se no uso de descritores isolados e combinados entre si (usando o operador booleano “e” ou “and”), tanto no idioma inglês como em português, como: “skin”, “microbiome”, “gut microbiota”, e “aging”.

As palavras-chave da pesquisa foram coletadas através da plataforma Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH), por meio de descritores no idioma português, como: “microbiota”, “envelhecimento cutâneo”, e “pele”. E no idioma inglês: “microbiota”, “skin aging”, e “skin”

Nessa seleção, foram incluídas revisões bibliográficas, estudos científicos e artigos originais, e não incluídos capítulos de livros, dissertações, teses, resenhas, artigos de opinião e comentários.

Os critérios de escolha basearam-se em artigos científicos que abordam as características do papel da microbiota no envelhecimento cutâneo, publicados nos últimos 14 anos, de 2011 a 2025. Após a etapa de levantamento das publicações, encontrou-se 22 artigos, os quais foram analisados por dois revisores de forma independente. Após a leitura do título e do resumo das publicações considerando o critério de inclusão e exclusão previamente definidos, foram selecionados 20 artigos para análise final e construção desta revisão. Posteriormente à seleção dos artigos, realizou-se um planilhamento das obras selecionadas a fim destacar as informações para a coleta dos dados. A seguir, a Figura 1 ilustra a metodologia utilizada para desenvolver esta revisão, evidenciando as etapas executadas para alcançar o objetivo estabelecido.

**Figura 1** – Fluxograma de seleção dos artigos.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

### 3. Resultados e Discussão

Foram selecionados 20 artigos científicos com base nos critérios definidos na seção de Métodos, e os dados coletados foram organizados de forma sistemática para facilitar a análise. As principais informações extraídas da leitura completa desses textos foram sintetizadas no Quadro 1. Os resultados serão apresentados em tópicos, considerando os principais temas identificados, que incluem: (I) mudanças estruturais e funcionais da pele associadas ao envelhecimento; (II) influência da microbiota na homeostase e envelhecimento cutâneo; (III) eixo intestino-pele e suas implicações para a saúde da pele; e (IV) uso de probióticos e estratégias de modulação da microbiota como possíveis abordagens terapêuticas. O Quadro 1, apresentado a seguir, resume essas informações, fornecendo a base para uma análise aprofundada dos tópicos propostos.

**Quadro 1 - Características dos artigos selecionados para análise.**

<b>Título do artigo</b>	<b>Ano de publicação</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Conclusão</b>
Skin Changes During Ageing	2019	Revisar as mudanças estruturais e funcionais da pele durante o envelhecimento.	O envelhecimento da pele envolve mudanças complexas que afetam a estrutura, função e regeneração cutânea.
Interaction between the microbiota and the skin barrier in aging skin: a comprehensive review	2024	Revisar a interação entre a microbiota e a barreira cutânea no envelhecimento da pele.	A microbiota desempenha um papel essencial na manutenção da homeostase da pele e seu desequilíbrio pode acelerar o envelhecimento.
Impact of gut microbiome on skin health: gut-skin axis observed through the lenses of therapeutics and skin diseases	2022	Investigar a relação entre o microbioma intestinal e a saúde da pele, considerando a via eixo intestino-pele	A conexão entre o intestino e a pele é relevante para várias condições dermatológicas e pode ser explorada para tratamentos terapêuticos.
A influência da microbiota intestinal na saúde humana: uma revisão de literatura	2023	Revisar a influência da microbiota intestinal na saúde humana, incluindo a saúde da pele	A microbiota intestinal afeta diretamente a saúde geral e o estado da pele, indicando potenciais abordagens terapêuticas.
Role of Probiotics in Human Health	2022	Investigar o papel dos probióticos na saúde humana, incluindo efeitos na pele.	Os probióticos podem promover a saúde cutânea ao influenciar positivamente a microbiota intestinal e a imunidade.
Como os microbiomas afetam o envelhecimento da pele: as evidências atualizadas e as perspectivas atuais	2022	Revisar evidências atualizadas sobre como os microbiomas influenciam o envelhecimento da pele.	Os microbiomas têm um papel importante no envelhecimento cutâneo, e sua modulação pode ser útil na prevenção do envelhecimento.
Gut-Skin axis and healthy skin: a systematic review	2023	Revisar sistematicamente a relação entre o eixo intestino-pele e a saúde da pele.	O eixo intestino-pele é um conceito relevante para a compreensão da saúde cutânea e possíveis intervenções terapêuticas
Skin aging from mechanisms to interventions: focusing on dermal aging	2023	Investigar os mecanismos do envelhecimento cutâneo, com ênfase na derme, e explorar fatores biológicos e ambientais envolvidos no processo. Discutir possíveis intervenções para mitigar os sinais do envelhecimento, incluindo o potencial papel da microbiota na homeostase e na inflamação cutânea.	O estudo ressalta a importância de compreender os mecanismos do envelhecimento dérmico para o desenvolvimento de estratégias eficazes. Embora não aprofunde a relação da microbiota com o envelhecimento cutâneo, sugere que futuras pesquisas devem explorar essa interação, considerando seu impacto na barreira cutânea, imunidade e inflamação crônica.
The skin microbiome and the gut-skin axis	2021	Explorar como a microbiota da pele e o eixo intestino-pele influenciam condições dermatológicas, incluindo o envelhecimento cutâneo, e avaliar o uso de probióticos e prebióticos na preservação da saúde da pele.	A disbiose da microbiota pode acelerar o envelhecimento cutâneo por meio de inflamações crônicas e degradação da barreira cutânea. A modulação da microbiota mostra potencial como intervenção terapêutica, mas estudos adicionais são necessários
Microbiome and skin biology	2019	O artigo explora como a microbiota da pele influencia a saúde cutânea, com foco no impacto do equilíbrio microbiano na função da barreira cutânea e nas respostas imunológicas. Ele examina também como a microbiota pode afetar o envelhecimento cutâneo, considerando os efeitos da inflamação e da degradação da pele.	A disbiose da microbiota cutânea acelera o envelhecimento da pele, exacerbando inflamações e comprometendo a função da barreira. Estratégias para restaurar o equilíbrio microbiano, como o uso de probióticos, apresentam potencial para retardar o envelhecimento cutâneo e promover a saúde da pele
Microbiome and Human Aging: Probiotic and Prebiotic Potentials in Longevity, Skin Health and Cellular Senescence	2021	O artigo investiga como a disbiose da microbiota intestinal pode afetar o envelhecimento cutâneo. Explora o impacto dos metabólitos microbianos na regulação da inflamação e da senescência celular, que são fatores críticos no processo de envelhecimento da pele.	A disbiose intestinal acelera o envelhecimento cutâneo por meio de inflamação sistêmica e alterações na saúde da pele. A modulação da microbiota, com probióticos e prebióticos, pode ajudar a retardar os efeitos do envelhecimento cutâneo, promovendo uma pele mais saudável

Achieving healthy aging through gut microbiota-directed dietary intervention: Focusing on microbial biomarkers and host mechanisms	2025	Investigar como intervenções dietéticas direcionadas podem modular a microbiota intestinal, identificando biomarcadores microbianos e elucidando os mecanismos envolvidos na promoção de um envelhecimento saudável.	A modulação da microbiota intestinal por meio de intervenções dietéticas específicas apresenta um potencial promissor para promover um envelhecimento saudável. Identificar biomarcadores microbianos e compreender os mecanismos subjacentes são passos cruciais para desenvolver estratégias eficazes que melhorem a saúde e a longevidade dos indivíduos idosos.
A multi-study analysis enables identification of potential microbial features associated with skin aging signs	2023	Identificar microrganismos da microbiota cutânea associados a sinais clínicos de envelhecimento da pele, como rugas, perda de hidratação e função de barreira, por meio da análise integrada de 13 conjuntos de dados do microbioma facial.	O estudo revelou que a diversidade microbiana da pele está positivamente associada à idade e à gravidade das rugas, e negativamente correlacionada com a hidratação e a função de barreira cutânea. Foram identificadas bactérias específicas relacionadas a sinais de envelhecimento, sugerindo que o microbioma cutâneo pode servir como biomarcador para o envelhecimento da pele.
The Gut and Skin Microbiome and Its Association with Aging Clocks	2024	Explorar como os microbiomas intestinal e cutâneo podem ser utilizados para prever a idade biológica por meio de "relógios do envelhecimento" baseados em mudanças epigenéticas e metabólicas, destacando o potencial terapêutico desses modelos na compreensão do envelhecimento.	A revisão destaca que os microbiomas intestinal e cutâneo influenciam significativamente os processos de envelhecimento e podem ser integrados em modelos de "relógios do envelhecimento" para estimar a idade biológica de forma mais precisa. Essa abordagem oferece novas perspectivas para intervenções terapêuticas personalizadas visando retardar o envelhecimento.
The Gut Microbiome as a Major Regulator of the Gut-Skin Axis	2018	Explorar como a microbiota intestinal influencia a saúde da pele, afetando a diferenciação e queratinização cutânea, modulando a resposta imune cutânea em doenças como acne, dermatite atópica e psoríase, e considerar o uso terapêutico de probióticos.	A microbiota intestinal desempenha um papel crucial na homeostase da pele. Compreender essa interação pode levar ao desenvolvimento de terapias baseadas em probióticos para tratar diversas condições cutâneas.
The effect of probiotics on skin condition: A systematic review and meta-analysis	2020	Avaliar, por meio de revisão sistemática e meta-análise, a eficácia dos probióticos na melhoria das condições da pele, incluindo hidratação, elasticidade e redução de rugas.	Os probióticos demonstraram efeitos positivos na melhora da hidratação e elasticidade da pele, além de reduzir rugas, sugerindo seu potencial como intervenção terapêutica para a saúde cutânea.
Acne vulgaris, probiotics and the gut-brain-skin axis – back to the future?	2011	Discutir a teoria do eixo intestino-cérebro-pele, destacando como fatores neuroendócrinos e imunológicos mediados pelo intestino influenciam a pele, com foco em acne e envelhecimento.	Evidências sugerem que a microbiota intestinal e os probióticos podem influenciar a gravidade da acne ao modular a inflamação sistêmica, estresse oxidativo e outros fatores, apoiando a teoria do eixo intestino-cérebro-pele.
The gut-skin axis in health and disease: A paradigm with therapeutic implications	2016	Explorar o eixo intestino-pele, focando em doenças inflamatórias e suas implicações terapêuticas, considerando o papel da microbiota intestinal e componentes dietéticos.	Metabólitos derivados da dieta ou microbiota intestinal podem afetar a saúde da pele. Compreender esses mecanismos pode levar a novas estratégias terapêuticas que visam um órgão para beneficiar o outro.
Dietary Fiber Intake and Gut Microbiota in Human Health	2022	Revisar a relação entre a ingestão de fibras dietéticas e a composição da microbiota intestinal, destacando os impactos na saúde humana.	A ingestão adequada de fibras dietéticas promove uma microbiota intestinal saudável, o que está associado a diversos benefícios para a saúde humana, incluindo potencial influência positiva na saúde da pele.
The Role of Probiotics in Skin Photoaging and Related Mechanisms: A Review	2022	Revisar os efeitos dos probióticos na prevenção e tratamento do fotoenvelhecimento cutâneo, explorando os mecanismos relacionados.	Probióticos orais e tópicos podem prevenir e tratar o fotoenvelhecimento da pele ao reduzir o estresse oxidativo, inibir a remodelação da matriz extracelular, suprimir a inflamação e manter a homeostase imunológica.

Fonte: Elaborado pelos Autores. Dados da pesquisa (2025).

Nesta seção, os achados da revisão serão analisados e discutidos com base nos principais temas identificados na literatura científica sobre a relação entre microbiota intestinal e envelhecimento da pele. A discussão será estruturada a partir dos seguintes eixos temáticos: (1) o papel do eixo intestino-pele na manutenção da homeostase cutânea, destacando os mecanismos imunológicos, metabólicos e neuroendócrinos envolvidos; (2) o impacto da disbiose intestinal no envelhecimento da pele, abordando os processos inflamatórios e o estresse oxidativo como fatores aceleradores desse fenômeno; (3) a influência de probióticos, prebióticos e simbióticos na modulação da microbiota intestinal e seus efeitos na saúde cutânea, incluindo evidências clínicas de sua eficácia; e (4) as lacunas e perspectivas futuras da pesquisa, com ênfase na necessidade de estudos mais robustos e personalizados para aprofundar o entendimento sobre essa interação.

### ***Eixo Intestino-Pele:***

É amplamente reconhecido que existem vários fatores relacionados ao envelhecimento cutâneo, como a exposição à radiação ultravioleta (UV), poluição, tabagismo e outros agentes ambientais (Shin et al., 2023). Esses fatores contribuem para o envelhecimento extrínseco da pele, enquanto o envelhecimento intrínseco, também chamado de envelhecimento cronológico, ocorre naturalmente ao longo da vida e está associado a processos biológicos programados (Shin et al., 2023). Um dos principais mecanismos envolvidos nesse processo é o estresse oxidativo, desencadeado pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), que danificam proteínas, lipídios e DNA, resultando em disfunções celulares (Shin et al., 2023). Embora amplamente discutidos, esses aspectos do envelhecimento cutâneo frequentemente deixam de lado um fator igualmente relevante: a influência da microbiota intestinal (Shin et al., 2023). Estudos recentes indicam que o equilíbrio do microbioma intestinal pode modular a inflamação sistêmica e o estresse oxidativo, impactando diretamente a saúde e o envelhecimento da pele (Salem et al., 2018). Assim, compreender a conexão entre o eixo intestino-pele se torna fundamental para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas voltadas à preservação da integridade cutânea (Shin et al., 2023).

O microbioma intestinal desempenha um papel crucial na manutenção da saúde da pele por meio do que se conhece como “eixo intestino-pele. A microbiota da pele e do intestino compartilham semelhanças em função e propósito, pois ambas atuam como interfaces primárias entre o organismo e o ambiente externo, sendo fundamentais para a homeostase (Mahmud et al., 2022). A barreira física, juntamente com a microbiota comensal presente em ambas as superfícies, é essencial para a manutenção da saúde cutânea (Liedtke, 2023). O equilíbrio dessa microbiota impacta tanto a fisiologia da pele quanto o desenvolvimento de patologias cutâneas, mediado por mecanismos imunológicos, metabólicos e neuroendócrinos (Mahmud et al., 2022). Esses processos são influenciados por fatores internos e externos, como dieta, estilo de vida e uso de medicamentos, tornando o microbioma intestinal um alvo relevante para intervenções terapêuticas (Mahmud et al., 2022).

O desequilíbrio na microbiota intestinal, conhecido como disbiose, pode desencadear processos inflamatórios sistêmicos com repercussões diretas sobre a pele (Liedtke, 2023). Evidências indicam que esse fenômeno está associado a condições dermatológicas como acne, psoríase, dermatite atópica e rosácea, sugerindo que a integridade do microbioma intestinal exerce influência significativa sobre a saúde cutânea (Liedtke, 2023). A disbiose pode estimular respostas imunológicas exacerbadas, aumentando os níveis de citocinas pró-inflamatórias e promovendo estresse oxidativo na pele, integrando-se ao eixo intestino-cérebro-pele e afetando diretamente a aparência cutânea (Bowe & Logan, 2011). Além disso, metabólitos bacterianos, como os ácidos graxos de cadeia curta, desempenham um papel na regulação da resposta imune, enquanto endotoxinas liberadas por microrganismos oportunistas exacerbam inflamações cutâneas, comprometendo a homeostase da pele (Mahmud et al., 2022).

Diante disso, intervenções que visam a modulação do eixo intestino-pele têm sido propostas, incluindo o uso de probióticos, prebióticos e simbióticos. Essas estratégias demonstraram potencial para restaurar o equilíbrio da microbiota intestinal e reduzir a inflamação sistêmica, resultando em benefícios para a saúde da pele. A microbiota intestinal promove saúde através da ação de uma população equilibrada de bactérias patogênicas e simbióticas (Xiao et al., 2024). Além da suplementação

com microrganismos benéficos, a adoção de uma dieta equilibrada, rica em fibras e pobre em gorduras saturadas, tem sido associada à manutenção da microbiota saudável e à melhoria da integridade da barreira cutânea (Mahmud et al., 2022). Vale ressaltar que, para que o organismo aproveite adequadamente os nutrientes ingeridos, é essencial a manutenção de um ambiente intestinal saudável, o que pode ser favorecido pelo consumo de culturas probióticas.

Estudos recentes reforçam o papel dos prebióticos e simbióticos na saúde da pele (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Um ensaio clínico demonstrou que uma formulação prebiótica oral contendo lactulose e galactooligossacarídeos foi capaz de reduzir significativamente a profundidade e o comprimento das rugas faciais (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Da mesma forma, um estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, envolvendo 600 mulheres japonesas saudáveis, evidenciou que a suplementação diária com a cepa *Bifidobacterium breve Yakult* e galactooligossacarídeos por quatro semanas resultou em melhora significativa na hidratação cutânea (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Esses achados ressaltam o potencial das intervenções baseadas no microbioma para a promoção da saúde e da estética da pele. Adicionalmente, uma análise envolvendo diversos conjuntos de dados do microbioma da pele facial identificou uma associação positiva entre a diversidade microbiana e sinais clínicos de envelhecimento cutâneo, como o aumento de rugas e a redução da hidratação. Esses resultados indicam que a diversidade do microbioma pode estar relacionada não apenas a um estado saudável, mas também a adaptações características da pele envelhecida, refletindo a complexidade da interação entre os microrganismos residentes e os processos biológicos do envelhecimento cutâneo (Myers et al., 2024).

O eixo intestino-pele se destaca, portanto, como um alvo terapêutico promissor na medicina contemporânea, com potencial para transformar abordagens preventivas e terapêuticas voltadas para o envelhecimento cutâneo (Mahmud et al., 2022).

### **Disbiose e Consequências:**

A microbiota intestinal é composta por trilhões de microrganismos, como bactérias e vírus e fungos (De Pessemier et al., 2021), que colonizam o trato gastrointestinal humano, desempenhando funções essenciais na digestão, absorção de nutrientes, modulação do sistema imunológico e proteção contra patógenos. Dos milhares de microrganismos encontrados no ser humano, apenas algumas centenas são patogênicas, o que indica que a maior parte do microbioma é formada por microrganismos comensais, especialmente bactérias (De Pessemier et al., 2021).

A composição da microbiota intestinal é influenciada por diversos fatores, incluindo genética, dieta e uso de medicamentos. O equilíbrio dessa microbiota é fundamental para a homeostase do organismo, e alterações nesse ecossistema, conhecidas como disbiose, têm sido associadas a uma ampla gama de condições de saúde, incluindo processos inflamatórios sistêmicos e o envelhecimento cutâneo (De Pessemier et al., 2021).

A disbiose intestinal relacionada à idade é caracterizada, em geral, pela redução de microrganismos benéficos, como as espécies produtoras de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), especialmente *Bifidobacterium*, e pelo aumento de bactérias potencialmente patogênicas, como *Proteobacteria*, que possuem perfil pró-inflamatório (Ratanapokasatit et al., 2022). Esse desequilíbrio pode levar ao comprometimento da barreira intestinal, resultando em um fenômeno conhecido como "intestino permeável" (Ratanapokasatit et al., 2022). Esse estado se caracteriza pelo aumento da permeabilidade da mucosa intestinal devido à disfunção das junções epiteliais, permitindo a translocação de componentes bacterianos para a circulação sistêmica (Ratanapokasatit et al., 2022). A presença de antígenos microbianos na corrente sanguínea desencadeia uma resposta inflamatória exacerbada, elevando a produção de citocinas pró-inflamatórias, como TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e IL-6 (Ratanapokasatit et al., 2022). A exposição crônica a esses mediadores inflamatórios tem sido apontada como um fator contribuinte para a imunossenescência e a senescência celular, ambos diretamente relacionados ao processo de inflammaging — um estado de inflamação crônica de baixo grau associado ao envelhecimento (Ratanapokasatit et al., 2022).

A senescência celular é um processo de envelhecimento intrínseco no qual as células entram em um estado de

crescimento irreversível devido à sua vida útil limitada ou a fatores de estresse (Liedtke, 2023). À medida que envelhecemos, o número de células senescentes aumenta significativamente em diferentes tecidos e órgãos, e essas células têm um papel fundamental no desenvolvimento e na progressão de doenças associadas à idade (Liedtke, 2023). Alguns tecidos são mais comumente populados por células senescentes, como a pele, visto que é o maior órgão do corpo humano e intimamente relacionado à disbiose microbiana (Boyajian et al., 2021). Em vista disso, a demanda por terapias inovadoras contra a senescência é alta (Boyajian et al., 2021). Duas abordagens distintas e suas implicações foram identificadas nos últimos anos: o uso de agentes senolíticos, que induzem seletivamente as células senescentes a realizar apoptose, e o uso de senostáticos, que interferem nas vias de sinalização do SASP para inibir funções pró-inflamatórias (Boyajian et al., 2021). Além dos probióticos, que demonstram propriedades pró-longevidade e anti-inflamatórias (Boyajian et al., 2021).

Diante desse cenário, estratégias voltadas para a manutenção do equilíbrio da microbiota intestinal tornam-se essenciais na promoção da saúde sistêmica e cutânea. A adoção de hábitos saudáveis, como uma dieta rica em fibras e alimentos fermentados, a prática regular de atividade física e a redução do estresse, desempenha um papel fundamental na preservação da microbiota benéfica (Chuluck et al., 2023). Além disso, a suplementação com prebióticos e probióticos tem sido amplamente estudada como uma abordagem eficaz para a restauração da microbiota saudável, contribuindo para a redução do risco de doenças associadas à disbiose (Chuluck et al., 2023).

No contexto do envelhecimento cutâneo, os probióticos, especialmente as cepas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, vêm ganhando destaque como agentes nutricosméticos. Estudos indicam que esses microrganismos podem modular positivamente fatores determinantes do envelhecimento da pele, incluindo regulação do pH cutâneo, redução do estresse oxidativo, atenuação de fotodanos e melhora da função da barreira cutânea (Ratanapokasatit et al., 2022). Esses probióticos, além de aumentar o número de bactérias benéficas no intestino, inibem as bactérias patogênicas oportunistas, retardando o envelhecimento ou promovendo um envelhecimento saudável (Costello et al., 2009).

### ***Uso de Probióticos, Prebióticos e Simbióticos:***

Os probióticos são alimentos e/ou suplementos que contêm micróbios não patogênicos, como bactérias e leveduras, que colonizam o intestino e podem proporcionar uma variedade de benefícios à saúde, sendo que o seu uso tem sido recomendando como forma de melhorar a imunidade e a saúde em geral (Bodke & Jogdand, 2022). Relatórios recentes demonstram que probióticos orais são benéficos na melhoria de vários sinais de envelhecimento, incluindo pH ácido da pele, estresse oxidativo, fotodanos e disfunção da barreira cutânea (Chuang et al., 2020).

Os seres humanos consomem um número significativo de patógenos todos os dias, principalmente bactérias (Bodke & Jogdand, 2022). Esses microrganismos têm sido utilizados há décadas em várias dietas devido aos seus efeitos positivos na saúde humana. (Bodke & Jogdand, 2022) *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os dois gêneros mais frequentemente usados e tem capacidade para curar e prevenir doenças, ao contrário dos patógenos usuais (Bodke & Jogdand, 2022). Os probióticos estimulam o crescimento dos bons micróbios comensais do corpo e inibem o crescimento de patógenos dentro do corpo humano. Os benefícios incluem o fortalecimento do sistema imunológico, especialmente durante condições alérgicas (Bodke & Jogdand, 2022).

Os probióticos mais amplamente usados em pesquisas de antienvhecimento são *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. Esses probióticos retardam o envelhecimento ou promovem o envelhecimento saudável aumentando o número de bactérias benéficas no intestino e inibindo o aumento de bactérias patogênicas oportunistas (Xiao et al., 2024). Os prebióticos podem restaurar o equilíbrio na microbiota intestinal, inibir a inflamação sistêmica e manter a integridade da barreira intestinal regulando a composição da microbiota intestinal, aumentando as bactérias benéficas enquanto inibe as bactérias patogênicas, desencadeando a produção de metabólitos benéficos como os AGCCs e, assim, promovendo em última análise, o envelhecimento

saudável (Xiao et al., 2024.) Os simbióticos são uma mistura de probióticos e prebióticos que têm atraído a atenção devido ao seu poder de melhorar a saúde gastrointestinal (Xiao et al., 2024).

A eficácia dos probióticos também depende da especificidade das cepas, da dosagem, da duração do tratamento e das diferenças individuais. Depende não apenas da composição e da estrutura, mas também da composição da microbiota intestinal pré-intervenção (Xiao et al., 2024). Mas, apesar dessas limitações, os probióticos representam uma abordagem terapêutica segura e inovadora.

### **Implicações Clínicas:**

Como já pontuado, o envelhecimento cutâneo é um processo multifatorial influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos, incluindo inflamação crônica, estresse oxidativo e disfunção da barreira cutânea. O processo de envelhecimento da pele resulta em alterações na composição lipídica, na secreção sebácea e no pH, afetando o ressecamento da pele e a fragmentação do colágeno, reduzindo a quantidade total de colágeno e elastina e influenciando o microbioma da pele (Ratanapokasatit et al., 2022). Modificar os fatores que afetam o processo de envelhecimento da pele pode ser uma possível intervenção para melhorar a saúde da pele (Ratanapokasatit et al., 2022).

Várias condições dermatológicas, como acne, dermatite atópica e psoríase, estão relacionadas à disbiose intestinal (Mahmud et al., 2022). Há também relatos sobre a associação da disbiose intestinal com algumas doenças menos comuns, mas potencialmente mais graves, como rosácea, alopecia areata, hidradenite supurativa, eritema nodoso e pioderma gangrenoso (Mahmud et al., 2022). Por outro lado, vários efeitos benéficos do consumo de probióticos foram demonstrados em diversas condições dermatológicas, reforçando a relevância do eixo intestino-pele como alvo terapêutico (O'Neill et al., 2016). Por exemplo, em indivíduos que consumiram *Lactobacillus paracasei* via oral diariamente, tiveram significativa restauração da função de barreira da pele (Mahmud et al., 2022). A administração da cepa Nissle *de E. coli* melhorou a saúde da pele em pacientes com acne vulgar (Mahmud et al., 2022). Doxíciclina e probióticos administrados por via oral foram eficazes em um estudo em pacientes que sofriam de rosácea (Mahmud et al., 2022). O risco de desenvolvimento de dermatite atópica também foi consideravelmente menor em crianças que tomaram suplementos probióticos no período pós-neonatal (Mahmud et al., 2022).

Estudos apontam que indivíduos com psoríase apresentam menor quantidade de Bacteroidetes (incluindo Bacteroides), Proteobacteria e Actinobacteria, além de níveis reduzidos de *Akkermansia muciniphila* e menor prevalência do filo Firmicutes (Mahmud et al., 2022).

Pesquisas sobre o papel do microbioma intestinal na patogênese da dermatite atópica (DA) em bebês e crianças sugerem que uma diversidade microbiana intestinal reduzida nos primeiros anos de vida pode estar associada ao desenvolvimento posterior da DA (Mahmud et al., 2022). No entanto, a simples alteração da composição microbiana não parece ser suficiente para desencadear a doença (Mahmud et al., 2022). A interação entre microrganismos específicos e o sistema imunológico, aliada a fatores externos como a alimentação, pode fornecer uma explicação mais abrangente para a patogênese da DA (Mahmud et al., 2022).

Estudos também indicam uma relação entre a disbiose intestinal e a acne vulgar. Uma pesquisa recente identificou uma redução significativa na presença de *Actinobacteria*, *Bifidobacterium*, *Butyricoccus*, *Coprobacillus* e *Lactobacillus*, ao mesmo tempo em que observou um aumento na abundância de *Proteobacteria* em indivíduos com acne vulgar (Mahmud et al., 2022). De acordo com uma hipótese, a interrupção na sinalização de nutrientes pode estimular a proteína de ligação ao elemento regulador de esterol 1 (SREBP-1), aumentando a produção de ácidos graxos e triglicerídeos no sebo, o que favorece o crescimento de *Propionibacterium acnes* (Mahmud et al., 2022).

A partir dos pontos discutidos, fica evidente que a disbiose intestinal e as alterações no microbioma têm impacto direto na saúde da pele, podendo ser um ponto chave para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas mais eficazes, visando não

só o controle das doenças dermatológicas, mas também a prevenção do envelhecimento precoce da pele.

#### ***Intervenções de Estilo de Vida:***

A intervenção no estilo de vida tem sido amplamente discutida como uma estratégia eficaz para prevenir ou retardar o envelhecimento cutâneo. A proteção solar emerge, assim, como uma das medidas preventivas mais eficazes para minimizar os efeitos nocivos da radiação UV na pele (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Ao empregar medidas eficazes de proteção UV, os indivíduos podem proteger sua pele da radiação UV e ajudar a restaurar a função da barreira cutânea (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024.)

Outros fatores exógenos incluem tabagismo, dieta, exposição a produtos químicos, traumas e poluição do ar. (Ratanapokasatit et al., 2022). A pele extrinsecamente envelhecida apresenta rugas profundas, flacidez, aspereza, aumento da fragilidade e múltiplas telangiectasias (Ratanapokasatit et al., 2022). Além disso, a pele fotodanificada pode apresentar despigmentação, como escurecimento e pigmentação mosqueada. (Ratanapokasatit et al., 2022). As características histológicas incluem elastose solar, número reduzido de fibroblastos e diminuição da matriz extracelular (Ratanapokasatit et al., 2022).

A adoção de uma dieta equilibrada, rica em prebióticos e probióticos, pode promover a diversidade microbiana tanto no intestino quanto na pele, sobretudo pelo efeito metabólico das fibras na composição microbiana intestinal (Fu et al., 2022). Muitas pesquisas têm relatado uma interação entre padrões alimentares e um risco menor de envelhecimento e doenças relacionados ao envelhecimento (Xiao et al., 2024). Um exemplo é a dieta mediterrânea, que demonstrou mitigar o envelhecimento, bem como melhorar a função cognitiva ao alterar de forma benéfica a microbiota intestinal (Xiao et al., 2024).

Nos últimos anos, uma das principais tendências no mercado de cosmecêuticos e suplementos tem sido o foco no microbioma cutâneo e sua conexão com o eixo intestino-pele (GSA), destacando seu potencial para contribuir no manejo de diversas condições dermatológicas (De Pessemier et al., 2021).

A implementação gradual de hábitos saudáveis, como proteção solar, dieta equilibrada e redução da exposição a poluentes deve ser acompanhada para garantir os melhores resultados na prevenção do envelhecimento cutâneo (Ratanapokasatit et al., 2022).

#### ***Perspectivas Futuras e Direcionamento de Pesquisas:***

A relação entre a microbiota intestinal e a saúde cutânea tem se tornado um campo de pesquisa promissor, especialmente no contexto do envelhecimento da pele. Embora estudos recentes demonstrem que a modulação da microbiota pode influenciar positivamente a integridade da barreira cutânea e retardar os sinais de envelhecimento, muitas lacunas permanecem. Assim, futuras investigações devem focar na compreensão detalhada dos mecanismos envolvidos no eixo intestino-pele, incluindo os metabólitos microbianos específicos que desempenham um papel essencial na homeostase da pele (Mahmud et al., 2022). No futuro, abordagens direcionadas ao genoma microbiano devem ser adotadas para analisar especificamente a capacidade metabólica de probióticos/ bactérias simbióticas intestinais específicas para o envelhecimento em componentes dietéticos específicos, orientando, dessa forma, a seleção e o desenvolvimento racionais de alimentos direcionados à microbiota intestinal (Xiao et al., 2024).

Complementarmente, estudos recentes têm explorado o potencial dos microbiomas intestinal e cutâneo como ferramentas para estimar a idade biológica, por meio dos chamados “relógios do envelhecimento”. Esses modelos utilizam alterações epigenéticas e metabólicas associadas à composição microbiana para prever o envelhecimento de maneira mais precisa do que os marcadores cronológicos tradicionais. Além de sua relevância diagnóstica, esses relógios apresentam potencial terapêutico promissor ao orientar intervenções personalizadas para desacelerar o envelhecimento biológico (Min et al., 2024).

Uma área de interesse crescente é a identificação de cepas probióticas específicas com efeitos benéficos na pele. Estudos

clínicos mais robustos e bem controlados são necessários para determinar quais espécies e quantidades de probióticos são mais eficazes na promoção da saúde cutânea e na prevenção do envelhecimento precoce. Além disso, a personalização dessas intervenções, levando em conta fatores como genética, estilo de vida e condições dermatológicas preexistentes, pode permitir abordagens mais eficazes e individualizadas (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024).

Outra direção promissora de pesquisa envolve a formulação de cosméticos e produtos dermatológicos contendo probióticos e prebióticos. Ensaios clínicos devem avaliar a eficácia desses produtos na restauração do equilíbrio da microbiota cutânea e na redução da inflamação associada ao envelhecimento. Além disso, o impacto de fatores ambientais, como poluição e radiação UV, sobre o microbioma cutâneo e intestinal deve ser mais bem explorado, visando a formulação de estratégias preventivas para minimizar seus efeitos negativos (Ratanapokasatit et al., 2022).

Por fim, é essencial aprofundar os estudos sobre a relação entre o microbioma intestinal e cutâneo para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas que possam retardar o envelhecimento da pele. A compreensão dos fatores que modulam essa interação pode levar à criação de intervenções mais eficazes, incluindo dietas especializadas, suplementação com probióticos e novos tratamentos dermatológicos. A colaboração entre diferentes áreas do conhecimento, como dermatologia, microbiologia e nutrição, será fundamental para expandir o entendimento sobre esse eixo biológico e suas implicações na saúde cutânea (Ratanapokasatit et al., 2022).

Esta revisão enfrenta algumas limitações inerentes à complexidade dos temas abordados, especialmente no que tange à relação entre o envelhecimento cutâneo, a microbiota e sua interação com a saúde da pele e do trato gastrointestinal. Primeiramente, há uma carência de estudos longitudinais de grande escala que possam estabelecer relações causais mais robustas entre as alterações da microbiota e o processo de envelhecimento da pele (Bonté et al., 2019). Além disso, muitos dos estudos analisados se baseiam em modelos experimentais ou em amostras limitadas, o que pode comprometer a generalização dos resultados (Ratanapokasatit et al., 2022).

A interação entre a microbiota e a barreira cutânea ainda é um campo emergente, sendo necessário um maior refinamento nas técnicas de análise para compreender com exatidão os mecanismos envolvidos (Yu Ri Woo & Hei Sung Kim, 2024). Estudos recentes sugerem que a microbiota intestinal também desempenha um papel relevante na saúde da pele através do eixo intestino-pele, mas a extensão dessa influência e as variáveis envolvidas ainda precisam ser melhor caracterizadas (Mahmud et al., 2022).

Outro desafio é a diversidade metodológica entre os estudos analisados, incluindo diferenças nos métodos de sequenciamento do microbioma e na padronização dos critérios de avaliação clínica (Chuluck et al., 2023). Essa variabilidade dificulta a comparação direta dos achados e pode introduzir vieses nos resultados. Ademais, a influência de fatores externos, como dieta, ambiente e histórico genético dos indivíduos, precisa ser mais amplamente investigada para que se possa compreender melhor sua interação com a microbiota e a saúde da pele (Bodke & Jøgdand, 2022).

Por fim, a influência da microbiota intestinal no metabolismo glicêmico e na resposta inflamatória em pacientes com Diabetes Mellitus tem sido alvo de várias investigações, mas ainda existem lacunas significativas nas evidências, especialmente em populações amplas (Mahmud et al., 2022). Estudos adicionais são fundamentais para confirmar se intervenções específicas, como o uso de pré e probióticos, podem mitigar os efeitos do envelhecimento cutâneo e das complicações gastrointestinais associadas ao diabetes (Ratanapokasatit et al., 2022).

#### **4. Conclusão**

A presente revisão destacou a importância da microbiota intestinal no processo de envelhecimento cutâneo, evidenciando o eixo intestino-pele como um fator essencial para a manutenção da homeostase da pele. O equilíbrio da microbiota influencia diretamente a integridade cutânea, mediando processos imunológicos, metabólicos e neuroendócrinos (Yu Ri Woo &

Hei Sung Kim, 2024). A disbiose intestinal, caracterizada pelo desequilíbrio da microbiota, pode contribuir para inflamações sistêmicas que afetam negativamente a pele, acelerando o seu envelhecimento e favorecendo o surgimento de desordens cutâneas como acne, dermatite atópica e psoríase (Mahmud et al., 2022).

Os achados analisados demonstraram que intervenções direcionadas à modulação da microbiota intestinal, como o uso de probióticos, prebióticos e simbióticos, podem representar uma abordagem promissora na prevenção do envelhecimento cutâneo. Estudos apontam que a administração de cepas específicas, como o *Lactobacillus plantarum* HY7714, pode melhorar a hidratação, elasticidade e brilho da pele, além de reduzir a formação de rugas (Ratanapokasatit et al., 2022). Tais evidências reforçam a necessidade de estratégias terapêuticas que visem restaurar o equilíbrio microbiano para otimizar a saúde da pele ao longo do envelhecimento.

Além da modulação da microbiota, fatores ambientais e hábitos de vida desempenham papel crucial na preservação da saúde cutânea. A exposição à radiação ultravioleta, poluição e dieta inadequada podem comprometer a composição microbiana da pele e do intestino, acelerando o processo de envelhecimento. Dessa forma, a adoção de medidas como o uso regular de protetor solar, alimentação balanceada e controle do estresse são fundamentais para mitigar os impactos negativos sobre o microbioma e a integridade cutânea (Bonté et al., 2019).

Embora os avanços no estudo da microbiota e sua relação com o envelhecimento cutâneo sejam significativos, ainda há lacunas a serem preenchidas. A necessidade de ensaios clínicos mais robustos, que avaliem a eficácia e segurança das intervenções microbiológicas na pele, é evidente. Além disso, a personalização dos tratamentos, considerando fatores individuais como genética e exposições ambientais, pode otimizar as abordagens terapêuticas. Assim, futuras pesquisas devem aprofundar o entendimento sobre essa interação e contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias voltadas para a longevidade e a qualidade da pele (Teng et al., 2022).

## Referências

- Bodke, H., & Jogdand, S. (2022). Role of probiotics in human health. *Cureus*, *14*(11), e31313. <https://doi.org/10.7759/cureus.31313>
- Bonté, F., Girard, D., Archambault, J.-C., & Desmoulière, A. (2019). Skin changes during ageing. In *Subcellular Biochemistry* (Vol. 91, pp. 249–280). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2_10)
- Boyajian, J. L., Ghebretatios, M., Schaly, S., Islam, P., & Prakash, S. (2021). Microbiome and human aging: Probiotic and prebiotic potentials in longevity, skin health and cellular senescence. *Nutrients*, *13*(12), 4550. <https://doi.org/10.3390/nu13124550>
- Bowe, W. P., & Logan, A. C. (2011). Acne vulgaris, probiotics and the gut-brain-skin axis - back to the future? *Gut Pathogens*, *3*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1757-4749-3-1>
- Chuang, K.-C., Chang, C.-R., Chang, S.-H., Huang, S.-W., Chuang, S.-M., Li, Z.-Y., Wang, S.-T., Kao, J.-K., Chen, Y.-J., & Shieh, J.-J. (2020). Imiquimod-induced ROS production disrupts the balance of mitochondrial dynamics and increases mitophagy in skin cancer cells. *Journal of Dermatological Science*, *98*(3), 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2020.03.009>
- Chuluck, J. B. G., Martinussi, G. O. G., Freitas, D. M. de, Guaraná, L. D., Xavier, M. E. D., Guimarães, A. C. C. M., Santos, A. M. dos, Bohnenberger, G., Lima, M. P. G. de, & Zanoni, R. D. (2023). A influência da microbiota intestinal na saúde humana: Uma revisão de literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, *6*(4), 16308–16322. <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n4-180>
- Costello, E. K., Lauber, C. L., Hamady, M., Fierer, N., Gordon, J. I., & Knight, R. (2009). Bacterial community variation in human body habitats across space and time. *Science*, *326*(5960), 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1177486>
- De Pessemier, B., Grine, L., Debaere, M., Maes, A., Paetzold, B., & Callewaert, C. (2021). Gut–skin axis: Current knowledge of the interrelationship between microbial dysbiosis and skin conditions. *Microorganisms*, *9*(2), 353. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020353>
- Fu, J., Zheng, Y., Gao, Y., & Xu, W. (2022). Dietary Fiber Intake and Gut Microbiota in Human Health. *Microorganisms*, *10*(12), 2507. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122507>
- Liedtke, F. S. (2023). Gut-skin axis and healthy skin: A systematic review. *International Journal of Nutrology*, *16*(2), e23223. <https://doi.org/10.54448/ijn23223>
- Mahmud, Md. R., Akter, S., Tamanna, S. K., Mazumder, L., Esti, I. Z., Banerjee, S., Akter, S., Hasan, Md. R., Acharjee, M., Hossain, Md. S., & Pirttilä, A. M. (2022). Impact of gut microbiome on skin health: Gut-skin axis observed through the lenses of therapeutics and skin diseases. *Gut Microbes*, *14*(1), 2096995. <https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2096995>

- Min, M., Egli, C., & Sivamani, R. K. (2024). The Gut and Skin Microbiome and Its Association with Aging Clocks. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 7471–7471. <https://doi.org/10.3390/ijms25137471>
- Myers, T., Bouslimani, A., Huang, S., Hansen, S. T., Cécile Clavaud, Azouaoui, A., Ott, A., Gueniche, A., Charbel Bouez, Zheng, Q., Aguilar, L., Knight, R., Moreau, M., & Se Jin Song. (2024). A multi-study analysis enables identification of potential microbial features associated with skin aging signs. *Frontiers in Aging*, 4. <https://doi.org/10.3389/fragi.2023.1304705>
- O'Neill, C. A., Monteleone, G., McLaughlin, J. T., & Paus, R. (2016). The gut-skin axis in health and disease: A paradigm with therapeutic implications. *BioEssays*, 38(11), 1167–1176. <https://doi.org/10.1002/bies.201600008>
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Ed.UAB/NTE/UFSM
- Ratanapokasatit, Y., Laisuan, W., Rattanankrom, T., Petchlorlian, A., Thaipisuttikul, I., & Sompornrattanaphan, M. (2022). How microbiomes affect skin aging: The updated evidence and current perspectives. *Life*, 12(7), 936. <https://doi.org/10.3390/life12070936>
- Salem, I., Ramser, A., Isham, N., & Ghannoum, M. A. (2018). The Gut Microbiome as a Major Regulator of the Gut-Skin Axis. *Frontiers in Microbiology*, 9(9). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01459>
- Shin, S. H., Lee, Y. H., Rho, N.-K., & Park, K. Y. (2023). Skin aging from mechanisms to interventions: Focusing on dermal aging. *Frontiers in Physiology*, 14, 1195272. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1195272>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Teng, Y., Huang, Y., Danfeng, X., Tao, X., & Fan, Y. (2022). The Role of Probiotics in Skin Photoaging and Related Mechanisms: A Review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, Volume 15, 2455–2464. <https://doi.org/10.2147/ccid.s388954>
- Woo, Y. R., & Kim, H. S. (2024). Interaction between the microbiota and the skin barrier in aging skin: A comprehensive review. *Frontiers in Physiology*, 15, 1322205. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1322205>
- Xiao, Y., Feng, Y., Zhao, J., Chen, W., & Lu, W. (2024). Achieving healthy aging through gut microbiota-directed dietary intervention: Focusing on microbial biomarkers and host mechanisms. *Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.03.005>