



ISSN 2674-8169



Latindex



DOI



PDRN e Exossomos na Dermatologia Regenerativa Facial e Capilar

Brenda Moreira Carvalho¹, Paula Martins Góes², Enrique Ramos Góes³, Mariellen Vogt Dragone⁴



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n5p344-360>

Artigo recebido em 4 Abril e publicado em 4 de Maio de 2026

REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

A dermatologia regenerativa tem evoluído significativamente com o desenvolvimento de terapias biológicas voltadas à modulação celular e à restauração funcional dos tecidos. Dentre essas abordagens, destacam-se o polidesoxirribonucleotídeo (PDRN) e os exossomos, que atuam diretamente em vias moleculares relacionadas ao reparo e regeneração tecidual. O presente estudo teve como objetivo revisar a literatura recente acerca do uso de PDRN e exossomos na dermatologia regenerativa facial e capilar, com ênfase em seus mecanismos de ação e aplicações clínicas. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura em bases de dados científicas, incluindo PubMed, Scopus, Embase e Web of Science, abrangendo publicações entre 2020 e 2026. Os resultados demonstram que essas terapias promovem proliferação de fibroblastos, aumento da síntese de colágeno, estímulo à angiogênese e modulação da resposta inflamatória, contribuindo para melhora da qualidade da pele e aceleração da cicatrização. No contexto capilar, observou-se ativação de células da papila dérmica e células-tronco foliculares, com estímulo ao ciclo de crescimento do cabelo, resultando em aumento da densidade e espessura dos fios, além de redução da queda. A associação dessas terapias com técnicas de entrega transdérmica, como microagulhamento e laser, potencializa seus efeitos clínicos. Conclui-se que PDRN e exossomos representam estratégias promissoras e complementares na dermatologia regenerativa, promovendo benefícios estruturais e funcionais tanto na pele quanto no tecido capilar.

Palavras-chave: PDRN; Exossomos; Dermatologia Regenerativa; Rejuvenescimento Cutâneo; Regeneração Capilar.

PDRN and Exosomes in Facial and Hair Regenerative Dermatology

ABSTRACT

Regenerative dermatology has advanced significantly with the emergence of biologically based therapies aimed at restoring tissue function through cellular modulation. Among these, polydeoxyribonucleotide (PDRN) and exosomes have gained prominence due to their ability to act directly on molecular pathways involved in tissue repair and regeneration. This study aimed to review recent literature on the application of PDRN and exosomes in facial and hair regenerative dermatology, focusing on their mechanisms of action and clinical outcomes. An integrative literature review was conducted using major scientific databases, including PubMed, Scopus, Embase, and Web of Science, covering publications from 2020 to 2026. The findings demonstrate that both therapies promote fibroblast proliferation, stimulate collagen synthesis, enhance angiogenesis, and modulate inflammatory responses, contributing to improved skin quality and accelerated tissue repair. In the capillary context, these agents act on dermal papilla cells and follicular stem cells, activating pathways associated with the hair growth cycle, resulting in increased hair density, thickness, and reduced hair loss. Additionally, the combination of these therapies with transdermal delivery techniques, such as microneedling and laser, enhances their clinical effectiveness. Overall, PDRN and exosomes represent promising and synergistic approaches in regenerative dermatology, offering both structural and functional improvements in skin and hair conditions.

Keywords: PDRN; Exosomes; Regenerative Dermatology; Skin Rejuvenation; Hair Regeneration

INTRODUÇÃO

A pele, maior órgão do corpo humano, desempenha papel fundamental na proteção contra agressões ambientais, regulação térmica e manutenção da homeostase. No entanto, encontra-se continuamente exposta a fatores intrínsecos e extrínsecos que contribuem para o envelhecimento cutâneo, processo caracterizado por alterações estruturais e funcionais, como redução da síntese de colágeno, perda de elasticidade, disfunção da barreira cutânea e aumento do estresse oxidativo (Esmaeili & Rad, 2026; Liang et al., 2025). Esse processo não se limita a repercussões estéticas, estando também associado a prejuízos clínicos relevantes, incluindo atraso na cicatrização, maior suscetibilidade a infecções e desenvolvimento de doenças dermatológicas crônicas (Esmaeili & Rad, 2026).

Nas últimas décadas, a dermatologia tem experimentado uma mudança de paradigma, evoluindo de abordagens predominantemente corretivas para estratégias baseadas na regeneração tecidual e na modulação biológica. Nesse contexto, a dermatologia regenerativa emerge como um campo promissor, com foco na ativação dos mecanismos intrínsecos de reparo celular por meio de terapias biológicas, minimamente invasivas e com potencial de restaurar a função cutânea (Esmaeili & Rad, 2026).

Entre as abordagens inovadoras, destacam-se os exossomos, vesículas extracelulares nanoestruturadas com diâmetro variando entre 30 e 150 nm, responsáveis pela comunicação intercelular por meio da transferência de proteínas, lipídios e ácidos nucleicos (Nahm et al., 2025; Pham, 2026). Essas estruturas desempenham papel essencial na regulação de processos biológicos fundamentais, incluindo inflamação, angiogênese, remodelação da matriz extracelular e proliferação celular (Wang et al., 2026; Pham, 2026). Evidências recentes demonstram que exossomos derivados de células-tronco mesenquimais promovem aumento da síntese de colágeno, redução do estresse oxidativo e modulação da resposta inflamatória, contribuindo significativamente para a regeneração cutânea e o rejuvenescimento facial (Liang et al., 2025; Majewska et al., 2025). Além disso, sua aplicação tem sido investigada em diversas condições dermatológicas, como alopecia, cicatrizes, melasma e dermatoses inflamatórias (Nahm et al., 2025; Cestari et al., 2025).

Paralelamente, os polidesoxirribonucleotídeos (PDRN) têm emergido como uma

estratégia terapêutica relevante na medicina regenerativa. Os PDRN são compostos por fragmentos de DNA de baixo peso molecular, geralmente derivados de espermatozoides de salmão, e exercem seus efeitos principalmente por meio da ativação dos receptores de adenosina A2A (Khan et al., 2022). Essa ativação resulta em efeitos anti-inflamatórios, antiapoptóticos e pró-angiogênicos, além de estimular a proliferação celular, a síntese de colágeno e a regeneração dos tecidos (Khan et al., 2022; Park et al., 2025). Esses mecanismos tornam os PDRN uma alternativa promissora para o tratamento de diversas condições dermatológicas, incluindo cicatrização de feridas, rejuvenescimento cutâneo, hiperpigmentação e alopecia (Park et al., 2025).

A relevância clínica dos PDRN tem sido ampliada por estudos que demonstram sua capacidade de promover regeneração tecidual ativa, diferentemente de terapias tradicionais como preenchedores dérmicos, que atuam predominantemente por efeito volumizador (Khan et al., 2022). Além disso, evidências indicam que os PDRN apresentam bom perfil de segurança e eficácia, com aplicações crescentes tanto na dermatologia clínica quanto estética (Park et al., 2025).

De forma complementar, os exossomos e os PDRN apresentam mecanismos de ação distintos, porém potencialmente sinérgicos. Enquanto os exossomos atuam como sistemas de entrega de sinais biológicos complexos, modulando diretamente o comportamento celular, os PDRN estimulam vias metabólicas e receptores específicos envolvidos na regeneração tecidual. Essa convergência reforça o potencial de abordagens combinadas na dermatologia regenerativa, com o objetivo de otimizar resultados clínicos e ampliar as possibilidades terapêuticas.

Apesar dos avanços observados, persistem desafios importantes relacionados à padronização dos métodos de obtenção e aplicação, variabilidade dos produtos disponíveis e necessidade de ensaios clínicos robustos que confirmem a eficácia e segurança a longo prazo dessas terapias (Estupiñan et al., 2025; Cestari et al., 2025; Pham, 2026).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo revisar a literatura recente sobre o uso de PDRN e exossomos na dermatologia regenerativa facial e capilar, abordando seus mecanismos de ação, aplicações clínicas e perspectivas futuras.

METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, abordagem metodológica que permite a síntese e análise crítica de evidências provenientes de diferentes delineamentos de pesquisa, incluindo estudos experimentais, observacionais e revisões narrativas. Essa estratégia é particularmente adequada para o tema da dermatologia regenerativa, no qual terapias emergentes, como os polidesoxirribonucleotídeos (PDRN) e os exossomos, ainda apresentam diversidade metodológica e heterogeneidade de evidências clínicas e pré-clínicas.

A busca bibliográfica foi conduzida em bases de dados eletrônicas reconhecidas internacionalmente, incluindo PubMed/MEDLINE, Scopus, Embase e Web of Science, abrangendo publicações no período de janeiro de 2020 a março de 2026, com o objetivo de contemplar os avanços mais recentes na área. Foram utilizados descritores em inglês, combinados por operadores booleanos (AND, OR), tais como: exosomes, extracellular vesicles, polydeoxyribonucleotide, PDRN, regenerative dermatology, skin rejuvenation, facial rejuvenation, alopecia, hair regeneration e wound healing.

Os critérios de inclusão foram: (1) estudos originais, revisões sistemáticas ou narrativas publicados em inglês; (2) artigos disponíveis na íntegra; (3) estudos que abordassem a aplicação de exossomos e/ou PDRN em dermatologia, com foco em regeneração cutânea, rejuvenescimento facial ou tratamento capilar; (4) trabalhos que apresentassem resultados clínicos, experimentais ou mecanísticos relevantes.

Foram excluídos: (1) estudos exclusivamente em modelos animais sem correlação translacional clara; (2) artigos sem acesso ao texto completo; (3) publicações opinativas, editoriais ou relatos sem embasamento científico consistente; (4) estudos que não abordassem diretamente aplicações dermatológicas.

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos para identificação dos artigos potencialmente elegíveis. Em seguida, foi realizada a leitura completa dos textos selecionados para confirmação dos critérios de inclusão. Os artigos incluídos nesta revisão correspondem àqueles previamente selecionados por sua relevância e atualidade, publicados entre 2020 e 2026.

A extração dos dados contemplou: tipo de estudo, características da intervenção (exossomos ou PDRN), origem biológica (quando aplicável), mecanismo de ação proposto, indicações dermatológicas (faciais e capilares), principais desfechos clínicos e experimentais, além de limitações relatadas.

Para melhor organização e análise dos resultados, os achados foram agrupados em eixos temáticos, a saber: (1) mecanismos de ação dos exossomos; (2) mecanismos de ação dos PDRN; (3) aplicações em rejuvenescimento facial; (4) aplicações em regeneração capilar; (5) terapias combinadas e perspectivas futuras.

Como limitação, destaca-se a heterogeneidade dos estudos incluídos, especialmente quanto aos protocolos de aplicação, origem dos biomateriais e desfechos avaliados, além da ainda limitada disponibilidade de ensaios clínicos randomizados de grande escala. Apesar disso, a abordagem integrativa permite uma análise abrangente e atualizada do tema, contribuindo para a consolidação do conhecimento e orientação da prática clínica na área de dermatologia regenerativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de Estupiñan, et al. (2025) aprofunda o papel dos exossomos derivados de células-tronco mesenquimais do tecido adiposo como agentes altamente ativos na regeneração cutânea e capilar, destacando mecanismos mais específicos e mensuráveis. Os autores demonstram que esses exossomos, ricos em mRNA, microRNA, proteínas e lipídios, atuam diretamente sobre fibroblastos, promovendo aumento significativo de colágeno tipo I e glicosaminoglicanos, conforme evidenciado por análise histológica após 3 e 6 meses, o que melhora a matriz extracelular e favorece o suporte estrutural do folículo piloso. No contexto capilar, o artigo cita evidências clínicas de que exossomos podem apresentar estímulo superior ao PRP no crescimento dos fios, com manutenção dos resultados por até 28 meses, sugerindo efeito prolongado sobre o ciclo folicular. Esse impacto ocorre principalmente pela redução de metaloproteinases da matriz (MMPs), diminuição do estresse oxidativo e do dano ao DNA, além do aumento da proliferação e migração celular, fatores que contribuem diretamente para a ativação da

papila dérmica e manutenção da fase anágena. Outro aspecto relevante é a maior consistência biológica desses exossomos, provenientes de doadores jovens, o que potencializa sua atividade regenerativa. A associação com radiofrequência microagulhada, descrita no estudo, otimiza a entrega dessas vesículas ao tecido dérmico, ampliando sua ação no nicho folicular. Esses achados também sustentam a aplicação do PDRN, que compartilha efeitos pró-angiogênicos e estimuladores celulares, reforçando a atuação complementar dessas terapias na regeneração capilar e na restauração do microambiente folicular.

O estudo de Cestari, Tovo e Bueno (2026) aprofunda de maneira robusta os mecanismos moleculares dos exossomos derivados de células-tronco mesenquimais, evidenciando seu papel altamente específico na regeneração cutânea e capilar por meio de uma ação coordenada entre fatores solúveis e vesículas extracelulares. Os autores demonstram que o secretoma das MSCs é composto por citocinas (como IL-10 e TGF- β), fatores de crescimento (VEGF, IGF-1, HGF) e RNAs regulatórios, que atuam sinergicamente na modulação inflamatória, angiogênese e remodelação tecidual. No contexto capilar, o artigo destaca de forma mais direcionada a atuação dos exossomos na biologia do folículo piloso, especialmente por meio da ativação de vias críticas como Wnt/ β -catenina e TGF- β /Smad, fundamentais para a regulação do ciclo folicular. A entrega seletiva de microRNAs, como o miR-122-5p, promove aumento da espessura dérmica e do tamanho do bulbo capilar, além de antagonizar diretamente os efeitos inibitórios do di-hidrotestosterona (DHT), revertendo a supressão da proliferação das células da papila dérmica. Esse mecanismo é particularmente relevante na alopecia androgenética, onde há miniaturização progressiva dos folículos. Além disso, os exossomos restauram a expressão de proteínas essenciais para o crescimento capilar, como β -catenina, versican, BMP2 e ciclinas, promovendo reentrada na fase anágena e sustentação do crescimento dos fios. Outro aspecto importante descrito é a capacidade desses vesículas de estimular angiogênese perifolicular via VEGF, melhorando o aporte nutricional e metabólico do folículo, além de reduzir o estresse oxidativo e proteger contra apoptose celular, fatores diretamente envolvidos na degeneração folicular. O artigo também ressalta a modulação imunológica local, com redução da inflamação mediada por células T e NK, contribuindo para manutenção do privilégio imunológico do folículo, especialmente relevante em alopecias inflamatórias. Dessa forma, os

exossomos derivados de MSCs atuam de forma multifatorial e altamente direcionada no microambiente capilar, promovendo regeneração estrutural e funcional dos folículos. Esses mecanismos também sustentam o uso do PDRN, que compartilha efeitos pró-angiogênicos e estimuladores celulares, reforçando a sinergia entre essas terapias na indução do crescimento capilar e na restauração do ciclo folicular.

O estudo de Liang et al. (2025) demonstra que os exossomos derivados de células-tronco, especialmente de origem mesenquimal e adiposa, exercem papel central na regeneração cutânea e capilar por meio da entrega direcionada de proteínas, lipídios e microRNAs bioativos que modulam diretamente a atividade celular. Observa-se aumento expressivo da síntese de colágeno tipo I e III, concomitante à redução de metaloproteinases (MMP-1 e MMP-3), favorecendo a integridade da matriz extracelular e a sustentação estrutural da pele e dos folículos pilosos. No âmbito capilar, esses exossomos atuam sobre fibroblastos dérmicos e células da papila dérmica por meio da ativação das vias TGF- β /Smad e PI3K/Akt, promovendo proliferação celular, migração e estímulo à fase anágena do ciclo folicular. Adicionalmente, microRNAs como miR-21-3p e miR-1246 regulam processos de autofagia e reduzem apoptose, contribuindo para a renovação celular e manutenção da viabilidade folicular. Outro mecanismo relevante é a indução de angiogênese perifolicular, melhorando o aporte nutricional e metabólico do folículo, além da modulação do estresse oxidativo com redução de ROS e ativação de vias antioxidantes como Nrf2. Esses efeitos combinados resultam em melhora da densidade capilar, qualidade dos fios e regeneração funcional do microambiente folicular, consolidando os exossomos como uma estratégia altamente eficaz na dermatologia regenerativa.

Os achados de Majewska et al, (2025) demonstram que os exossomos derivados de células-tronco de rosa (RSCEs) atuam por mecanismos celulares bem definidos, iniciando-se pela sua eficiente internalização por células cutâneas, como fibroblastos e melanócitos, onde liberam RNAs, proteínas e lipídios bioativos que modulam diretamente funções intracelulares. No nível molecular, esses exossomos promovem aumento da proliferação e migração de fibroblastos, com consequente estímulo à síntese de colágeno e reorganização da matriz extracelular. Esse efeito foi evidenciado em modelo experimental do tipo scratch assay, um ensaio *in vitro* que simula uma

“lesão” em monocamadas celulares para avaliar a capacidade de migração e reparo celular, no qual se observou aceleração significativa do fechamento da área lesionada após aplicação dos RSCs. Paralelamente, os exossomos atuam na modulação inflamatória por inibição de citocinas pró-inflamatórias e da via MAPK, reduzindo a expressão de mediadores como COX-2 induzidos por radiação UV, favorecendo um ambiente celular mais propício à regeneração. Outro mecanismo relevante é a ação antioxidante mediada por compostos como flavonoides e polifenóis, que reduzem o estresse oxidativo e protegem as células contra danos estruturais. Além disso, os RSCs são internalizados por melanócitos, promovendo redução da produção de melanina de forma dose-dependente, com efeito máximo observado em aproximadamente 48 horas, indicando regulação ativa do metabolismo pigmentário. No processo de reparo tecidual, os autores descrevem aceleração significativa da cicatrização em diferentes tipos de lesões, com melhora da qualidade do tecido regenerado, incluindo maior uniformidade da matriz e melhor aspecto clínico da pele. A associação com microagulhamento potencializa esses efeitos ao facilitar a penetração dos exossomos em camadas mais profundas, ampliando sua ação no microambiente dérmico. Dessa forma, os RSCs atuam de maneira integrada sobre proliferação celular, inflamação, estresse oxidativo e remodelação tecidual, promovendo regeneração cutânea eficaz e biologicamente direcionada.

Nahm et al. (2025) reúnem evidências clínicas relevantes sobre o uso de exossomos em rejuvenescimento cutâneo, cicatrizes, melasma e regeneração capilar, mostrando resultados objetivos em diferentes protocolos dermatológicos. No rejuvenescimento facial, os autores citam estudo split-face com 28 participantes, no qual exossomos derivados de células-tronco adiposas associados ao microagulhamento produziram melhora superior em rugosidade, elasticidade, hidratação e índice de melanina quando comparados ao controle. Também descrevem ensaio com exossomos derivados de MSCs perinatais, aplicados após microagulhamento, com melhora significativa de tom, textura, luminosidade, linhas finas, poros, pigmentação e vascularização facial. Em cicatrizes de acne, o artigo destaca estudo com laser fracionado de CO₂ associado a exossomos derivados de tecido adiposo, com maior redução do escore ECCA, menor eritema e menor tempo de recuperação em comparação ao lado controle. No melasma, exossomos derivados de MSCs do cordão

umbilical foram associados a diferentes métodos de penetração cutânea, como microagulhamento, laser fracionado não ablativo e plasma frio, resultando em maior melhora do MASI e da avaliação clínica global em relação ao controle. Na área capilar, os autores relatam aumento da densidade e da espessura dos fios em estudos com exossomos derivados de tecido adiposo, incluindo melhora de 121,7 para 146,6 fios/cm² após 12 semanas e aumento progressivo de 158,03 para 166,14 fios/cm² em 24 semanas. O artigo também cita uso de exossomos derivados de células-tronco de rosa por eletroporação em alopecia androgenética, com redução da queda, aumento da espessura e crescimento sustentado após as sessões. Assim, a revisão sustenta que os exossomos apresentam aplicação integrada em pele e cabelo, especialmente quando combinados a tecnologias que aumentam sua penetração, como microagulhamento, laser e eletroporação.

A revisão de Esmaeili (2026) destaca de forma relevante o papel dos exossomos como moduladores diretos da regeneração tecidual também no contexto capilar, especialmente por sua capacidade de atuar sobre o microambiente do folículo piloso. Os autores descrevem que essas vesículas extracelulares promovem intensa comunicação parácrina por meio da transferência de microRNAs e proteínas bioativas, capazes de estimular a proliferação de células da papila dérmica e de queratinócitos foliculares, elementos fundamentais para a manutenção e ativação do ciclo do cabelo. Esse processo ocorre principalmente pela modulação de vias relacionadas à sobrevivência celular, redução do estresse oxidativo e reversão da senescência, fatores que são diretamente implicados na miniaturização folicular observada na alopecia androgenética. Além disso, os exossomos exercem efeito pró-angiogênico significativo por meio da ativação de mediadores como VEGF, promovendo aumento da vascularização perifolicular, o que melhora a oferta de oxigênio e nutrientes ao bulbo capilar, favorecendo a transição da fase telógena para anágena. O artigo também evidencia que esses compostos modulam a resposta inflamatória local, induzindo polarização de macrófagos para o fenótipo regenerativo (M2), reduzindo microinflamação crônica do couro cabeludo — um fator importante na progressão da alopecia. Em estudos clínicos citados, observa-se aumento mensurável da densidade capilar e da espessura dos fios após aplicação de exossomos, com ganhos de até 35 fios/cm², demonstrando impacto direto na dinâmica do crescimento capilar. Ademais, a

utilização de estratégias combinadas, como microagulhamento, potencializa a entrega desses vesículas ao nicho folicular, ampliando sua eficácia. Embora o foco do artigo não seja especificamente o PDRN, os mecanismos descritos sustentam sua aplicação no ambiente capilar, uma vez que o PDRN também atua estimulando angiogênese, proliferação celular e síntese de matriz extracelular via ativação de receptores A2A, o que converge funcionalmente com os efeitos dos exossomos. Dessa forma, ambos os agentes promovem um ambiente biológico favorável à reativação folicular, prolongamento da fase anágena e melhora estrutural dos fios, consolidando seu potencial no tratamento regenerativo das disfunções capilares.

Pham (2026) descreve que os exossomos atuam diretamente nas diferentes fases da regeneração cutânea ao reduzir mediadores inflamatórios como TNF- α e IL-1 β , ao mesmo tempo em que estimulam a migração de queratinócitos e fibroblastos e promovem reorganização mais eficiente do colágeno, resultando em reepitelização acelerada e melhor qualidade do tecido formado. No rejuvenescimento, o artigo destaca aumento da expressão de colágeno e elastina associado à diminuição de sinais oxidativos e inflamatórios, com melhora objetiva de parâmetros como textura, elasticidade e pigmentação, especialmente quando os exossomos são aplicados após procedimentos como microagulhamento ou laser fracionado, que aumentam sua retenção e penetração dérmica. Em cicatrizes, há modulação específica da atividade fibroblástica por regulação da via TGF- β /SMAD e do equilíbrio entre metaloproteinases e seus inibidores (MMP/TIMP), promovendo melhor organização das fibras colágenas e redução de fibrose desorganizada. No tecido capilar, o artigo evidencia que os exossomos estimulam a comunicação entre células da papila dérmica e células-tronco foliculares, com ativação das vias Wnt/ β -catenina e PI3K/Akt, o que favorece a entrada e manutenção da fase anágena, além de reduzir a inflamação perifolicular associada à miniaturização. Dados clínicos compilados mostram redução da queda e aumento da densidade e espessura dos fios após aplicações intradérmicas seriadas ou uso associado a microagulhamento em protocolos de 8 a 12 semanas, além de esquemas com aplicações no couro cabeludo a cada 1–3 meses. Esses achados demonstram atuação integrada dos exossomos na regeneração da pele e no estímulo do crescimento capilar por meio da modulação simultânea de inflamação, proliferação celular e remodelação tecidual.

Wang et al. (2026) descrevem de forma mais detalhada a atuação dos exossomos derivados de células-tronco humanas e de plantas em diferentes etapas da regeneração cutânea e estética médica. Na fase de hemostasia, os autores relatam que exossomos derivados de plaquetas expressam fator tecidual e fosfatidilserina, ativando o complexo protrombínico e favorecendo a formação de fibrina; já os exossomos de células-tronco adiposas reduziram o tempo de hemostasia em aproximadamente 40% por regulação do fator VIII e do fator de von Willebrand, enquanto o miR-126 presente em exossomos de células-tronco do sangue do cordão umbilical melhora a conexão entre células endoteliais e reduz extravasamento vascular. Na fase inflamatória, os exossomos de MSCs modulam linfócitos T e macrófagos, especialmente por meio de let-7b, bloqueando a via TLR4/NF- κ B e estimulando STAT3/AKT, além de miR-181c, que reduz TLR4 e NF- κ B/p65 em modelos de queimadura, diminuindo IL-1 β e TNF- α . Na fase proliferativa, exossomos de MSCs adiposas aumentam KGF, PDGF e VEGF no leito da ferida, estimulando proliferação de queratinócitos, migração de fibroblastos e neovascularização; os exossomos de cordão umbilical ainda entregam Wnt4 e ativam PI3K/AKT, reduzindo apoptose celular e acelerando a resolução da ferida. No remodelamento, o artigo destaca o papel da proteína exossomal 14-3-3 ζ no controle da via YAP, funcionando como um “freio” para evitar expansão fibroblástica excessiva e deposição desorganizada de colágeno, enquanto miR-23a, miR-125b, miR-21 e miR-145 reduzem a diferenciação de miofibroblastos por inibição da via TGF- β /Smad2, favorecendo cicatrização com menor fibrose. Em relação aos exossomos vegetais, o estudo aponta efeitos específicos de Aloe vera na hidratação e redução de recrutamento neutrofílico, gengibre na inibição do inflamassoma NLRP3 e redução de IL-1 β , grapefruit na modulação de TLR4/NF- κ B, maçã via miR166a estimulando migração fibroblástica, uva por ativação de PI3K/Akt e óxido nítrico, e ginseng por redução de apoptose endotelial. No campo capilar, os autores destacam que exossomos humanos e vegetais ativam Wnt/ β -catenina, aumentam β -catenina e versican em células da papila dérmica, reduzem apoptose, antagonizam efeitos do DHT e prolongam a fase anágena por miRNAs como miR-218-5p e miR-122-5p, favorecendo aumento de densidade e espessura dos fios. Assim, o artigo sustenta que essas vesículas atuam de forma ampla em pele e cabelo, integrando hemostasia, controle inflamatório, angiogênese, proliferação celular, remodelação de matriz, melhora de cicatrizes, rejuvenescimento,

acne e crescimento capilar.

Tabela – Síntese dos Estudos sobre Exossomos em Dermatologia Regenerativa

Autor/Ano	Metodologia do Estudo	Principais Conclusões
Estupiñan et al., 2025	Ensaio clínico comparativo (split-face) associado a análise histológica longitudinal (3 e 6 meses)	Demonstrou aumento significativo de colágeno tipo I e glicosaminoglicanos, com melhora da matriz extracelular e suporte estrutural dérmico. Evidenciou estímulo capilar superior ao PRP, com manutenção prolongada dos resultados, associado à redução de MMPs, estresse oxidativo e ativação da papila dérmica
Cestari; Tovo; Bueno, 2026	Revisão narrativa com foco mecanístico e molecular	Evidenciou que o secretoma das MSCs (citocinas, fatores de crescimento e miRNAs) atua na modulação inflamatória, angiogênese e remodelação tecidual. No cabelo, destacou ativação de vias Wnt/ β -catenina e TGF- β , aumento do bulbo capilar e antagonismo dos efeitos do DHT
Liang et al., 2025	Revisão associada a estudos experimentais in vitro	Demonstrou aumento da síntese de colágeno tipo I e III e redução de MMP-1 e MMP-3. Evidenciou ativação das vias PI3K/Akt e TGF- β /Smad, com estímulo à proliferação celular, angiogênese e manutenção da fase anágena
Majewska et al., 2025	Estudo experimental (in vitro – scratch assay) associado a aplicação clínica	Observou aumento da proliferação e migração de fibroblastos, com aceleração do fechamento de lesões. Demonstrou redução de citocinas inflamatórias, ação

		antioxidante e diminuição da melanogênese, com melhora da qualidade do tecido regenerado
Nahm et al., 2025	Revisão com inclusão de estudos clínicos (ensaio comparativos e protocolos combinados)	Evidenciou melhora de parâmetros cutâneos (rugas, textura, pigmentação) e tratamento de cicatrizes e melasma. No cabelo, mostrou aumento significativo da densidade e espessura dos fios, especialmente quando associado a microagulhamento, laser ou eletroporação
Esmaeili, 2026	Revisão narrativa com foco em fisiopatologia capilar	Demonstrou que exossomos estimulam células da papila dérmica, promovem angiogênese via VEGF e reduzem inflamação perifolicular. Resultados clínicos mostram aumento da densidade capilar e melhora da qualidade dos fios
Pham, 2026	Revisão integrativa com dados clínicos e experimentais	Evidenciou atuação nas fases inflamatória, proliferativa e de remodelação da pele, com aumento de colágeno e elastina. No cabelo, destacou ativação das vias Wnt/ β -catenina e PI3K/Akt, favorecendo crescimento e manutenção folicular
Wang et al., 2026	Revisão sistemática com dados in vitro e in vivo (modelos celulares e animais)	Demonstrou atuação em todas as fases da cicatrização, incluindo hemostasia, inflamação e remodelamento. Evidenciou modulação de múltiplas vias (TLR4/NF- κ B, PI3K/Akt, Wnt), além de aumento da densidade capilar e estímulo à fase anágena

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos estudos evidencia que a dermatologia regenerativa tem avançado significativamente com a incorporação de terapias baseadas em exossomos e PDRN, as quais atuam diretamente nos mecanismos celulares responsáveis pela manutenção e reparo tecidual. Observa-se que essas abordagens promovem modulação precisa do microambiente cutâneo, com estímulo à proliferação de fibroblastos, aumento da síntese de colágeno e reorganização da matriz extracelular, resultando em melhora estrutural e funcional da pele. Além disso, a atuação sobre vias inflamatórias e oxidativas contribui para um ambiente biológico mais favorável à regeneração, refletindo em melhora de parâmetros clínicos como elasticidade, textura e uniformidade da pele.

No contexto da regeneração capilar, os achados demonstram que essas terapias atuam diretamente sobre o nicho folicular, promovendo ativação de células da papila dérmica e células-tronco foliculares, fundamentais para o ciclo de crescimento do cabelo. A modulação de vias intracelulares relacionadas à proliferação celular e à sobrevivência, associada ao estímulo da angiogênese perifolicular, favorece a transição para a fase anágena e a manutenção do crescimento dos fios. Como resultado, observa-se aumento consistente da densidade capilar, espessura dos fios e redução da queda, indicando impacto direto na reversão de processos como a miniaturização folicular.

Outro aspecto relevante é a atuação dessas terapias ao longo de todas as fases do reparo tecidual, desde o controle da inflamação inicial até a fase de remodelamento da matriz extracelular. A capacidade de reduzir citocinas pró-inflamatórias, estimular migração celular e regular o equilíbrio entre síntese e degradação de colágeno contribui para uma cicatrização mais eficiente e com melhor qualidade estrutural. Esse efeito é observado não apenas em processos de rejuvenescimento, mas também no tratamento de cicatrizes, alterações pigmentares e outras condições dermatológicas, ampliando o espectro de aplicação clínica dessas tecnologias.

Por fim, destaca-se que a associação dessas terapias com métodos de entrega transdérmica, como microagulhamento, laser e outras tecnologias físicas, potencializa significativamente seus efeitos ao facilitar a penetração e distribuição dos agentes bioativos no tecido-alvo. A convergência entre diferentes mecanismos de ação,

incluindo modulação inflamatória, estímulo angiogênico, ativação celular e remodelação tecidual, reforça o potencial dessas abordagens como estratégias integradas e eficazes na dermatologia regenerativa facial e capilar, consolidando-se como alternativas promissoras para intervenções clínicas com foco não apenas estético, mas também funcional.

REFERÊNCIAS

Esmaeili E, Rad I. From platelets to paracrine signals: A review of PRP, exosomes, and cell-based interventions for skin repair and rejuvenation. *Nanomedicine*. 2026.

Estupiñan B, Ly K, Goldberg DJ. Adipose mesenchymal stem cell-derived exosomes versus platelet-rich plasma for photoaged facial skin. *J Cosmet Dermatol*. 2025.

Khan A, Wang G, Zhou F, et al. Polydeoxyribonucleotide: A promising skin anti-aging agent. *Chin J Plast Reconstr Surg*. 2022.

Liang C, Yi Y, Li J, et al. Unveiling exosomes in combating skin aging. *Stem Cell Res Ther*. 2025.

Majewska L, Dorosz K, Kijowski J. Rose stem cell-derived exosomes in skin treatment. *J Cosmet Dermatol*. 2025.

Nahm WJ, Nikas C, Goldust M, et al. Exosomes in dermatology: A comprehensive review. *Int J Dermatol*. 2025.

Cestari MCP, Tovo RF, Bueno DF. MSC-derived secretome and exosomes in dermatology. *Int J Dermatol*. 2025.

Park S, Baek S, Shin HJ, et al. Polydeoxyribonucleotides as emerging therapeutics for skin diseases. *Appl Sci*. 2025.

Wang X, Wang W, Yao R, et al. Stem cell-derived and plant-derived exosomes: Promising therapeutics. *Mol Cell Probes*. 2026.

Pham GM. Exosome-based therapeutics in dermatology and beyond. *Biomedicines*. 2026.

Xiong M, Zhang Q, Hu W, et al. Exosomes from adipose-derived stem cells in tissue regeneration. *Front Cell Dev Biol*. 2020.