

مروری جامع بر اگزوزوم‌تراپی در پوست، زیبایی و پزشکی بالینی

پگاه تمیمی*

دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی
تهران، تهران، ایران

نویسنده مسئول:

پگاه تمیمی

تهران، بلوار کشاورز، خیابان قریب، پلاک
۶۲

پست الکترونیک:

pegahtamimi.md@gmail.com

تعارض منافع: اعلام نشده است.

اگزوزوم‌ها و زیکول‌های خارج سلولی کوچکی هستند که توسط سلول‌ها ترشح شده و حاوی مولکول‌های مختلفی همچون پروتئین‌ها، RNA و چربی‌ها هستند که می‌توانند به سلول‌های دیگر منتقل شده و اثرات متفاوتی بر آن‌ها بگذارند. استفاده از اگزوزوم‌ها به‌ویژه در زمینه‌های پزشکی و زیبایی به‌عنوان یک روش نوین مورد توجه قرار گرفته است. این ذرات زیستی در فرآیندهای مختلف از جمله ضد پیری پوست، درمان التهابات پوستی، ترمیم زخم‌ها و درمان ریزش مو اثرات مثبتی نشان داده‌اند. اگزوزوم‌ها قادرند با انتقال میکروRNAها و سایر مولکول‌های زیستی به سلول‌های هدف، فرآیندهای بازسازی پوست و بهبود عملکرد آن را تسریع کنند. این مقالات همچنین به بررسی روش‌های مختلف استخراج اگزوزوم‌ها و مزایا و معایب استفاده از آن‌ها در درمان‌های پوستی پرداخته و اهمیت تحقیقات بیشتر در این زمینه را مورد تأکید قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهند که اگزوزوم‌ها پتانسیل بالایی در بهبود شرایط مختلف پوستی دارند و می‌توانند درمان‌های غیرتهاجمی و مؤثری برای بیماری‌های پوستی مانند آکنه، اگزما، پیری پوست و ریزش مو فراهم کنند. با وجود انتظارات شگفت‌انگیز از اگزوزوم‌ها هنوز نمی‌توان آن‌ها را به‌عنوان درمان‌های اصلی و جایگزین قطعی روش‌های موجود به‌صورت گسترده به کار گرفت از این‌رو، استفاده بالینی از اگزوزوم‌ها در حال حاضر عمدتاً محدود به مطالعات تحقیقاتی یا برخی مراکز خصوصی است و نیاز به تحقیقات گسترده‌تر و تأییدات قانونی بیشتر برای استفاده رسمی و گسترده در درمان دارد.

کلیدواژه‌ها: اگزوزوم، زیبایی، پوست

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳

پوست و زیبایی؛ بهار ۱۴۰۴، دوره ۱۶ (۱): ۱۶-۲۱

مقدمه

مبانی اگزوزوم‌ها و مکانیسم‌های مولکولی آنها

اگزوزوم‌ها در تمامی سلول‌ها تولید می‌شوند و به‌عنوان یک سیستم ارتباطی میان سلولی عمل می‌کنند.^۱ این ذرات به‌ویژه در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند التهابات، ترمیم بافت‌ها و فرآیندهای ایمنی نقش دارند. اگزوزوم‌ها از نظر اندازه در حدود ۱۵۰-۳۰ نانومتر هستند و در انواع مختلفی از بافت‌ها و مایعات بدن مانند خون، ادرار و لنف یافت می‌شوند.^۲ مکانیسم اصلی عملکرد اگزوزوم‌ها شامل انتقال پیام‌های مولکولی از یک سلول به سلول دیگر است. این پیام‌ها می‌توانند شامل پروتئین‌ها، RNAهای

اگزوزوم‌ها و زیکول‌های خارج سلولی کوچکی هستند که از سلول‌ها به‌ویژه سلول‌های بنیادی آزاد می‌شوند و حاوی مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و RNA هستند که می‌توانند به سلول‌های دیگر منتقل شده و اثرات مختلفی در آن‌ها ایجاد کنند.^۳ استفاده از اگزوزوم‌ها به‌ویژه در زمینه‌های پزشکی و زیبایی‌شناسی به‌عنوان یک درمان نوین و اثرگذار مطرح است. در این مقاله، به بررسی اثرات بالینی اگزوزوم‌ها، کاربرد آن‌ها در زیبایی‌شناسی، روش‌های استخراج آن‌ها و مزایا و معایب این درمان خواهیم پرداخت.

مشتق از بافت چربی (ADSC) و سلول‌های بنیادی بند ناف انسانی (hUCMSC) توانسته‌اند تأثیرات مثبتی در کاهش آسیب‌های ناشی از UV و افزایش تولید کلاژن در پوست داشته باشند.^{۱۰} میکروRNAهای موجود در اگزوزوم‌ها مانند miR-1246 و miR-29b-3p به کاهش تخریب کلاژن و تحریک تولید پروتئین‌های ساختاری پوست کمک می‌کنند.^{۱۱}

درمان التهابات پوستی

اگزوزوم‌ها به‌عنوان درمانی مؤثر برای التهابات پوستی شناخته می‌شوند. به‌ویژه، در درمان بیماری‌هایی مانند اگزما (AD)، اگزوزوم‌ها با کاهش سطح سیتوکین‌های التهابی و بهبود عملکرد سد پوستی، اثرات ضدالتهابی قابل‌توجهی دارند.^{۱۲} در مدل‌های حیوانی، اگزوزوم‌های مشتق از سلول‌های بنیادی چربی نشان داده‌اند که می‌توانند سطوح IgE، سلول‌های ایوزینوفیل و التهاب در پوست را کاهش دهند.^{۱۳} این ویژگی‌ها می‌توانند در درمان بیماری‌های پوستی خودایمنی و التهابی مانند پسوریازیس و آکنه مؤثر باشند.^{۱۴}

ترمیم زخم و بازسازی بافت پوست

اگزوزوم‌ها قادرند فرآیندهای ترمیم زخم و بازسازی بافت را بهبود بخشند. اگزوزوم‌ها می‌توانند با تحریک مهاجرت سلول‌های بنیادی، افزایش تولید کلاژن و تسریع فرآیندهای بازسازی بافت، به ترمیم سریع‌تر زخم‌ها کمک کنند.^{۱۵} در مدل‌های حیوانی، اگزوزوم‌ها با افزایش تجمع کلاژن و کاهش فرآیند فیبروز، توانسته‌اند به ترمیم بهتر و کاهش اسکارها کمک کنند. این ویژگی‌ها موجب شده است که اگزوزوم‌ها به‌عنوان درمانی نوین برای زخم‌ها و آسیب‌های پوستی در نظر گرفته شوند.^{۱۶}

درمان ریزش مو و تحریک رشد مو

در زمینه درمان ریزش مو، اگزوزوم‌ها به‌ویژه در درمان آلوپسی و ریزش موی آندروژنتیک اثرات مثبت نشان داده‌اند. اگزوزوم‌های مشتق از سلول‌های بنیادی

میکرو و mRNA باشند که به تغییرات در رفتار سلولی و فیزیولوژی بافت‌ها منجر می‌شوند. به‌ویژه، اگزوزوم‌ها در فرآیندهای بازسازی بافت و ترمیم آسیب‌های پوستی و افزایش تولید کلاژن در پوست نقش دارند.^{۱۷} اگزوزوم‌ها حاصل جوانه‌زنی درونی اندوزوم‌ها و تشکیل اجسام چندوزیکولی (MVBs) هستند که پس از اتصال به غشای پلاسمایی، محتوای خود را به فضای خارج سلولی آزاد می‌کنند.^{۱۸} این وزیکول‌ها حاوی مولکول‌های زیستی همچون CD63، CD81، TSG101 و ALIX هستند که به‌عنوان نشانگرهای تشخیصی آن‌ها به کار می‌روند.^{۱۹}

کاربردهای بالینی اگزوزوم‌ها در پزشکی

کاربردهای بالینی اگزوزوم‌تراپی

در بیماری‌های عصبی: در مدل‌های حیوانی، اگزوزوم‌های مشتق از MSCs باعث بهبود عملکرد نورونی در بیماران مبتلا به سکته مغزی، آلزایمر و پارکینسون شده‌اند.

در درمان زخم و بیماری‌های پوستی: اگزوزوم‌های حاوی فاکتورهای رشد و miRNAهای ضدالتهابی، موجب تحریک آنژیوژنز، افزایش سنتز کلاژن، کاهش اسکار و ترمیم سریع‌تر زخم‌های مزمن می‌شوند.

در سرطان: اگزوزوم‌ها در انتقال RNAهای توموری دخیل هستند و می‌توانند به‌عنوان بیومارکر تشخیصی یا ابزار هدف‌گیری دارویی عمل کنند.

در پزشکی بازساختی: اگزوزوم‌تراپی به‌عنوان جایگزینی برای سلول‌تراپی در بازسازی بافت‌های استخوان، غضروف و قلب مطرح شده است.

اگزوزوم‌ها در درمان‌های ضدپیری

پوست انسان با افزایش سن دچار تغییرات بسیاری می‌شود. تابش نور فرابنفش (UV)، اکسیداتیو استرس و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد از جمله عواملی هستند که موجب آسیب به سلول‌های پوست و کاهش تولید کلاژن و الاستین می‌شوند.^{۲۰}

اگزوزوم‌ها به‌ویژه از منابعی مانند سلول‌های بنیادی

در سرعت‌های بالا یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای استخراج اگزوزوم‌ها است.^{۲۱}

مقایسه روش‌ها

در جدول ۱، برخی از روش‌های متداول استخراج اگزوزوم‌ها و مزایا و معایب آن‌ها آورده شده است.^{۲۲،۲۳}

مزایا و معایب اگزوزوم تراپی

مزایا

طبیعت بیولوژیکی: اگزوزوم‌ها به‌طور طبیعی از سلول‌ها ترشح می‌شوند بنابراین، در بدن به خوبی پذیرفته می‌شوند و عوارض جانبی کمتری دارند.^{۲۴} توانایی در ترمیم بافت‌ها: اگزوزوم‌ها توانایی بی‌نظیری در ترمیم بافت‌ها، کاهش التهاب و تسریع فرآیندهای بازسازی دارند.^{۲۵}

درمان‌های غیرتهاجمی: اگزوزوم‌ها معمولاً یک درمان غیرتهاجمی هستند که نیاز به جراحی ندارند.^{۲۶}

معایب

هزینه بالا: استخراج اگزوزوم‌ها و فرآیندهای تولید آن‌ها ممکن است هزینه‌بر باشد.^{۲۷} کمبود تحقیقات بالینی: با وجود شواهد زیادی در مدل‌های حیوانی، هنوز نیاز به تحقیقات بالینی بیشتری برای تأیید اثرات آن‌ها در انسان‌ها داریم.^{۲۸،۲۹} احتمال واکنش‌های ایمنی: در بعضی موارد، ممکن است سیستم ایمنی بدن نسبت به اگزوزوم‌ها واکنش نشان دهد.^{۳۰}

چربی (ADSC) و سلول‌های بنیادی بند ناف (UCMSC) به‌عنوان درمانی امیدوارکننده برای تحریک رشد مو در مدل‌های حیوانی و بالینی بررسی شده‌اند.^{۱۷} این اگزوزوم‌ها قادرند روند تبدیل فاز تلوزن به فاز آنژن را تسریع کنند و به تحریک سلول‌های پاپیلا مو کمک نمایند.^{۱۸} میکروRNAهای خاصی که در اگزوزوم‌ها وجود دارند، به‌ویژه در تنظیم چرخه رشد مو و تحریک تکثیر سلول‌های فولیکول مو مؤثر هستند.^{۱۹}

روش‌های استخراج اگزوزوم‌ها

روش‌های مختلفی برای استخراج اگزوزوم‌ها از منابع مختلف وجود دارد. این روش‌ها به‌طور عمده به دو دسته تقسیم می‌شوند: روش‌های شیمیایی و فیزیکی.

روش‌های شیمیایی

این روش‌ها معمولاً از مواد شیمیایی برای جداسازی اگزوزوم‌ها استفاده می‌کنند. یکی از متداول‌ترین روش‌ها، استفاده از پلیمرهای شیمیایی مانند پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) است که به‌طور مؤثری اگزوزوم‌ها را از دیگر مواد سلولی جدا می‌کند.^{۲۰}

روش‌های فیزیکی

روش‌های فیزیکی به جداسازی اگزوزوم‌ها از طریق فیلتراسیون، سانتریفیوژ و الکترومایگریشن می‌پردازند. در این روش‌ها، از نیروی گریز از مرکز برای تفکیک ذرات با اندازه‌های مختلف استفاده می‌شود. سانتریفیوژ

جدول ۱: برخی از روش‌های متداول استخراج اگزوزوم‌ها و مزایا و معایب آن‌ها.

روش	مزایا	معایب	کاربرد رایج
اولتراسانتریفیوژ (UC)	دقت بالا، رایج‌ترین روش	زمان‌بر، نیاز به تجهیزات خاص	تحقیقات پایه
رسوب‌گذاری با پلیمر (PEG)	کم‌هزینه، ساده	آلودگی بالا، خلوص پایین	مطالعات اولیه
فیلتر غشایی (UF)	سریع، قابل تکرار	امکان تغییر شکل اگزوزوم	کاربرد تجاری
کروماتوگرافی اندازه‌برداری (SEC)	خلوص بالا، بدون آسیب به اگزوزوم	گران، پیچیده	تحقیقات بالینی
کیت‌های تجاری	ساده و سریع	هزینه بالا، تنوع کیفیت	مصارف آزمایشگاهی
نانو الیاف الکتروریسی	نوآورانه؛ آزادسازی آسان با گرما؛ خلوص بالا	فناوری جدید؛ نیاز به توسعه بیشتر و تجهیزات خاص	—

نتیجه‌گیری

اصلی و جایگزین قطعی روش‌های موجود به‌صورت گسترده به‌کار گرفت؛ زیرا تاکنون هیچ فرآورده آگزوزومی تأییدیه سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) را به‌عنوان داروی رسمی دریافت نکرده و بیشتر مطالعات انسانی در مراحل ابتدایی، نظیر فاز اول یا دوم کارآزمایی بالینی و در چارچوب بررسی ایمنی یا اثربخشی انجام شده‌اند از این‌رو، استفاده بالینی از آگزوزوم‌ها در حال حاضر عمدتاً محدود به مطالعات تحقیقاتی یا برخی مراکز خصوصی است و نیاز به تحقیقات گسترده‌تر و تأییدات قانونی بیشتر برای استفاده رسمی و گسترده در درمان دارد.

آگزوزوم‌ها در زمینه‌های مختلف پزشکی و زیبایی‌شناسی، از جمله درمان‌های ضدپیری، التهابات پوستی، ترمیم زخم‌ها و ریزش مو، پتانسیل‌های زیادی دارند. با این حال، همچنان نیاز به تحقیقات بیشتر برای ارزیابی دقیق‌تر اثرات بالینی و بهبود روش‌های استخراج و تولید آگزوزوم‌ها وجود دارد. این درمان نوین ممکن است در آینده‌ای نزدیک به‌عنوان یکی از درمان‌های اصلی در زیبایی‌شناسی و پوست شناخته شود. هرچند با وجود انتظارات شگفت‌انگیز از آگزوزوم‌ها در حوزه‌های گوناگون مانند ترمیم بافت، درمان بیماری‌های التهابی، نورولوژیک، پوستی و حتی سرطان، هنوز نمی‌توان آن‌ها را به‌عنوان درمان‌های

References

1. Théry C, Witwer KW, Aikawa E, et al. Minimal information for studies of extracellular vesicles 2018 (misev2018): A position statement of the international society for extracellular vesicles and update of the misev2014 guidelines. *J Extracell Vesicles* 27:1535750;018.
2. György B, Szabó TG, Pásztói M, et al. Membrane vesicles, current state-of-the-art: Emerging role of extracellular vesicles. *Cell Mol Life Sci* 2011;68:2667-88.
3. Tutuianu R, Rosca AM, Iacomi DM, et al. Human mesenchymal stromal cell-derived exosomes promote in vitro wound healing by modulating the biological properties of skin keratinocytes and fibroblasts and stimulating angiogenesis. *Int J Mol Sci* 2021;22.
4. Wang W-M, Wu C, Jin H-Z. Exosomes in chronic inflammatory skin diseases and skin tumors. *Experimental Dermatology* 2019;28:213-18.
5. Yu H, Feng H, Zeng H, et al. Exosomes: The emerging mechanisms and potential clinical applications in dermatology. *Int J Biol Sci* 2024;20:1778-95.
6. Li Y, Zhang J, Shi J, et al. Exosomes derived from human adipose mesenchymal stem cells attenuate hypertrophic scar fibrosis by mir-192-5p/il-17ra/smad axis. *Stem Cell Res Ther* 2021;12:221.
7. Colombo M, Raposo G, Théry C. Biogenesis, secretion, and intercellular interactions of exosomes and other extracellular vesicles. *Annu Rev Cell Dev Biol* 2014;30:255-89.
8. Balaraman AK, Arockia Babu M, Afzal M, et al. Exosome-based mirna delivery: Transforming cancer treatment with mesenchymal stem cells. *Regen Ther* 2025;28:558-72.
9. Shao X, Zhang M, Chen Y, et al. Exosome-mediated delivery of superoxide dismutase for anti-aging studies in *caenorhabditis elegans*. *Int J Pharm* 2023;641:123090.
10. Sreeraj H, AnuKiruthika R, Tamilselvi KS, et al. Exosomes for skin treatment: Therapeutic and cosmetic applications. *Nano TransMed* 2024;3:100048
11. Ju C, Liu D. Exosomal micrnas from mesenchymal stem cells: Novel therapeutic effect in wound healing. *Tissue Eng Regen Med* 2023;20:647-60.

12. Lei L, Zhou S, Zeng L, et al. Exosome-based therapeutics in dermatology. *Biomater Res* 2025;29:0148.
13. Tang T, Chen L, Zhang M, et al. Exosomes derived from bmscs enhance diabetic wound healing through circ-snhg11 delivery. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 2024;16:37.
14. Tang B, Bi Y, Zheng X, et al. The role of extracellular vesicles in the development and treatment of psoriasis: Narrative review. *Pharmaceutics* 2024;16.
15. Prasai A, Jay JW, Jupiter D, et al. Role of exosomes in dermal wound healing: A systematic review. *J Invest Dermatol* 2022;142:662-78.e8.
16. Chen Q, Chen J, Liu YN, et al. Exosome-based drug delivery systems for the treatment of diabetes and its complications: Current opinion. *Extracell Vesicles Circ Nucl Acids* 2023;4:502-17.
17. Kost Y, Muskat A, Mhaimed N, et al. Exosome therapy in hair regeneration: A literature review of the evidence, challenges, and future opportunities. *J Cosmet Dermatol* 2022;21:3226-31.
18. Cheng M, Ma C, Chen H-D, et al. The roles of exosomes in regulating hair follicle growth. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology* 2024;1.1603:7-12.
19. Queen D, Avram MR. Exosomes for treating hair loss: A review of clinical studies. *Dermatol Surg* 2025;51:409-15.
20. Hade MD, Suire CN, Suo Z. Mesenchymal stem cell-derived exosomes: Applications in regenerative medicine. *Cells* 2021;10.
21. Gao J, Li A, Hu J, et al. Recent developments in isolating methods for exosomes. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:1100892.
22. Dilsiz N. A comprehensive review on recent advances in exosome isolation and characterization: Toward clinical applications. *Transl Oncol* 2024;50:102121.
23. Mukerjee N, Bhattacharya A, Maitra S, et al. Exosome isolation and characterization for advanced diagnostic and therapeutic applications. *Mater Today Bio* 2025;31:101613.
24. Théry C, Zitvogel L, Amigorena S. Exosomes: Composition, biogenesis and function. *Nat Rev Immunol* 2002;2:569-79.
25. Odehnalová N, Šandriková V, Hromadka R, et al. The potential of exosomes in regenerative medicine and in the diagnosis and therapies of neurodegenerative diseases and cancer. 2025;Volume 12, 2025.
26. Jung H, Jung Y, Seo J, et al. Roles of extracellular vesicles from mesenchymal stem cells in regeneration. *Mol Cells* 2024;47:100151.
27. Chen Q, Wu D, Wang Y, et al. Exosomes as novel delivery systems for application in traditional chinese medicine. *Molecules* 2022;27.
28. Al-Nedawi K, Meehan B, Micallef J, et al. Intercellular transfer of the oncogenic receptor egfrviii by microvesicles derived from tumour cells. *Nat Cell Biol* 2008;10:619-24.
29. Wu S, Luo M, To KKW, et al. Intercellular transfer of exosomal wild type egfr triggers osimertinib resistance in non-small cell lung cancer. *Mol Cancer* 2021;20:17.
30. Yi YF, Fan ZQ, Liu C, et al. Immunomodulatory effects and clinical application of exosomes derived from mesenchymal stem cells. *World J Stem Cells* 2025;17:103560.

A comprehensive review of exosome therapy in skin, aesthetics, and clinical medicine

Pegah Tamimi, MD*

School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: May 20, 2025

Accepted: Jun 03, 2025

Pages: 16-21

Exosome therapy is emerging as a promising treatment in dermatology and aesthetic medicine due to its potential to promote skin regeneration, reduce inflammation, and improve wound healing. Exosomes are small extracellular vesicles secreted by cells, particularly stem cells, containing biological molecules such as proteins, lipids, and RNAs, which can be transferred to other cells to influence various physiological processes. This review explores the molecular mechanisms of exosome function, their clinical applications in skin rejuvenation, inflammatory skin diseases, wound healing, and hair loss treatments, as well as their potential use in cosmetic and clinical medicine. The article also discusses methods for exosome extraction, highlighting both chemical and physical techniques, and evaluates the advantages and limitations of exosome therapy, including the need for further clinical studies. Ultimately, exosome-based therapies hold great promise for non-invasive methods in dermatology and aesthetics, though further research is needed to optimize their use. Despite the exciting expectations surrounding, exosomes cannot yet be widely used as primary or definitive treatment options. Currently, no exosome-based products have received official approval from the U.S. Food and Drug Administration (FDA) as licensed drugs. Most human studies are still in early phases, such as phase I or II clinical trials, mainly focused on evaluating safety and preliminary efficacy. Therefore, the clinical application of exosomes remains largely limited to research settings or private clinics, and broader medical use awaits more extensive studies and regulatory approvals.

Keywords: exosome, aesthetics, skin

Corresponding Author:

Pegah Tamimi, MD

No. 62, Qarib St., Keshavarz Blvd.,
Tehran, Iran

Email: pegahtamimi.md@gmail.com

Conflict of interest: None to declare

Copyright © 2025 Published by Tehran University of Medical Sciences.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

2025, Volume 16, Number 1

