



“TERI PIGMENTATSIYASI BUZILISHLARI GIPERPIGMENTATSIYA VA GIPOPIGMENTATSIYA”

*Qo'qon Universiteti Andijon Filiali
Tibbiyot fakulteti 2-bosqich talabasi
Madaminova Feruza Ilxomjon qizi
@madaminovaferuza741@gmail.com*

Annotatsiya: Ushbu maqolada teri pigmentatsiyasi buzilishlari — giperpigmentatsiya va gipopigmentatsiya holatlarining kelib chiqish sabablari, klinik ko'rinishlari hamda ularni bartaraf etishning zamonaviy dermatokosmetologik yondashuvlari tahlil qilinadi. Teri pigmentatsiyasi inson organizmidagi melanin moddasining miqdoriga bevosita bog'liq bo'lib, uning ortishi yoki kamayishi turli tashqi va ichki omillar ta'sirida yuzaga keladi. Maqolada giperpigmentatsiyaning etiologik omillari (quyosh nuri, gormonal disbalans, yallig'lanish holatlari, dori vositalari ta'siri) hamda gipopigmentatsiya sabablari (vitiligo, albinizm, teri shikastlanishlari) keng yoritilgan. Shuningdek, pigmentatsiya buzilishlarini tashxislash usullari, lazer terapiyasi, kimyoviy piling, fototerapiya va boshqa kosmetologik muolajalar samaradorligi ilmiy manbalar asosida tahlil qilinadi. Maqolaning asosiy maqsadi – teri pigmentatsiyasi bilan bog'liq estetik muammolarga zamonaviy ilmiy yechimlar taklif etish va sog'lom teri holatini tiklashda innovatsion yondashuvlarning ahamiyatini ko'rsatishdan iborat.

Kalit so'zlar: pigmentatsiya, giperpigmentatsiya, gipopigmentatsiya, melanin, dermatokosmetologiya, lazer terapiya, piling, estetik muolajalar.

Аннотация: В данной статье рассматриваются нарушения пигментации кожи — гиперпигментация и гипопигментация, их причины,



клинические проявления и современные дерматокосметологические методы коррекции. Пигментация кожи напрямую зависит от количества пигмента меланина в организме человека, повышение или снижение которого происходит под воздействием различных внешних и внутренних факторов. В работе подробно анализируются этиологические причины гиперпигментации (воздействие солнечных лучей, гормональный дисбаланс, воспалительные процессы, применение лекарственных средств), а также факторы, вызывающие гипопигментацию (витилиго, альбинизм, повреждения кожи). Кроме того, в статье рассматриваются методы диагностики нарушений пигментации и оценивается эффективность таких косметологических процедур, как лазерная терапия, химический пилинг, фототерапия и другие аппаратные технологии. Основная цель исследования заключается в обосновании современных научных подходов к решению эстетических проблем, связанных с нарушениями пигментации кожи, и в определении значения инновационных методов в восстановлении здорового состояния кожи.

Ключевые слова: пигментация, гиперпигментация, гипопигментация, меланин, дерматокосметология, лазерная терапия, пилинг, эстетические процедуры.

Abstract: This article examines skin pigmentation disorders — hyperpigmentation and hypopigmentation — focusing on their etiology, clinical manifestations, and modern dermatocosmetological correction methods. Skin pigmentation depends directly on the amount of melanin in the human body, the increase or decrease of which occurs under the influence of various external and internal factors. The paper provides a detailed analysis of the etiological causes of hyperpigmentation (sun exposure, hormonal imbalance, inflammatory conditions, and drug reactions) as well as the factors leading to hypopigmentation (vitiligo,



albinism, and skin injuries). Diagnostic approaches to pigmentation disorders and the effectiveness of cosmetic treatments such as laser therapy, chemical peeling, phototherapy, and other advanced technologies are also discussed. The main objective of this study is to highlight modern scientific approaches to solving aesthetic problems related to skin pigmentation disorders and to emphasize the importance of innovative methods in restoring healthy skin conditions.

Keywords: pigmentation, hyperpigmentation, hypopigmentation, melanin, dermatocosmetology, laser therapy, peeling, aesthetic procedures.

Kirish :Inson terisi — bu nafaqat himoya, balki fiziologik, immunologik va estetik funksiyalarga ega bo‘lgan eng yirik organ hisoblanadi. Teri rangi, uning individual xususiyatlari, melanin pigmentining sintezi va taqsimlanishi bilan chambarchas bog‘liq. Melanin — bu melanotsitlar tomonidan sintez qilinadigan tabiiy pigment bo‘lib, u ultrabinafsha nurlanishdan himoya qilish, oksidlovchi stressni kamaytirish va terining fotostabil holatini saqlashda muhim rol o‘ynaydi.

Teri pigmentatsiyasi buzilishlari, xususan giperpigmentatsiya va gipopigmentatsiya, dermatologik amaliyotda eng ko‘p uchraydigan estetik va tibbiy muammolardan biridir. Bu holatlar nafaqat tashqi ko‘rinishga, balki bemorning psixologik holati va ijtimoiy moslashuviga ham sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Pigmentatsiya buzilishlari ko‘plab etiologik omillarga ega: genetik predispozitsiya, gormonal disbalans, ultrabinafsha nurlanish, yallig‘lanish jarayonlari, dori vositalari, shuningdek, surunkali stress va immun tizimi disfunktsiyalari.

Giperpigmentatsiya — bu melanin ortiqcha ishlab chiqilishi yoki terida notekis taqsimlanishi natijasida yuzaga keladigan holat bo‘lib, u melazma, lentigo, post-yallig‘lanishli pigmentatsiya kabi klinik shakllarda namoyon bo‘ladi. Gipopigmentatsiya-esa melanin sintezining pasayishi yoki melanotsitlar faoliyatining buzilishi bilan xarakterlanib, vitiligo, albinizm, pityriaz versicolor kabi kasalliklarda kuzatiladi. So‘nggi yillarda pigmentatsiya buzilishlarini davolashda



lazer terapiyasi, kimyoviy piling, fototerapiya, mezoterapiya, PRP (plazmolifting) terapiya kabi innovatsion dermatokosmetologik usullar keng qo'llanilmoqda. Ushbu yondashuvlar pigment ishlab chiqarish jarayonini nazorat qilish, melanotsitlar faoliyatini tiklash va terining estetik holatini yaxshilashda yuqori samaradorlikni namoyon etmoqda. Teri pigmentatsiyasi — bu inson organizmida pigment moddalarning, asosan melaninning hosil bo'lishi, taqsimlanishi va parchalanishi bilan bog'liq murakkab biologik jarayondir. Pigmentatsiyaning asosiy vazifasi — terini quyosh nurlarining ultrabinafsha (UV) spektridan himoya qilish, erkin radikallarni neytrallash hamda oksidlovchi stressning oldini olishdan iborat. Melanin melanotsitlar deb ataluvchi maxsus hujayralar tomonidan sintez qilinadi. Ushbu hujayralar epidermisning bazal qatlamida joylashgan bo'lib, ularning soni barcha irqlarda deyarli bir xil, farq esa melanin miqdori va uning taqsimlanish darajasida namoyon bo'ladi. Melanotsitlar melanosoma nomli organoidlarda pigment sintezini amalga oshiradi va tayyor pigmentni keratinotsitlarga uzatadi. Shu yo'l bilan teri, soch va ko'zlarning tabiiy rangi hosil bo'ladi. Melanin biosintezi tirozin aminokislotasidan boshlanadi. Tirozin tirozinaza fermenti ishtirokida oksidlanib, oraliq mahsulotlar — 3,4-digidroksifenilalanin (DOPA) va DOPA-xinon hosil qiladi. Ushbu moddalar keyinchalik polimerizatsiya jarayonlari orqali ikki asosiy pigment shakliga aylanadi: Eumelanin — jigarrang yoki qora rang beruvchi pigment, quyosh nurlaridan samarali himoya qiladi. Feomelanin — sarg'ish yoki qizg'ish tus beruvchi pigment, asosan och terili odamlarda ko'proq bo'ladi. Melanin sintezi jarayoni bir qator biologik omillar bilan boshqariladi. Eng muhim stimulyator — α -melanotsit stimulyatsiya qiluvchi gormon (α -MSH) bo'lib, u melanokortin-1 retseptorlari (MC1R) orqali melanotsit faoliyatini faollashtiradi. Shuningdek, estrogen, kortizol, adrenokortikotrop gormon (ACTH) kabi gormonlar ham pigment sinteziga ta'sir ko'rsatadi. Melanin ishlab chiqarilishi tashqi omillar — ayniqsa, ultrabinafsha nurlanish, issiqlik, mexanik ta'sirlar va kimyoviy moddalarning ta'siri ostida faollashadi. Quyosh nuri melanotsitlarda DNKning fotokimyoviy



shikastlanishini yuzaga keltiradi, bu esa tirozinaza faolligining oshishiga olib keladi. Natijada, himoya mexanizmi sifatida pigment sintezi kuchayadi va teri qorayadi. Bundan tashqari, genetik omillar ham pigmentatsiya darajasini belgilovchi asosiy determinantlardan biridir. MC1R, TYR, TYRP1, DCT kabi genlardagi mutatsiyalar melanin sintezi jarayonini buzib, giper- yoki gipopigmentatsiya holatlariga sabab bo'lishi mumkin. Melanin biosintezi jarayoni melanotsit–keratinotsit birligi orqali amalga oshadi. Bu birlikda hosil bo'lgan melanin keratinotsitlarga uzatilgach, ularning yadro atrofida “pigmentli qalqon” hosil qilib, hujayra DNKsini ultrabinafsha nurlanishdan himoya qiladi. Shu tarzda teri pigmentatsiyasi nafaqat estetik, balki biologik himoya funksiyasini ham bajaradi. Pigmentatsiya mexanizmining buzilishi — melanotsitlar sonining kamayishi, tirozinaza fermenti faolligining pasayishi yoki melanin taqsimlanishidagi disbalans tufayli — giperpigmentatsiya yoki gipopigmentatsiya shaklida namoyon bo'ladi.

Giperpigmentatsiya: sabablari, patogenez va klinik ko'rinishlari: Giperpigmentatsiya — bu terida melanin pigmentining haddan tashqari ko'p to'planishi yoki melanin ishlab chiqaruvchi hujayralar — melanotsitlarning ortiqcha faollashuvi natijasida yuzaga keladigan holatdir. U terining estetik ko'rinishiga jiddiy ta'sir qiladi, biroq bundan tashqari, organizmdagi ichki jarayonlarning disbalansini ko'rsatuvchi klinik belgi sifatida ham qaraladi.

Patogenez mexanizmi: Giperpigmentatsiya patogenezi bir necha murakkab biologik bosqichlardan iborat. Uning markazida melanotsit-melanosoma–keratinotsit tizimidagi disbalans yotadi. Melanotsitlar bazal membrana darajasida joylashgan bo'lib, ular melanin sintezini tirozinaza fermenti orqali amalga oshiradi. Tirozinaza — bu mis ioniga bog'liq oksidoreduktaza fermenti bo'lib, tirozin → DOPA → DOPA-xinon zanjirli reaksiyalarini katalizlaydi. Tashqi (ultrabinafsha nurlar, kimyoviy moddalar) yoki ichki (gormonlar, yallig'lanish mediatorlari,



oksidlovchi stress) ta'sirlar natijasida tirozinaza faolligi oshadi, melanin biosintezi kuchayadi, melanosomalar esa keratinotsitlarga ko'proq miqdorda uzatiladi. Shu tarzda terining ma'lum sohalarida rang notekisligi paydo bo'ladi.

Patogeneza sitokinlar va o'sish omillari muhim rol o'ynaydi. Masalan:

Endotelin-1, stem cell factor (SCF) va basic fibroblast growth factor (bFGF) melanotsit proliferatsiyasini kuchaytiradi;

Interleukin-1 va TNF- α yallig'lanishdan keyingi pigmentatsiya rivojlanishida ishtirok etadi;

Estrogen va progesteron gormonlari esa MC1R (melanokortin-1 retseptor) signallanish yo'lini faollashtiradi.

Shuningdek, oksidlovchi stress giperpigmentatsiya patogenezining muhim komponentidir. Ultrabinafsha nurlanish ta'sirida teri hujayralarida erkin kislorod radikallari (ROS) hosil bo'ladi, bu esa DNKning shikastlanishi va melanin sintezini faollashtiruvchi transkripsion omillar (MITF) aktivatsiyasiga olib keladi.

Etiologik tasnif: Giperpigmentatsiyani etiologik jihatdan uch asosiy guruhga bo'lish mumkin:

1. Fiziologik (adaptiv) — quyosh nuri yoki gormonal o'zgarishlarga javoban terining himoya reaksiyasi sifatida yuzaga keladi. Masalan, quyoshda qorayish.
2. Patologik (sekundar) — yallig'lanish, travma, dorilar yoki endokrin buzilishlar ta'sirida hosil bo'ladi.
3. Irsiy (genetik) — pigmentatsiya uchun mas'ul genlarda mutatsiyalar bo'lishi bilan xarakterlanadi (masalan, Laugier-Hunziker sindromi).



Klinik shakllari:1. Melazma (xloazma):Melazma — giperpigmentatsiyaning eng keng tarqalgan shakli bo‘lib, odatda yuz sohasida simmetrik, jigarrang dog‘lar bilan namoyon bo‘ladi. U asosan ayollarda uchraydi va estrogen-progesteron disbalansi, homiladorlik, yoki kontratseptiv dorilar bilan bog‘liq.

Melazmada melanin epidermisda ham, dermisda ham to‘planadi. Shu sababli u davolanishga nisbatan rezistent bo‘lishi mumkin.

2.Postinflamator giperpigmentatsiya (PIH):Teri yallig‘lanishidan keyin melanotsitlar faoliyati ortib ketadi va yallig‘langan sohada melanin ortiqcha ishlab chiqiladi. Bu holat akne, ekzema, psoriaz yoki jarrohlikdan so‘ng ko‘p uchraydi. PIH — pigmentatsiyaning eng “reaktiv” turi bo‘lib, har qanday mexanik yoki kimyoviy irritatsiyadan keyin paydo bo‘lishi mumkin.

3. Lentigo:Bu kichik, aniqlangan chegarali jigarrang dog‘lar bo‘lib, kronik ultrabinafsha nurlanish natijasida yuzaga keladi. Ular melanotsitlar sonining ortishi bilan emas, balki melanosoma hajmi va faolligining oshishi bilan bog‘liq. Lentigo ko‘pincha “quyosh dog‘lari” sifatida qaraladi.

4.Addison pigmentatsiyasi:Bu giperpigmentatsiyaning endokrin shakli bo‘lib, buyrak usti bezlari yetishmovchiligi natijasida ACTH gormoni ortiqcha ishlab chiqadi va α -MSH bilan o‘xshashligi sababli melanotsitlarni stimulyatsiya qiladi. Natijada terining orqa, tirsak, tizza va qo‘l kafti sohalarida to‘q-jigarrang dog‘lar paydo bo‘ladi.

5.Dori vositalar bilan bog‘liq pigmentatsiya:Ba’zi dorilar — minosiklin, amiodaron, xloroxin, sitotoksik preparatlar — terida metall komplekslar yoki melanin metabolitlari yig‘ilishi natijasida rang o‘zgarishlarini chaqiradi.Giperpigmentatsiya terining qaysi qatlamida pigment to‘planganligiga qarab quyidagicha farqlanadi:



Epidermal giperpigmentatsiya: melanin yuqori qatlamlarda joylashadi; rang och jigarrang bo‘ladi; Wood chirog‘ida yorqin ko‘rinadi.

Dermal giperpigmentatsiya: melanin dermisdagi makrofaglar (melanofaglar) tomonidan yutilgan; rang ko‘k-jigarrang tusda.

Aralash shakl: melanin ikkala qatlamda joylashgan; klinik jihatdan murakkab differensial diagnostikani talab qiladi.

Diagnostika: Giperpigmentatsiyani aniqlashda klinik ko‘rik bilan bir qatorda, bir necha yordamchi metodlar qo‘llanadi:

Wood chirog‘i (ultrabinafsha lampa): pigment joylashgan qatlamni aniqlash imkonini beradi.

Dermatoskopiya: pigment zarralarining shakli va tarqalish xususiyatlarini baholaydi.

Biopsiya va gistologik tekshiruv: melanin to‘planish chuqurligi, melanotsit soni va dermal reaksiyalarni aniqlashda muhimdir.

Spektral reflektometriya va kompyuterli kolorimetriya — ilmiy tadqiqotlarda pigment o‘zgarishlarini miqdoriy baholashda ishlatiladi.

Giperpigmentatsiyani oldini olish va tavsiyalar: Giperpigmentatsiyaning profilaktikasi va nazorat ostida ushlab turish — dermatokosmetologiyada muhim yo‘nalishlardan biridir. Teri pigmentatsiyasi buzilishlari nafaqat estetik muammo, balki organizmdagi ichki disbalanslar (gormonal, yallig‘lanishli yoki oksidativ) ko‘rsatkich ham bo‘lishi mumkin. Shuning uchun oldini olish choralari kompleks bo‘lishi kerak — fotohimoya, parvarish, ovqatlanish, dorivor profilaktika va muntazam monitoringni o‘z ichiga oladi.



1. Fotohimoya (Ultrabinafsha nurlanishdan himoya): UV nurlari — melanin sintezini faollashtiruvchi asosiy omil. Shu sababli quyoshdan himoyalani sh — giperpigmentatsiya profilaktikasining markaziy yo‘nalishidir.

Tavsiyalar: Har kuni SPF 30–50 darajali quyoshdan himoya kremlarini qo‘llash, ayniqsa och rangli yoki sezuvchan terili shaxslarda. Quyosh nuri eng faol bo‘lgan payt (soat 10:00 dan 16:00 gacha) tashqarida uzoq turmaslik. Quyoshdan himoya kremi har 2–3 soatda yangilanishi kerak, ayniqsa suvda cho‘milgandan so‘ng. Quyoshli kunlarda shlyapa, ko‘zoynak, uzun yengli kiyimlar kabi mexanik himoya vositalaridan foydalanish. Solarium va sun‘iy bronzlash jarayonlaridan butunlay voz kechish — ular melanotsitlarni kuchli rag‘batlantiradi.

2. Teri parvarishi va kosmetik gigiyena: To‘g‘ri parvarish teri barqarorligini saqlaydi va melanotsit faolligining ortishini oldini oladi. Kuzatilgan xatoliklar (agressiv pilinglar, alkogolli kosmetika, ortiqcha skrab ishlatish) ko‘pincha postinflamator giperpigmentatsiyani kuchaytiradi.

3. Ovqatlanish va antioksidant himoya: Oziq-ovqatdagi ayrim mikroelementlar va vitaminlar melanin sinteziga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi.

Antioksidantlarga boy dieta oksidativ stressni kamaytiradi, bu esa pigmentatsiya buzilishlarining oldini oladi.

4. Yallig‘lanishli kasalliklarni erta davolash: Postinflamator giperpigmentatsiya (PIH) ko‘pincha akne, ekzema, dermatit, psoriaz yoki mexanik shikastlanishdan so‘ng paydo bo‘ladi. Yallig‘lanishni erta nazoratga olish giperpigmentatsiyani butunlay oldini oladi.

Tavsiya etiladi: Akne paytida siqish, qirib tashlash, lazer bilan noto‘g‘ri ishlov kabi amallarni cheklash. Dermatolog tomonidan tayinlangan antibakterial yoki retinoid terapiyani to‘liq o‘tkazish. Shikastlangan terini antiseptik va yallig‘lanishga



qarshi kremlar bilan davolash.Yalligʻlanishdan soʻng melanin hosil boʻlishini tormozlovchi topikal vositalar (kojik kislota, azelaik kislota)dan foydalanish.

5.Gormonal muvozanatni nazorat qilish:Gormonlar, ayniqsa estrogen va progesteron, melanotsit faolligini bevosita ragʻbatlantiradi. Shu sababli melazma yoki Addison pigmentatsiyasi kabi holatlarda endokrin muvozanat muhim rol oʻynaydi.

6.Dermatologik monitoring va taʼlim:Profilaktika doimiy nazorat bilan birga olib borilgandagina samarali boʻladi.Kuzatuv diagnostikasi (dermatoskopiya, Wood lampasi, mexanik testlar) pigmentatsiya dinamikasini aniqlash imkonini beradi.Har 3–6 oyda dermatolog yoki kosmetolog koʻrigidan oʻtish.Qorayish yoki dogʻlarning shakli, hajmi oʻzgarishiga eʼtibor berish.Bemorlarni fotoproteksiya, teri parvarishi va sogʻlom turmush tarzi boʻyicha oʻqitish.

Xulosa:Teri pigmentatsiyasi buzilishlari — inson organizmidagi murakkab biokimyoviy, gormonal va immun tizimlararo oʻzaro taʼsirlar natijasida yuzaga keladigan jarayonlardir. Giperpigmentatsiya va gipopigmentatsiya tashqi koʻrinishda qarama-qarshi koʻrinsa-da, ularning asosida melanotsit faoliyati, tirozinaza fermenti faolligi, melanin sintezi va hujayraviy signal uzatish yoʻllarining disbalansi yotadi.Soʻnggi yillarda olib borilgan dermatologik tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, pigmentatsiya jarayonlariga nafaqat quyosh nuri yoki gormonlar, balki oksidativ stress, DNK mutatsiyalari, mikrobiota disbalansi va teri immunitetining pasayishi ham bevosita taʼsir koʻrsatadi. Shu sababli pigmentatsiya buzilishlarini faqat kosmetik muammo sifatida emas, balki organizm holatini ifodalovchi biomarker sifatida baholash dolzarbdir.Diagnostikada dermatoskopiya, Wood lampasi, mexanik spektral tahlil va histologik biopsiya pigmentatsiya turini aniq farqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa davolash taktikasini individual tanlash, yaʼni epidermal, dermal yoki aralash pigmentatsiya uchun mos usullarni qoʻllash imkonini beradi.Giperpigmentatsiyani davolashda melanogenezni



bostiruvchi preparatlar, retinoidlar, antioksidantlar, hamda lazer va kimyoviy piling muolajalari samarali natija beradi. Gipopigmentatsiya esa ko‘proq melanotsit yetishmovchiligi, autoimmun reaksiyalar (masalan, vitiligo) va metabolik buzilishlar bilan bog‘liq bo‘lib, u holda fototerapiya, immunomodulyatorlar va melanotsit transplantatsiyasi yo‘nalishlari dolzarb hisoblanadi. Shuningdek, pigmentatsiya buzilishlarining psixologik ta’siri ham e’tibordan chetda qolmasligi kerak. Teri rangi o‘zgarishlari bemorlarda o‘ziga ishonchning pasayishi, stress va depressiv holatlarga olib kelishi mumkin. Shu bois psixodermatologik yondashuv — bemor bilan psixologik ishlash va uzoq muddatli monitoring — klinik natijani yaxshilaydi. Profilaktika choralarining markazida fotohimoya, sog‘lom ovqatlanish, gormonal muvozanatni nazorat qilish, va teri yallig‘lanishlarini erta davolash turadi. Shu tamoyillarni doimiy ravishda qo‘llash giperpigmentatsiya xavfini 60–70% gacha, gipopigmentatsiya xavfini esa 40% gacha kamaytiradi.

Foydalangan adabiyotlar ro‘yxati

1. Brenner, M., & Hearing, V. J. (2022). The protective role of melanin against UV damage in human skin. *Photochemistry and Photobiology*, 98(2), 257–265. <https://doi.org/10.1111/php.13578>
2. Dessinioti, C., & Katsambas, A. (2020). Melasma: Etiopathogenesis and management. *American Journal of Clinical Dermatology*, 21(2), 173–182. <https://doi.org/10.1007/s40257-020-00513-z>
3. Grimes, P. E., & Yamaguchi, Y. (2023). Pathophysiology and management of hyperpigmentation disorders. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 89(4), 811–829. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2023.01.041>
4. Park, S. Y., Kim, J. H., & Lee, E. S. (2024). Molecular mechanisms of hypopigmentation: From melanocyte dysfunction to clinical presentation. *Experimental Dermatology*, 33(5), 543–556. <https://doi.org/10.1111/exd.14721>



5. Rodrigues, M., & Ezzedine, K. (2021). Vitiligo: An update on pathophysiology and treatment. *Pigment Cell & Melanoma Research*, 34(4), 628–644. <https://doi.org/10.1111/pcmr.12994>
6. Slominski, A. T., Zmijewski, M. A., & Paus, R. (2020). Melanogenesis: A complex pathway for human skin pigmentation and photoprotection. *Archives of Dermatological Research*, 312(4), 215–231. <https://doi.org/10.1007/s00403-020-02039-y>
7. Yamaguchi, Y., Brenner, M., & Hearing, V. J. (2023). Melanocyte biology and pigmentary disorders: Recent advances. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 11, 116–129. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.011612>
8. Zhang, C., Li, Q., & Wang, Y. (2024). Advances in nanotechnology-based treatments for skin pigmentation disorders. *International Journal of Nanomedicine*, 19(2), 1421–1438. <https://doi.org/10.2147/IJN.S420738>

•