

BIBLIOTECA
DIGITAL

INCLUYE E-BOOK

TRICOLOGÍA REGENERATIVA

NUEVAS TERAPIAS PARA LA SALUD CAPILAR

LORENA
VISENTAINER

THALITA MACHADO
CARLESSO




AMOLCA

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1

Terapia regenerativa capilar: historia y conceptos, 1

- Carlos Roberto Antonio

CAPÍTULO 2

Ciclo capilar y fisiología del cuero cabelludo, 9

- Camila Cavalcanti Freitas

CAPÍTULO 3

Alopecias: revisión general y conceptos en la terapia regenerativa, 27

- Aline Falci Loures
- Evelyn Freitas Rodrigues

CAPÍTULO 4

Microagujas aplicadas a la tricología, 39

- Thais Oliveira Reis
- Rayane Martins Netto Silva

CAPÍTULO 5

Plasma rico en plaquetas (PRP) y derivados en el tratamiento de la alopecia, 47

- Fabiana Lopes El Sarraf Cavalli
- Ellen Neto
- João César Zielak

CAPÍTULO 6

Conceptos generales sobre las células madre, 67

- Pietro Gentile
- Thalita Carlesso

CAPÍTULO 7

Introducción a la terapia regenerativa capilar, 85

- Luciana Donaire Passoni
- Bruno Lima Rodrigues

CAPÍTULO 8

Trasplante de células autólogas derivadas del tejido adiposo, 99

- Bruno Lima Rodrigues
- Luciana Donaire Passoni

CAPÍTULO 9

Exosomas: una visión práctica, 107

- Priscila Barreto

CAPÍTULO 10

Exosomas: presente y futuro, 117

- Carlos Roberto Antonio
- Livia Arroyo Trídico
- Shirley Nogueira Silva

CAPÍTULO 11

PDRN y alopecias: ¿qué sabemos hasta ahora desde el punto de vista científico?, 125

- Lorena Visentainer
- Thalita Carlesso

CAPÍTULO 12

Trasplante de células autólogas derivadas de injertos foliculares (Protocolo Pietro Gentile), 129

- Lorena Visentainer
- Jeane Eliete Laguila Visentainer
- Pietro Gentile

CAPÍTULO 13

Rigenera®, 147

- Mehmet Faruk Yavuz
- Thalita Carlesso

CAPÍTULO 14

Microlyzer®: dispositivo para el trasplante de células autólogas, 159

- Paulo Miorali
- Maurício Reis Netto
- Hélio Henrique Accioly Tenório

CAPÍTULO 15

Trasplante capilar regenerativo®: innovación en el trasplante, 181

- Jeane Eliete Laguila Visentainer
- Lorena Visentainer
- Thalita Carlesso

Índice alfabético, 193

7

Introducción a la terapia regenerativa capilar

Luciana Donaire Passoni
Bruno Lima Rodrigues

INTRODUCCIÓN

La medicina regenerativa es un área médica interdisciplinaria que abarca investigaciones traslacionales y clínicas centradas en la reparación tisular en diversas afecciones, incluida la restauración capilar. Se trata de un área prometedora, con expectativas de mover un mercado multimillonario en la próxima década.

Los productos de la medicina regenerativa actúan a nivel celular, por lo que regulan los procesos biológicos presentes en el cuerpo humano. Tanto los productos autólogos como los comerciales promueven la señalización celular e inducen una inmunomodulación local, lo que da como resultado un tejido regenerado. En tricología, estos productos pueden promover la regeneración folicular en casos de miniaturización o atrofia y/o disminuir la activación inmunológica e inflamatoria en enfermedades autoinmunes o inmunomediadas.

Entre los productos autólogos más utilizados en tricología, destacan los derivados de la sangre periférica, como el plasma rico en plaquetas (PRP, por sus siglas en inglés) y la fibrina rica en plaquetas (PRF, por sus siglas en inglés); los derivados del tejido adiposo, como la grasa micro y nanofragmentada y la fracción vascular estromal (FVE); además de los microinjertos foliculares. También es posible la aplicación de células expandidas en laboratorio, tanto autólogas como alogénicas, en especial las células madre mesenquimales (MSC, por sus siglas en inglés). Además, existen productos comerciales de origen biológico, como los exosomas derivados de tejidos humanos y vegetales. Este capítulo aborda las principales estrategias regenerativas autólogas para el tratamiento capilar.

PLASMA RICO EN PLAQUETAS

El plasma rico en plaquetas (PRP) se define como un pequeño volumen de plasma con una concentración de plaquetas superior al valor basal. Aunque se utilizó principalmente en hematología como transfusión para pacientes trombocitopénicos, hoy en día se utiliza ampliamente en medicina capilar como un potente restaurador folicular.

El mecanismo de acción del PRP se inicia tras la activación de las plaquetas al entrar en contacto con el colágeno tisular. Esta activación altera la morfología de las plaquetas y promueve la liberación de los gránulos plaquetarios, en especial de los gránulos α , donde se encuentran las citocinas y los factores de crecimiento. Entre ellos se encuentran el factor de crecimiento transformador (TGF, por sus siglas en inglés), el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF, por sus siglas en inglés), el factor de crecimiento derivado de las plaquetas (PDGF, por sus siglas en inglés), el factor de crecimiento epidérmico (EGF, por sus siglas en inglés) y el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF, por sus siglas en inglés), entre otros.

A pesar de tener funciones distintas, todos estos factores actúan conjuntamente para promover la reparación tisular. La **Tabla 7.1** resume las principales funciones de los factores presentes en el PRP para la regeneración folicular.

Tabla 7.1. Principales factores de crecimiento presentes en el PRP y sus funciones en la reparación folicular

Nombre	Función
PDGF	Induce mitosis en las células de la papila dérmica
TGF- β	Estimula el crecimiento de las células mesenquimales de la papila dérmica
EGF	Aumenta la tasa de folículos en la fase anágena, orienta y alarga el cabello debido a la proliferación de queratinocitos basales
VEGF	Promueve la neovascularización del plexo perifolicular, lo que da como resultado un aumento de los folículos.
IGF-1	Ayuda a regular el ciclo de crecimiento, lo que aumenta el período de la fase anágena
FGF	Estimula la proliferación de queratinocitos y células endoteliales

Además de los factores de crecimiento, el PRP también activa algunas vías de señalización, como la de la β -catenina, responsable de inducir la diferenciación de las células madre foliculares, y la vía cinasa, relacionada con la señal extracelular (ERK), que aumenta la supervivencia de las células

de la papila dérmica. Además, también aumenta la producción de las moléculas Bcl-2 y Akt, ambas proteínas antiapoptóticas.

En tricología, la afección más estudiada con PRP es la alopecia androgénica (AGA). Existen varios informes de alto valor científico, como estudios de metaanálisis, que favorecen el uso del PRP. Gentile et al. informaron, en un ensayo clínico aleatorizado con control placebo y un seguimiento de dos años, una mejora significativa de una media de 33,6 cabellos y un aumento de la densidad de 45,9 cabellos por cm² en la zona tratada, además del aumento del número de folículos observados mediante inmunohistoquímica. Rodrigues et al. estudiaron, además de la eficacia clínica del uso del PRP para pacientes con AGA, una posible correlación con los niveles de plaquetas de los factores de crecimiento. Ninguno de los factores analizados se correlacionó con la respuesta clínica, lo que corrobora la existencia de una combinación más amplia de factores y la participación de otras señales celulares no abordadas en el artículo. Dos metaanálisis publicados, uno por Giordano et al. y otro por Gupta et al., concluyeron que el uso del PRP es favorable para el tratamiento de la AGA, ya que promueve un aumento significativo del número de cabellos, así como de la densidad capilar. Además, todos los estudios confirman que el PRP es seguro, ya que no se han reportado efectos secundarios.

Además de la AGA, también hay informes sobre el uso del PRP para la alopecia areata (AA). En esta afección, el mecanismo de acción del PRP se debe a su acción inmunomoduladora, lo que reduce el proceso inflamatorio perifolicular. Trink et al. publicaron un estudio doble ciego en el que compararon el PRP con la triancinolona, un corticosteroide utilizado convencionalmente en el tratamiento de la AA. Los autores se mostraron a favor del uso del PRP al informar un aumento significativo del número de cabellos, una disminución de la distrofia folicular y una mejora de los síntomas de ardor y picazón en el cuero cabelludo de los pacientes. Un metaanálisis publicado por Meznerics et al., que incluyó cuatro estudios clínicos, concluyó que el PRP es eficaz para el tratamiento de la alopecia areata y que, aunque no presentó diferencias significativas con el uso de corticoides, es más seguro por ser un producto biológico y autólogo.

PRP PARA EL CRECIMIENTO CAPILAR: PROTOCOLO SUGERIDO

Aunque los estudios muestran grandes evidencias para el uso del PRP para la AGA, los resultados se potencian cuando se combinan con otros

tratamientos, especialmente medicamentos. Además, existen diversas modalidades de aplicación, como la intradérmica, la administración de fármacos tras las microagujas o MMP, el posláser, entre otras. Entre los resultados observados se encuentran: disminución de la caída del cabello, aumento del número de cabellos, aumento de la densidad capilar, aumento de la tasa de cabellos anágenos y disminución de los cabellos telógenos. Estos efectos suelen ser perceptibles aproximadamente tres meses después de la última aplicación.

El protocolo que se describe a continuación se ha desarrollado a partir de los años de experiencia de los autores, y las imágenes presentadas pertenecen a su archivo personal, en relación con el tratamiento con PRP en pacientes con AGA y AA (**Tabla 7.2** y **Figuras 7.1 y 7.2**).

Tabla 7.2. Protocolo sugerido por los autores

		Alopecia androgenética	Alopecia areata
Examen clínico		Disminución del número de cabellos en las regiones frontal y parietal. Caída del cabello	Pérdida capilar en áreas circulares y/o en todo el cuero cabelludo
Hallazgos de la tricoscopia		Cabellos de diferentes grosores. Hiperpigmentación perifolicular	Puntos negros y amarillos. Puntos de exclamación
Aplicación de PRP	Método	Intradermoterapia, administración de fármacos, MMP, tópico posláser	Intradermoterapia, administración de fármacos, MMP
	Número de sesiones	Cinco sesiones con un intervalo de un mes	Cinco sesiones con un intervalo de un mes
Combinaciones de tratamiento		Minoxidil oral 2 mg; Finasterida oral 1 mg; Dutasterida oral 1 mg; Intradermoterapia y/o MMP de mezclas con factores de crecimiento, minoxidil, finasterida/dutasterida; Láser de erbio yag	Intradermoterapia de triancinolona

NANOFAT

El tejido adiposo es un órgano complejo compuesto por un grupo heterogéneo de células. Además de los adipocitos, que constituyen entre el 30 % y el 70 % del contenido celular, también hay células madre mesenquimales, células progenitoras endoteliales, células inmunológicas, como macrófagos y linfocitos,



Figura 7.1. Resultado clínico del uso de PRP para la alopecia androgenética. Se realizaron, en total, seis sesiones de terapia intradérmica con PRP, asociadas al uso oral de minoxidil 5 mg y dutasterida 0,5 mg. **A.** Antes del tratamiento. **B.** Seis meses después del tratamiento.
Fuente: Archivo personal de los autores.



Figura 7.2. Resultado clínico del uso de PRP para la alopecia areata. Se realizaron, en total, seis sesiones de terapia intradérmica con PRP, asociadas al uso oral de minoxidil 0,5 mg. **A.** Antes del tratamiento. **B.** Seis meses después del tratamiento.
Fuente: Archivo personal de los autores.

y preadipocitos. Debido a este contenido, el efecto regenerativo observado tras una lipotransferencia es una consecuencia deseada por los médicos.

En tricología, el tejido adiposo debe recolectarse (**Figura 7.3A**) y procesarse para aplicarse en el subcutáneo del cuero cabelludo. De esta manera, la grasa se somete a una microfragmentación mecánica mediante filtros que

varían de 2400 a 600 micrómetros (**Figura 7.3B**). Este proceso da como resultado el *nanofat*, un producto rico en el que los adipocitos se reducen hasta en un 95 % de su tamaño, además de las MSC, los factores de crecimiento y las citocinas. El *nanofat* tiene una consistencia líquida que se puede aplicar con una aguja de 30G (**Figura 7.3C y D**). Además, la matriz extracelular del *nanofat* no se disuelve, como ocurre con el FVE obtenido por colagenasa, lo que mantiene un andamio biológico que ayuda a la supervivencia celular.

En el lugar donde se aplica, el *nanofat* inicia una respuesta reparadora específica compuesta por la remodelación de la matriz extracelular, la angiogénesis mejorada y sostenida, la modulación del sistema inmunológico y la renovación celular. El potencial regenerativo de la nano se debe principalmente a la biología de las MSC, que promueven una señalización local mediante la liberación de factores de crecimiento y citocinas con funciones de proliferación y diferenciación celular, angiogénesis y producción de matriz extracelular, lo que da como resultado la regeneración del folículo.

Sin embargo, hay pocos estudios que hayan evaluado la eficacia del *nanofat* en tricología. En 2017, Vestita et al. realizaron un estudio con 12 pacientes que presentaban AGA y fueron tratados con una sola aplicación de *nanofat*. Se

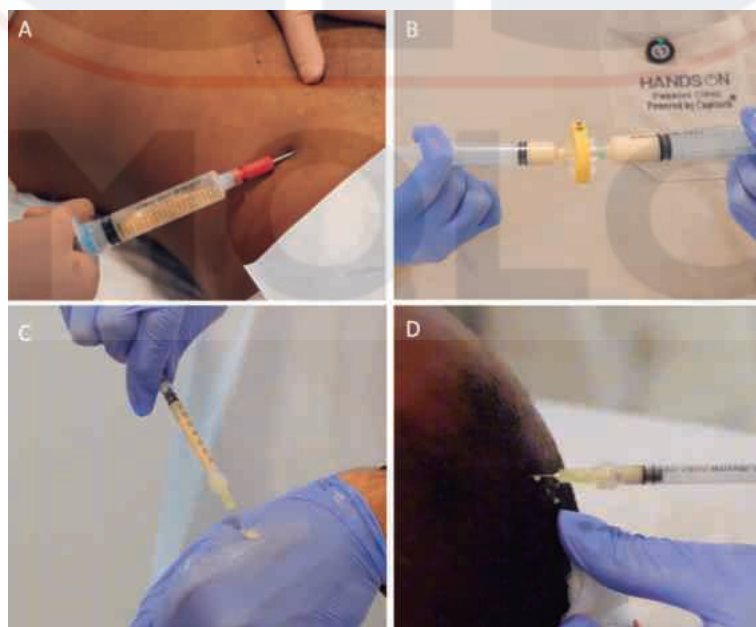


Figura 7.3. Preparación y aplicación del *nanofat*. **A.** Recolección del tejido adiposo. **B.** Micronización con filtro de 600 micrómetros. **C.** Aspecto líquido del *nanofat*. **D.** Aplicación en el cuero cabelludo con aguja 30G. Fuente: Archivo personal de los autores.

observó un aumento tanto en el número como en la densidad de los cabellos mediante la evaluación tricoscópica. Además de la satisfacción declarada por los pacientes, este resultado se mantuvo hasta el seguimiento de 12 meses después de la aplicación. Al año siguiente, el mismo autor publicó un trabajo en el que realizó una única aplicación de *nanofat* y la comparó con una única aplicación de *nanofat* combinado con PRP. Después de 12 meses, se observó una mejora significativa en ambos grupos; sin embargo, los resultados fueron superiores en el grupo que recibió la combinación de productos.

FRACCIÓN VASCULAR ESTROMAL

La fracción vascular estromal (FVE) comprende todo el contenido celular del tejido adiposo tras la extracción de los adipocitos. Específicamente, la FVE contiene células maduras (por ejemplo, fibroblastos, células musculares lisas, endoteliales, células sanguíneas), células progenitoras (como los preadipocitos y progenitores endoteliales, vasculares y hematopoyéticos) y, lo que es más importante, células madre (por ejemplo, células madre mesenquimales y hematopoyéticas, pericitos), que también se conocen como células derivadas del tejido adiposo (ADSC, por sus siglas en inglés).

A pesar de ser un grupo heterogéneo de células, la mayor parte de la actividad biológica se basa en las ADSC, que promueven la comunicación y la señalización intercelular continua entre estas células. Las ADSC se estudian debido a la señalización paracrina, que promueve la liberación de diversas biomoléculas con función antiinflamatoria y de reparación tisular. Además, estas células también pueden diferenciarse en adipocitos maduros perifoliculares, los cuales secretan moléculas señalizadoras, como FGF, VEGF, TGF- β , leptina, adiponectina y proteína morfogenética ósea, lo que induce la fase anágena del ciclo capilar y promueve el crecimiento del cabello.

El patrón de oro y el aislamiento de la FVE purificada se realiza mediante digestión enzimática con el uso de collagenasa, que degrada la matriz extracelular y libera así los adipocitos y las ADSC. Sin embargo, este método se considera una manipulación extensa y solo se utiliza para la expansión celular, lo que caracteriza al producto como tecnología avanzada e implica normas más estrictas para su uso. Para evitar este problema, las empresas especializadas en dispositivos regenerativos han desarrollado formas de obtener la FVE de manera mecánica mediante la emulsificación de la grasa en

filtros de escala micrométrica. En Brasil, hasta el momento, hay dos dispositivos disponibles en el mercado: el Microlyzer y el Lipocube.

Cohen et al. fueron los primeros autores en publicar un artículo sobre el uso de la FVE para la alopecia androgenética, en el que se informó de una mejora significativa en el crecimiento capilar. Sin embargo, la evaluación se realizó solo de forma macroscópica, sin cuantificar el número de cabellos. Pérez et al. publicaron un estudio en el que se inyectó grasa autóloga enriquecida con FVE en pacientes con caída capilar de patrón femenino. Como resultado, se informó un aumento significativo del número y el grosor de los cabellos, además del aumento de los cabellos en fase anágena. Otro estudio publicado por Kadry et al. comparó la FVE con el PRP en el tratamiento de la AGA. Los autores concluyeron que, aunque ambos productos proporcionaron una mejora significativa, la FVE demostró ser superior en cuanto al crecimiento de los cabellos y al aumento de la densidad capilar.

MICROINJERTO DE CÉLULAS MADRE FOLICULARES

El folículo humano (HF, por sus siglas en inglés) contiene un nicho de células madre bien caracterizado, especialmente en la región del bulbo, con la presencia de células progenitoras epiteliales y melanocíticas. Las células madre derivadas del folículo humano (HFSC, por sus siglas en inglés) pueden generar la epidermis interfolicular, las estructuras de los cabellos, las glándulas sebáceas y también un nuevo folículo. Las recientes tecnologías de procesamiento tisular han permitido el aislamiento de estas células para su aplicación en áreas afectadas por la caída del cabello.

El HF se considera una estructura regenerativa por pasar por fases de regresión (telógena) y progresión (anágena) miles de veces, y las HFSC ayudan a mantener este ciclo. En la fase intermedia (catágena), las HFSC se mantienen en el bulbo. Entonces, el folículo en reposo entra nuevamente en la fase anágena (regeneración) cuando se proporcionan las señales moleculares adecuadas. Durante la transición del período final de la fase telógena a la anágena, las señales de la papila dérmica estimulan a las células madre quiescentes del bulbo para que se activen. Aún durante la fase anágena, las HFSC del bulbo reciben una señalización paracrina de las células mesenquimales adyacentes para formar un folículo germinativo, en el que las células de la papila dérmica proliferan rápidamente, lo que da lugar a la formación de un nuevo filamento del cabello.

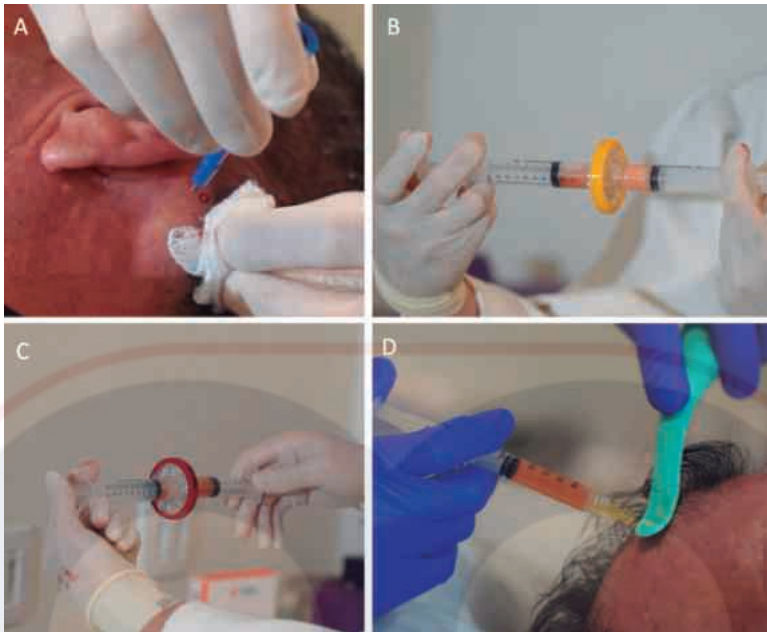


Figura 7.4. Preparación y aplicación del microinjerto de HFSC con Microlyzer. **A.** Recolección de biopsias foliulares. **B.** Procesamiento en filtro de 600 micrómetros. **C.** Procesamiento en filtro de 150 micrómetros. **D.** Aplicación vía intradérmica.

Fuente: Colección personal de los autores.

En Brasil, hay dos dispositivos comerciales disponibles para obtener HFSC: Rigenera® y Microlyzer. Para ambos, es necesario realizar biopsias de 2 mm con un punzón dermatológico de la región occipital. Las muestras se procesan mecánicamente para desagregar las células en la matriz extracelular, que luego se suspenden en suero fisiológico o, en el caso del Microlyzer, en PRP (**Figura 7.4**).

Los estudios sobre microinjertos de HFSC son escasos, pero prometedores. Ruiz et al. infiltraron el extracto de los microinjertos en el cuero cabelludo de pacientes con caída del cabello y observaron un aumento significativo en el número de cabellos y la densidad capilar dos meses después de la aplicación. Gentile et al. realizaron una única aplicación del microinjerto de HFSC en pacientes con AGA y, tras un seguimiento de 23 semanas, informaron que este producto es eficaz para mejorar la densidad capilar en aproximadamente un 30 %. El mismo autor publicó otro artículo en el que comparaba el efecto del microinjerto de HFSC con el PRP, y señaló que, aunque ambos eran eficaces, no había diferencias entre ellos. Recientemente, Gentile et al. publicaron otros dos artículos en el que utilizaron el microinjerto de HFSC e informaron una mejora significativa en el aumento del número de cabellos y la densidad capilar en ambos.

EXOSOMAS

El mecanismo de acción de los productos regenerativos se basa en la secreción de proteínas señalizadoras, ya sea interleucina o factores de crecimiento. Uno de los métodos de secreción de estas moléculas es a través de vesículas extracelulares. Los exosomas comprenden la vesícula más estudiada y con más aplicaciones clínicas debido a su contenido rico en moléculas regenerativas.

Los exosomas se consideran una terapia libre de células, tienen un tamaño de 40 nm a 100 nm y se forman mediante la invaginación de la membrana plasmática, lo que forma cuerpos multivesiculares, que luego son exocitados de la célula. La constitución de los exosomas depende de su origen, pero su contenido es variado, con presencia de proteínas, moléculas genéticas como ARN mensajero, micro-ARN, lípidos, metabolitos y receptores de superficie celular.

En tricología, uno de los mecanismos de acción de los exosomas se produce mediante la activación de la vía de señalización Wnt/ β -catenina, que libera factores de crecimiento que inducen la proliferación de las células de la papila dérmica. Los exosomas también protegen a las células contra las especies reactivas del oxígeno y facilitan la conversión de la fase telógena a anágena.

Existen dos artículos publicados por Cho et al. sobre el uso de exosomas derivados de células madre de Rosa Damascena, uno para la AGA y otro para la poliosis circunscrita, en los que se informó una mejora en la cantidad de cabellos, la densidad capilar y la pigmentación capilar, respectivamente. El mismo grupo de autores también realizó un trabajo en el que se aplicaron exosomas derivados de MSC de grasa en pacientes con AGA y, como resultado, se observó un aumento significativo de la tasa de número de cabellos en comparación con el grupo control. Yoon et al. realizaron un estudio *in vitro* en el que evaluaron los mecanismos de acción de los exosomas derivados de una bacteria residual del cuero cabelludo (*Leuconostoc holzapfelli*) en cultivos de folículos humanos. Los autores informaron de la inducción de una alta tasa migratoria y proliferativa, la disminución de los eventos apoptóticos y el aumento de la actividad del ARN mensajero.

En Brasil, la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (Anvisa) no permite el uso comercial de productos derivados de material humano. Por lo tanto, solo están disponibles comercialmente exosomas de origen vegetal o sintético

(bacteriano). Además, todos los registros se realizaron como cosméticos, lo que restringe su uso solo a la aplicación tópica. Sin embargo, existen dispositivos comerciales que permiten obtener exosomas autólogos derivados de plaquetas (PRP-EV, por sus siglas en inglés), que se obtienen tras la preparación del PRP.

Al igual que las células, las plaquetas también liberan exosomas, que tienen propiedades regenerativas debido a su contenido molecular. Para aislar las microvesículas, es necesario preparar el PRP y procesarlo mecánicamente. Este procesamiento debe incluir etapas de activación y lisis plaquetaria para que se produzca el aislamiento de los exosomas.

Las PRP-EV presentan una mayor concentración de factores de crecimiento que el propio PRP y ya se han descrito, con su uso, efectos potenciados en la angiogénesis, la proliferación y la migración celular. Aunque hay pocos estudios clínicos que traten la alopecia con exosomas derivados de plaquetas, este enfoque se considera prometedor y revolucionario en Brasil, ya que, al ser un producto autólogo y no comercializado, no existen barreras en cuanto a la forma de administración, como ocurre con los productos derivados de plantas, y puede inyectarse como mesoterapia para aumentar su eficacia.

DISCUSIÓN

La medicina regenerativa, aunque no es un área nueva en la literatura médica, ha crecido exponencialmente en los últimos años en la medicina estética. Con diversos productos nuevos, ya sean de origen autólogo o sintético, o incluso con terapias ya bien establecidas en la práctica clínica, esta área tiene como premisa reparar o restablecer las funciones biológicas del folículo capilar mediante la producción de moléculas señalizadoras.

Aunque el mecanismo de acción de algunos productos ya está bien dilucidado, todavía hay una escasez de estudios mecanicistas para las demás terapias, lo que da lugar a imprecisiones en la indicación clínica. La eficacia observada, común a todos los enfoques, se basa en la liberación de moléculas señalizadoras que promueven la regulación del sistema inmunológico y la activación de vías de señalización específicas de la regeneración tisular. En algunas terapias, como el PRP, hay evidencia de que la eficacia se mantiene a largo plazo, sin efectos secundarios. Para las demás, sin embargo, se necesitan estudios con un seguimiento más prolongado.

Una preocupación extremadamente relevante es la seguridad de los productos. Al ser, en su mayoría, de origen autólogo, no hay riesgo, ya sea inmediato o tardío, de rechazo biológico, formación de granulomas o activación del sistema inmunológico, como se observa con muchos tratamientos sintéticos. Además, los productos son puros, sin adición de sustancias químicas, lo que elimina el riesgo de reacciones farmacológicas. Sin embargo, al tratarse de un producto biológico, es necesario tener cuidado al elegir al paciente adecuado para el tratamiento regenerativo. La liberación de factores de crecimiento, función común en todos los enfoques, puede, aunque nunca se ha informado, inducir hiperplasia no deseada. Los exosomas, en particular, se han relacionado fuertemente con el desarrollo de metástasis debido a la presencia de material genético en su contenido. Además, también existe el riesgo de infección, especialmente cuando no se utilizan sistemas cerrados de obtención.

CONCLUSIÓN

La medicina regenerativa es una realidad que ha revolucionado las técnicas de restauración capilar. Aunque los principales enfoques, en especial los autólogos, han demostrado su eficacia para diversos tipos de alopecia, es esencial continuar con la investigación para optimizar los métodos, garantizar la seguridad y establecer indicaciones precisas, sobre todo para los casos de difícil tratamiento, como las alopecias cicatriciales. A medida que avanza la comprensión de la biología capilar y los mecanismos regenerativos, el futuro de la restauración capilar con procedimientos regenerativos puede abrir el camino a soluciones más eficaces, duraderas y, sobre todo, seguras para quienes sufren pérdida de cabello.

PUNTOS CLAVE

- La medicina regenerativa se ha consolidado rápidamente en la tricología debido a su potencial para restaurar las funciones biológicas del folículo piloso, especialmente mediante moléculas bioactivas autólogas.
- El éxito terapéutico de estos enfoques está mediado por la liberación de factores de crecimiento y moléculas inmunomoduladoras, que promueven la activación de vías celulares esenciales para la regeneración y reparación capilar.
- Las terapias regenerativas autólogas presentan una alta seguridad, con riesgos mínimos de rechazo inmunológico, reacciones adversas o efectos secundarios significativos, siempre que se empleen adecuadamente.

- Aunque tratamientos como el PRP han demostrado su eficacia a largo plazo, otras terapias regenerativas aún requieren estudios más amplios y detallados para aclarar los riesgos potenciales y consolidar las indicaciones clínicas específicas.
- Con el avance de la investigación científica en regeneración capilar, se espera que se desarrollen nuevas técnicas y terapias, para ampliar el arsenal terapéutico y ofrecer soluciones cada vez más eficaces y seguras para casos complejos, como las alopecias cicatriciales y androgenéticas resistentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cohen SR, Hewett S, Ross L, et al. Regenerative cells for facial surgery: biofilling and biocontouring. *Aesthet Surg J*. 2017;37(Suppl 3):S16-S32.
- Gentile P, Garcovich S, Bielli A, Scioli MG, Orlandi A, Cervelli V. The effect of platelet-rich plasma in hair regrowth: a randomized placebo-controlled trial. *Stem Cells Translat Med*. 2015;4(11):1317-23.
- Gentile P, Garcovich S, Perego F, Arsiwala N, Yavuz MF, Pessei V, et al. Autologous micrografts containing nanovesicles, exosomes, and follicle stem cells in androgenetic alopecia: in vitro and in vivo analysis through a multicentric, observational, evaluator-blinded study. *Aesthet Plastic Surg*. 2024;1-16.
- Gentile P, Scioli MG, Bielli A, De Angelis B, De Sio C, De Fazio D, et al. Platelet-rich plasma and micrografts enriched with autologous human follicle mesenchymal stem cells improve hair re-growth in androgenetic alopecia. Biomolecular pathway analysis and clinical evaluation. *Biomedicines*. 2019 Apr 8;7(2):27.
- Gentile P, Scioli MG, Bielli A, Orlandi A, Cervelli V. Stem cells from human hair follicles: first mechanical isolation for immediate autologous clinical use in androgenetic alopecia and hair loss. *Stem Cell Investigation*. 2017;4.
- Gentile P, Scioli MG, Cervelli V, Orlandi A, Garcovich S. Autologous micrografts from scalp tissue: trichoscopic and long-term clinical evaluation in male and female androgenetic alopecia. *Bio Med Res Int*. 2020;7397162.
- Giordano S, Romeo M, Lankinen P. Platelet-rich plasma for androgenetic alopecia: does it work? Evidence from meta-analysis. *J Cosmet Dermatol*. 2017;16(3):374-81.
- Gupta AK, Carviel JL. Meta-analysis of efficacy of platelet-rich plasma therapy for androgenetic alopecia. *J Dermatol Treat*. 2017;28(1):55-8.
- Hausman GJ, Martin RJ. The development of adipocytes located around hair follicles in the fetal pig. *J Anim Sci*. 1982;54(6):1286-96.
- Jeyaraman M, Muthu S, Sharma S, Ganta C, Ranjan R, Jha SK. Nanofat: a therapeutic paradigm in regenerative medicine. *World J Stem Cells*. 2021;13(11):1733.
- Kadry MH, El-Kheir WA, Shalaby M, El Shahid A, Metwally H. Autologous adipose derived stem cell versus platelet rich plasma injection in the treatment of androgenetic alopecia: efficacy, side effects and safety. *J Clin Exp Dermatol Res*. 2018;9(447):2.

- Lueangarun S, Cho BS, Tempark T. Hair repigmentation of poliosis circumscripta in androgenetic alopecia patient treated with exosomes and fractional picosecond laser. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(6).
- Lueangarun S, Cho BS, Tempark T. Rose stem cell-derived exosomes for hair regeneration enhancement via noninvasive electroporation in androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol*. 2024.
- Meznerics FA, Illes K, Dembrowszky F, Fehervari P, Kemeny LV, Kovacs KD, et al. Platelet-rich plasma in alopecia areata—a steroid-free treatment modality: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Biomedicines*. 2022;10(8):1829.
- Mysore V, Alexander S, Nepal S, Venkataram A. Regenerative medicine treatments for androgenetic alopecia. *Indian J Plastic Surg*. 2021;54(4):514-20.
- Rahman E, Carruthers JD, Rao P, Abu-Farsakh HN, Garcia PE, Ioannidis S, et al. Regenerative aesthetics: A genuine frontier or just a facet of regenerative medicine: a systematic review. *Aesthetic Plastic Surg*. 2024;1-15.
- Rodrigues BL, Montalvão SA, Cancela RB, Silva FA, Urban A, Huber SC, et al. Treatment of male pattern alopecia with platelet-rich plasma: a double-blind controlled study with analysis of platelet number and growth factor levels. *J Am Acad Dermatol*. 2019;80(3):694-700.
- Ruiz RG, Rosell JMC, Ceccarelli G, De Sio C, De Angelis GC, Pinto H, et al. Progenitor-cell-enriched micrografts as a novel option for the management of androgenetic alopecia. *J Cell Physiol*. 2020 May;235(5):4587-93.
- Santos LC, Lana GL, Santos GS, Visoni SBC, Brigagão RJ, Santos N, et al. The biological role of platelet derivatives in regenerative aesthetics. *Int J Mol Sci*. 2024;25(11):5604.
- Schmidt B, Horsley V. Unravelling hair follicle-adipocyte communication. *Exp Dermatol*. 2012;21(11):827-30.
- Stefanis AJ, Groh T, Arenbergerova M, Arenberger P, Bauer PO. Stromal vascular fraction and its role in the management of alopecia: a review. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2019 Nov;12(11):35-44.
- Trink A, Sorbellini E, Bezzola P, Rodella L, Rezzani R, Ramot Y, et al. A randomized, double-blind, placebo and active controlled, half head study to evaluate the effects of platelet rich plasma on alopecia areata. *Brit J Dermatol*. 2013;169(3): 690-4.
- Vestita M, Bonamonte D, Ciancio F, Perrotta R, Nacchiero E, Giudice G. Nanofat+ Prp Vs Prp in androgenic alopecia. an intra-patient case-control study. *Plastic Reconstructive Surg Global Open*. 2018;6(9S):42-3.
- Vestita M, Filoni A, Bonamonte D, Elia R, Giudice G. The use of nanofat in androgenic alopecia. a prospective blinded study. *Plastic Reconstructive Surg Global Open*. 2017;5(9S):90.
- Yoon YC, Ahn BH, Min JW, Lee KR, Park SH, Kang HC. Stimulatory effects of extracellular vesicles derived from *Leuconostoc holzapfelii* that exists in human scalp on hair growth in human follicle dermal papilla cells. *Curr Issues Mol Biol*. 2022;44(2):845-66.