



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ENFERMERÍA

Trabajo Fin de Grado

TÍTULO:

**IMPLICACIONES Y CUIDADOS POSTOPERATORIOS,
ESTRÉS OXIDATIVO E INFLAMCIÓN EN LOS INJERTOS
CAPILARES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

Presentado por: Dña. Sandra Dolz Vicente

Tutor/a: Dra. Beatriz Prieto Moure

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS E IMÁGENES.....	4
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
1.INTRODUCCIÓN	8
1.1 Técnicas de Trasplante Capilar: FUE y FUT	9
1.2. Inflamación y estrés oxidativo en el trasplante Capilar	12
1.2.1 Inflamación	12
1.2.2. Estrés oxidativo.....	12
1.2.3. Manejo combinado y abordaje integral.....	13
1.3 Estrategias para mitigar la inflamación y el estrés oxidativo en el trasplante capilar.....	14
1.3.1 Inflamación	14
1.3.2 Estrés oxidativo.....	14
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	17
2.1. Objetivos.....	17
2.2. Hipótesis.....	17
3. METODOLOGÍA (MATERIAL Y MÉTODOS).....	19
3.1 Pregunta de Investigación.....	19
3.2. Estrategia de Búsqueda Bibliográfica	19
3.3. Búsqueda con Ecuación.....	20
3.4 Depuración de Resultados y Evaluación de Sesgo.....	21
3.4 Evaluación del Sesgo	22
3.4 Procedimientos de Revisión.....	22
4. RESULTADOS.....	24
4.1. Selección de Artículos	24
4.1.1. Identificación	24
4.1.2. Cribado	24
4.1.3. Evaluación de la Elegibilidad	24
4.1.4. Inclusión.....	25
4.2 Descripción de resultados.....	36
4.2.1 Estudios Experimentales.....	36
4.2.2 Ensayos Clínicos Controlados Aleatorios.....	36
4.2.3 Estudios Clínicos Prospectivos y Comparativos	37
4.2.4 Estudios Observacionales.....	37

4.2.5 Estudios Experimentales Controlados Aleatorios	37
4.2.6 Estudios Experimentales Avanzados.....	37
5. DISCUSIÓN.....	38
5.1. Relevancia clínica y recomendaciones.....	41
5.2. Limitaciones de la revisión	41
5.3. Implicaciones futuras.....	41
6. CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS E IMÁGENES

Tabla 1. Términos de Búsqueda.....	20
Tabla 2. Ecuaciones de Búsqueda	21
Tabla 3. Resultados y Evaluación de Sesgo	25
Tabla 4. Resultados de la revisión sistemática sobre injertos capilares, estrés oxidativo e inflamación	29
Tabla 5. Resumen de estudios incluidos en la revisión sistemática	30
Tabla 6. Estudios Experimentales in vitro incluidos en la revisión sistemática	31
Tabla 7. Ensayos Clínicos Controlados Aleatorios incluidos en la revisión sistemática	32
Tabla 8. Estudios Clínicos Prospectivos y Comparativos	33
Tabla 9. Estudios Observacionales	34
Tabla 10. Estudios Experimentales Controlados Aleatorios	34
Tabla 11. Estudios Experimentales Avanzados	35
 Imagen 1. Diagrama PRISMA	 27

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ATP: Adenosín trifosfato
CAT: Catalasa
CO₂: Dióxido de carbono
COX-2: Ciclooxygenasa-2
DHT: Dihidrotestosterona
FUE: Follicular Unit Extraction
FUT: Follicular Unit Transplantation
GPx: Glutación peroxidasa
HFMT: Microtejidos derivados de folículos capilares (Hair Follicle Microtissue)
H₂O₂: Peróxido de hidrógeno
IL-1 β : Interleucina-1 Beta
IL-6: Interleucina-6
K.E.E.P: Koray Erdogan Embedding Placer
MDA: Malondialdehído
Nrf2: Factor Nuclear Eritroide 2 Relacionado
NOS: Newcastle-Ottawa Scale
OGSD: Privación de Oxígeno, Glucosa y Suero
PL-FUT: Partial Longitudinal Follicular Unit Transplantation
PRGF: Plasma Rico en Factores de Crecimiento
PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
PRP: Plasma Rico en Plaquetas
RAPA: Rapamicina
RoB 2: Risk of Bias 2
ROS: Especies Reactivas de Oxígeno
SOD: Superóxido dismutasa
TNF- α : Factor de Necrosis Tumoral Alfa
VPA: Ácido valproico
VEGF: Factor de Crecimiento Endotelial Vascular

RESUMEN

Introducción: El trasplante capilar mediante las técnicas FUE y FUT se enfrenta a desafíos fisiológicos que comprometen la viabilidad del injerto, entre ellos la inflamación y el estrés oxidativo. Esta revisión sistemática tiene como objetivo analizar su impacto y evaluar estrategias basadas en evidencia para optimizar los resultados clínicos y los cuidados postoperatorios.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA. La búsqueda bibliográfica abarcó los años 2013 a 2024 y se realizó en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. Se utilizaron términos como “hair transplant”, “oxidative stress”, “inflammation”, “FUE”, “FUT”, “PRGF” y “CO2 laser”. Se incluyeron únicamente estudios primarios (ensayos clínicos y estudios observacionales en humanos) que analizaran la influencia del estrés oxidativo, la inflamación y las estrategias complementarias (PRGF, láser CO2, microtejidos foliculares) sobre la viabilidad folicular tras trasplante capilar. Se excluyeron estudios en modelos animales o exclusivamente in vitro, así como revisiones, metaanálisis y estudios sin comparación directa de técnicas o intervenciones. Tras la aplicación de los criterios de selección, se incluyeron 10 artículos. La síntesis se realizó de forma narrativa y se evaluó el riesgo de sesgo según el diseño de cada estudio.

Resultados: Las técnicas FUE y FUT inducen estrés oxidativo e inflamación, afectando la supervivencia del injerto. FUE se asoció a menor trauma visible, aunque requiere mayor manipulación folicular. No se identificó superioridad clara entre técnicas en cuanto a daño oxidativo. Las estrategias complementarias más eficaces fueron el uso de PRGF, la aplicación de láser fraccional de CO2 y el empleo de microtejidos dérmicos, mejorando la cicatrización, reduciendo la inflamación y aumentando la supervivencia folicular.

Conclusiones: El estrés oxidativo y la inflamación son determinantes clave en el éxito del trasplante capilar. Las intervenciones quirúrgicas y tecnológicas complementarias, aplicadas de forma individualizada, pueden optimizar la viabilidad de los injertos. Esta revisión apoya un enfoque basado en evidencia que combine la elección adecuada de técnica, el control molecular del entorno postquirúrgico y el uso de herramientas regenerativas para mejorar los cuidados postoperatorios y los resultados clínicos.

Palabras clave: alopecia androgénica, trasplante capilar, FUE, FUT, inflamación, estrés oxidativo, Nrf2, injertos foliculares, PRGF, técnicas quirúrgicas.

ABSTRACT

Introduction: Hair transplantation using FUE and FUT techniques is subject to physiological stressors that compromise graft viability, especially oxidative stress and inflammation. This systematic review aims to analyze their impact and evaluate evidence-based strategies to optimize clinical outcomes and postoperative care.

Methods: A systematic review was conducted in accordance with PRISMA guidelines. A search was performed in PubMed, Scopus and Web of Science for articles published between 2013 and 2024. The search terms included “hair transplant”, “oxidative stress”, “inflammation”, “FUE”, “FUT”, “PRGF” and “CO2 laser”. Inclusion criteria were primary studies (clinical trials and observational studies in humans) analyzing the influence of oxidative stress, inflammation, or complementary strategies (e.g., PRGF, CO2 laser, follicular microtissues) on graft survival. Exclusion criteria included studies conducted solely in animals or in vitro, reviews, and papers lacking data on technique comparison or outcomes. Ten studies were included. A narrative synthesis was conducted, and risk of bias was assessed according to study design.

Results: Both FUE and FUT induce oxidative stress and inflammation, compromising follicular viability. FUE was associated with less visible trauma but increased follicle manipulation. No clear superiority between techniques was observed in oxidative damage mitigation. PRGF application, fractional CO₂ laser, and follicular microtissues were identified as effective strategies to improve healing, reduce inflammation, and enhance graft survival.

Conclusions: Oxidative stress and inflammation are critical determinants in the success of hair transplantation. Complementary surgical and technological interventions, when tailored to the individual patient, can significantly improve graft outcomes. This review supports an evidence-based approach integrating surgical technique, molecular control of the tissue environment, and regenerative tools to optimize postoperative care and clinical success.

Keywords: androgenetic alopecia, hair transplantation, FUE, FUT, inflammation, oxidative stress, Nrf2, graft survival, PRGF, surgical techniques.

1.INTRODUCCIÓN

La alopecia es una condición patológica que se manifiesta como la pérdida anormal o excesiva de cabello en diferentes zonas del cuerpo, especialmente en el cuero cabelludo (1). Aunque la caída diaria de cabello forma parte del ciclo fisiológico natural del folículo piloso, se considera patológica cuando esta pérdida se vuelve persistente, acelerada o presenta un patrón inusual (2). Esta alteración puede afectar tanto a hombres como a mujeres, y tiene implicaciones estéticas, emocionales y psicológicas significativas (3).

El cabello está formado por numerosos folículos, este se define como una estructura tubular de la piel ubicada en la dermis, encargada de la formación, crecimiento y renovación del cabello (4). Actúa como una unidad funcional que alberga la raíz del pelo y está compuesta por el bulbo piloso, la papila dérmica, las vainas radicales interna y externa, y estructuras accesorias como la glándula sebácea y el músculo erector del pelo (5). Su integridad es esencial para la regeneración capilar, ya que la destrucción del folículo impide el crecimiento de nuevos cabellos, produciéndose así la alopecia (6).

Existen distintas formas de alopecia, según diferentes autores se clasifican según su origen, evolución y pronóstico (7).

- La alopecia areata, de causa autoinmune, provoca la caída del cabello en parches redondos (8).

- El efluvio telógeno se produce como respuesta del organismo a situaciones de estrés físico o emocional, y se caracteriza por una pérdida difusa y reversible del cabello (9).

- La alopecia cicatricial implica la destrucción irreversible del folículo piloso, reemplazado por tejido fibroso (10).

- La alopecia androgénica, también conocida como calvicie de patrón masculino o femenino, se produce por la interacción de factores genéticos y hormonales, concretamente la sensibilidad del folículo piloso a la dihidrotestosterona (DHT) (11). Esta hormona acorta la fase anágena del ciclo capilar (fase de crecimiento), prolonga la fase telógena (fase de reposo) y conduce a una miniaturización progresiva de los folículos (12). Aunque no tiene cura definitiva, puede controlarse mediante tratamientos farmacológicos como el minoxidil o la finasterida, así como con terapias regenerativas y quirúrgicas (13).

Desde una perspectiva terapéutica, el trasplante capilar se ha convertido en una opción eficaz y consolidada para tratar la alopecia androgénica avanzada (14). Este procedimiento quirúrgico consiste en redistribuir unidades foliculares desde una zona donante (habitualmente la región occipital del cuero cabelludo) a zonas receptoras con pérdida capilar (15). Las técnicas más utilizadas son la FUE (extracción de unidades foliculares) y la FUT (trasplante de unidades foliculares) (16). En la FUE, los folículos se extraen individualmente con ayuda de un micromotor o punch (17). La técnica FUT, en cambio, implica la extracción de una tira de piel que luego se fragmenta en unidades foliculares (18).

Ambas técnicas tienen como objetivo restaurar la densidad capilar de forma natural y permanente (19). No obstante, durante el proceso de trasplante, los injertos foliculares son vulnerables a factores fisiológicos que pueden afectar su supervivencia, como la inflamación y el estrés oxidativo (20).

La inflamación es una respuesta natural del sistema inmunitario ante una agresión, como puede ser la manipulación quirúrgica de los tejidos (21). Durante el trasplante capilar, se desencadena una cascada inflamatoria que implica la liberación de citoquinas proinflamatorias como IL-1 β , TNF- α e IL-6 (22). Estas sustancias provocan la aparición de edema, infiltrado celular y cambios en la revascularización de los folículos implantados (23). Una inflamación excesiva o prolongada puede comprometer la integración de los injertos y reducir la tasa de crecimiento del cabello trasplantado (24).

En el ámbito inflamatorio, el uso de plasma rico en factores de crecimiento (PRGF) ha demostrado ser eficaz para modular la respuesta inmunitaria (25). Este tratamiento favorece la cicatrización y reduce el estrés tisular (26). También se utilizan terapias como el láser fraccionado de CO₂ y microinjertos de tejido dérmico (27). El empleo de corticosteroides tópicos en el postoperatorio contribuye a controlar la inflamación localizada. El estrés oxidativo es un fenómeno celular que se produce cuando hay un desequilibrio entre la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la capacidad del organismo para neutralizarlas (28). Durante el trasplante capilar, los folículos atraviesan un periodo de isquemia-reperfusión que genera un exceso de ROS (29). Estas sustancias pueden dañar lípidos, proteínas, ADN y, especialmente, las mitocondrias. Las mitocondrias son responsables de la producción de ATP y su daño compromete la viabilidad celular del injerto (30).

Para mitigar los efectos negativos del estrés oxidativo y de la inflamación, se han propuesto estrategias como el uso de soluciones antioxidantes durante el procedimiento, la administración de antioxidantes sistémicos como vitamina C, E y glutatión, y la activación de la vía de señalización Nrf2. Esta vía regula la expresión de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa (20,31).

La elección de la técnica quirúrgica influye en el daño inflamatorio y oxidativo. Variantes modernas como K.E.E.P. e Implante Inmediato buscan reducir el tiempo de exposición del injerto al medio externo, minimizar el traumatismo mecánico y preservar la fisiología folicular (32). Estas mejoras, combinadas con estrategias antioxidantes y antiinflamatorias, optimizan la tasa de supervivencia y la recuperación postoperatoria (33).

Una comprensión profunda de los mecanismos implicados en el estrés oxidativo y la inflamación permite desarrollar tratamientos personalizados y técnicas quirúrgicas más eficaces (34). Esta visión multidisciplinar representa un avance en la medicina capilar y justifica el enfoque de esta revisión sistemática.

1.1 Técnicas de Trasplante Capilar: FUE y FUT

El trasplante capilar es una de las estrategias más eficaces para el tratamiento de la alopecia androgénica y otras formas de pérdida capilar. Este procedimiento implica la extracción y reimplantación de folículos pilosos desde una zona donante hacia una zona receptora con baja densidad capilar, permitiendo la restauración progresiva del cabello en áreas afectadas (35). La

evolución de las técnicas quirúrgicas ha permitido una mayor precisión y menor impacto postoperatorio en los pacientes, con métodos que priorizan la preservación de los injertos capilares y la optimización de los resultados estéticos.

Dos de las técnicas más utilizadas de trasplante capilar en la actualidad son la extracción de unidades foliculares (Follicular Unit Extraction, FUE) y el trasplante de unidades foliculares (Follicular Unit Transplantation, FUT) (36,37). Cada una de estas metodologías tiene particularidades que influyen en la elección del procedimiento, dependiendo de factores como la cantidad de folículos capilares necesarios, la preferencia del paciente, el estado de la zona donante y las expectativas estéticas.

La técnica FUE, introducida en la década de los 2000, se ha consolidado como una de las opciones preferidas por pacientes y cirujanos debido a su enfoque mínimamente invasivo. Este método se distingue por la extracción individual de los folículos pilosos utilizando un dispositivo especializado (micromotor) para la extracción, lo que evita la necesidad de realizar incisiones lineales en el cuero cabelludo y, en consecuencia, minimiza la formación de cicatrices visibles (32).

La principal ventaja de esta técnica radica en su capacidad para ofrecer resultados más naturales sin dejar marcas evidentes, un aspecto crucial para pacientes que prefieren llevar el cabello corto o que tienen un cuero cabelludo más propenso a la cicatrización hipertrófica o queloides (38).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios estéticos y funcionales, la FUE no está exenta de desafíos técnicos. Uno de los principales retos es el tiempo del procedimiento, ya que la extracción folicular uno a uno es más laboriosa y demanda un alto grado de precisión y destreza por parte del cirujano ya que una manipulación inadecuada de los injertos durante la fase extracorpórea puede afectar su viabilidad y supervivencia una vez implantados en la zona receptora (39). La prolongada exposición de los folículos al ambiente externo puede generar estrés oxidativo y afectar la tasa de supervivencia capilar, lo que subraya la importancia de técnicas avanzadas para optimizar su manipulación y preservación (36). En comparación con la técnica FUT, donde los folículos pueden obtenerse en mayor cantidad a partir de una sola extracción, la FUE requiere una dedicación meticulosa para asegurar que cada injerto sea retirado con el menor daño posible (37).

Para abordar estos desafíos y mejorar la eficiencia del procedimiento, se han desarrollado variantes dentro de la técnica FUE, como Koray Erdogan Embedding Placer (K.E.E.P) e "Implante", ambas orientadas a mejorar la conservación y manipulación de los injertos (32,33):

K.E.E.P: Esta variante se enfoca en reducir el daño mecánico y la exposición ambiental de los folículos al mantenerlos en medios de conservación isotónicos controlados. Esto disminuye la degradación celular y el impacto del estrés oxidativo, lo que mejora la tasa de supervivencia folicular y la calidad del trasplante.

"Implante": En esta modalidad, se prioriza una implantación más rápida de los injertos, evitando su exposición prolongada fuera del cuerpo. Aunque esta técnica puede reducir el tiempo

de isquemia de los folículos, también conlleva una mayor manipulación de estos, lo que podría comprometer su integridad estructural si no se maneja con la precisión adecuada.

A pesar de la preferencia creciente por la técnica FUE, su aplicación no es universal para todos los casos. Pacientes con zonas donantes limitadas o con necesidades de una gran cantidad de injertos en una sola sesión pueden no ser los candidatos ideales para este método. En estos casos, la técnica FUT puede representar una alternativa más eficiente (40).

Por otro lado, la técnica FUT, conocida también como la "técnica de tira", representa un enfoque más tradicional en el trasplante capilar. Su procedimiento consiste en la extracción de una sección lineal del cuero cabelludo desde la zona donante, generalmente ubicada en la región occipital, para posteriormente diseccionar la tira en unidades foliculares individuales (41). Esta técnica permite obtener una mayor cantidad de injertos en una sola sesión, lo que resulta particularmente beneficioso para pacientes que requieren una restauración capilar extensa y buscan maximizar la densidad del trasplante (42).

Una de las principales ventajas de la FUT es la menor manipulación de los injertos durante la extracción. Al obtener los folículos a partir de una sección de cuero cabelludo, estos permanecen en su entorno natural hasta ser disecados, lo que reduce el impacto del estrés oxidativo y facilita su supervivencia tras la implantación (42). En contraste, en la FUE, cada unidad folicular debe ser extraída individualmente, lo que implica una mayor manipulación y, por ende, un riesgo incrementado de daño estructural (17).

No obstante, la técnica FUT también tiene sus desventajas. La más notable es la cicatriz lineal que deja en la zona donante. Aunque esta cicatriz puede ser disimulada si el paciente usa el cabello largo, aquellos que prefieren cortes más cortos podrían encontrarla más evidente. Además, el periodo de recuperación postoperatoria tiende a ser más prolongado en comparación con la FUE, ya que la sutura de la zona donante requiere más tiempo para sanar y puede generar molestias postquirúrgicas (43).

A pesar de estas limitaciones, la FUT sigue siendo una opción relevante en casos donde se requiere una alta densidad de injertos en una sola intervención. Esto se debe a que la técnica reduce la manipulación de los folículos y permite un mayor número de unidades foliculares viables, optimizando los resultados del trasplante y asegurando una cobertura adecuada en la zona receptora (44).

En la toma de decisiones entre FUE y FUT, es fundamental considerar diversos factores, como las características de la zona donante, las expectativas del paciente, la cantidad de injertos requeridos y la predisposición a cicatrices visibles (16). Mientras que la FUE es ideal para pacientes que buscan una opción mínimamente invasiva con menor impacto estético en la zona donante, la FUT se mantiene como una técnica eficaz para aquellos que requieren una mayor densidad capilar en una sola sesión (44).

1.2. Inflamación y estrés oxidativo en el trasplante Capilar

Uno de los principales retos en el éxito de un trasplante capilar es la respuesta biológica de los injertos trasplantados. Tanto la inflamación como el estrés oxidativo son factores determinantes en la supervivencia de los folículos pilosos, ya que pueden afectar la viabilidad de las unidades foliculares implantadas y su integración en el lecho receptor (45). Estos procesos fisiológicos pueden comprometer la eficacia del procedimiento si no se manejan adecuadamente con estrategias clínicas y tecnológicas diseñadas para minimizar sus efectos adversos (46).

1.2.1 Inflamación

La inflamación postquirúrgica juega un papel crucial en la integración de los folículos trasplantados. Tras la implantación, el sistema inmunológico detecta los injertos como estructuras en proceso de cicatrización y activa mecanismos de reparación tisular que incluyen la liberación de citoquinas proinflamatorias como la interleucina-1 beta (IL-1 β), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y la interleucina-6 (IL-6) (47). Estas moléculas señalizadoras cumplen funciones esenciales en la respuesta inflamatoria inicial, promoviendo la llegada de células inmunitarias al sitio del injerto con el fin de facilitar la regeneración tisular (48).

Sin embargo, cuando la respuesta inflamatoria es excesiva o prolongada, puede convertirse en un factor perjudicial para la viabilidad de los folículos pilosos (49). Una inflamación persistente puede generar un microambiente hostil caracterizado por edema, acumulación de neutrófilos y aumento en la liberación de enzimas proteolíticas y radicales libres, lo que compromete la supervivencia de los injertos (47). Adicionalmente, el exceso de TNF- α y otras citoquinas inflamatorias puede inducir fibrosis en el tejido circundante, lo que limita la revascularización de los injertos y reduce su capacidad de anclaje en la zona receptora (50).

En este sentido, la modulación de la respuesta inflamatoria postquirúrgica mediante agentes antiinflamatorios selectivos ha sido sugerida como una posible estrategia para mejorar los resultados en trasplantes capilares. Fármacos como los inhibidores de la ciclooxigenasa-2 (COX-2) han mostrado potencial para reducir la inflamación sin interferir con los procesos de cicatrización, lo que podría contribuir a una mejor integración de los injertos en la zona receptora (51).

1.2.2. Estrés oxidativo

El estrés oxidativo se refiere al daño celular inducido por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la capacidad antioxidante del organismo. Durante el trasplante capilar, los injertos son sometidos a condiciones adversas, incluyendo isquemia temporal, manipulación mecánica y exposición al ambiente externo, lo que incrementa la producción de ROS y puede afectar su viabilidad (52). La isquemia, en particular, ocurre cuando los folículos se extraen de la zona donante y quedan privados temporalmente de oxígeno y nutrientes antes de ser implantados en la zona receptora (46). Durante este período, las células intentan compensar la falta de oxígeno mediante procesos metabólicos anaerobios que conducen a la acumulación de radicales libres y metabolitos dañinos (51).

Una vez que los injertos son reimplantados y revascularizados, se produce un fenómeno conocido como lesión por reperfusión. Este proceso ocurre cuando el suministro sanguíneo vuelve a los folículos tras un período de isquemia, desencadenando una sobreproducción de ROS que puede provocar daño a nivel mitocondrial y alteraciones en la integridad de las membranas celulares. La acumulación de ROS no solo compromete la viabilidad celular, sino que también puede generar peroxidación lipídica, lo que daña los fosfolípidos de la membrana celular y desencadena procesos apoptóticos en los folículos implantados (53).

Para mitigar estos efectos negativos, diversas estrategias han sido propuestas en la literatura científica. Una de las principales intervenciones consiste en la utilización de soluciones antioxidantes para la conservación de los injertos durante la fase extracorpórea (54). Estas soluciones, que incluyen compuestos como el suero fisiológico enriquecido con antioxidantes o el medio de conservación Ringer lactato, han demostrado reducir significativamente el impacto del estrés oxidativo en los folículos pilosos al disminuir la generación de ROS y mantener la estabilidad de las membranas celulares durante el período de isquemia (46).

Por otro lado, la administración de antioxidantes sistémicos en el postoperatorio ha sido explorada como una estrategia para contrarrestar el daño oxidativo. Sustancias como la vitamina C, la vitamina E y el glutatión han sido evaluadas por su capacidad para neutralizar radicales libres (54). Estudios recientes sugieren que la combinación de antioxidantes tópicos y sistémicos podría mejorar la tasa de supervivencia de los injertos y favorecer un proceso de cicatrización más eficiente (55).

Otro enfoque prometedor en el manejo del estrés oxidativo en el trasplante capilar es la activación de la vía de señalización Nrf2, un regulador maestro del sistema antioxidante celular (56,57). Se ha demostrado que la activación de Nrf2 induce la expresión de enzimas antioxidantes endógenas, como el superóxido dismutasa (SOD) y la catalasa (CAT), que ayudan a contrarrestar los efectos perjudiciales de los ROS en los folículos pilosos (57). En modelos experimentales, la activación farmacológica de Nrf2 ha mostrado resultados prometedores en la reducción del daño oxidativo y la promoción de la supervivencia de los injertos capilares (46).

1.2.3. Manejo combinado y abordaje integral

En términos de manejo quirúrgico, la optimización de las técnicas de implantación también desempeña un papel fundamental en la reducción del estrés oxidativo e inflamación. Métodos como la técnica K.E.E.P han sido diseñados para minimizar la manipulación de los injertos y reducir su tiempo de exposición al ambiente externo, lo que disminuye la producción de ROS y mejora la viabilidad folicular (33). Asimismo, la técnica "Implante" busca acelerar el proceso de reimplantación de los injertos, limitando el tiempo de isquemia y reduciendo el impacto del estrés oxidativo en los folículos (58).

Tanto el estrés oxidativo como la inflamación representan desafíos significativos en el trasplante capilar, afectando directamente la viabilidad y supervivencia de los injertos (46). La implementación de estrategias como la optimización de técnicas quirúrgicas, el uso de antioxidantes y la modulación de la inflamación postquirúrgica resulta clave para mejorar los resultados clínicos y garantizar una integración efectiva de los folículos en la zona receptora (21,55). A medida que avanza la investigación en este campo, nuevas terapias y enfoques biotecnológicos seguirán contribuyendo al perfeccionamiento de los protocolos de trasplante capilar y a la mejora en la calidad de vida de los pacientes sometidos a este procedimiento.

1.3 Estrategias para mitigar la inflamación y el estrés oxidativo en el trasplante capilar

La viabilidad de los injertos capilares en procedimientos de trasplante capilar depende en gran medida de la modulación de la respuesta inflamatoria postquirúrgica y de la minimización del estrés oxidativo. Diversos estudios han explorado estrategias que pueden optimizar la supervivencia de los folículos trasplantados y mejorar la calidad de los resultados clínicos, abordando factores biológicos y técnicos que inciden en la regeneración capilar (59,60). Estas estrategias han evolucionado en los últimos años y se centran en enfoques biotecnológicos, farmacológicos y quirúrgicos para optimizar la integración de los injertos en la zona receptora y reducir los factores fisiológicos que pueden comprometerla (44,60–62).

1.3.1 Inflamación

El plasma rico en factores de crecimiento (PRGF) ha emergido como una estrategia clave para mejorar la viabilidad de los injertos y acelerar la recuperación postquirúrgica (59). Su aplicación en trasplantes capilares se basa en su capacidad para estimular la regeneración tisular mediante la liberación de factores bioactivos que favorecen la proliferación celular, la angiogénesis y la síntesis de matriz extracelular (56,63). En estudios previos, el uso de PRGF en combinación con la técnica FUE ha demostrado una reducción significativa del tiempo de cicatrización y una mejora en la integridad estructural de los folículos trasplantados, lo que se traduce en una mayor tasa de supervivencia folicular y un crecimiento capilar más robusto (59). Además, el PRGF ejerce un efecto modulador sobre la inflamación, reduciendo la expresión de citoquinas proinflamatorias y promoviendo un entorno más favorable para la integración de los injertos (64).

1.3.2 Estrés oxidativo

El factor nuclear eritroide 2 relacionado con el factor 2 (Nrf2) es un regulador clave en la respuesta celular al estrés oxidativo. Su activación ha sido identificada como un mecanismo eficaz para mitigar el daño inducido por ROS en los folículos pilosos trasplantados (29,65). A nivel molecular, Nrf2 regula la expresión de genes antioxidantes y detoxificantes que neutralizan los ROS, previenen la peroxidación lipídica y protegen la integridad del ADN celular (56). En modelos experimentales, la activación farmacológica de Nrf2 ha mostrado efectos positivos en la viabilidad

de los injertos capilares, favoreciendo su adaptación al microambiente postquirúrgico y mejorando la tasa de crecimiento del cabello trasplantado (57). Este enfoque plantea nuevas posibilidades terapéuticas, como el desarrollo de compuestos bioactivos que potencien la activación de Nrf2 en el contexto del trasplante capilar (65). Entre estos compuestos se encuentran ciertos polifenoles, como la curcumina y la quercetina, que han demostrado capacidad para modular la vía de señalización de Nrf2 y potenciar la respuesta antioxidante en tejidos sometidos a estrés celular. Su aplicación en el trasplante capilar podría representar una estrategia innovadora para mejorar la supervivencia de los injertos y reducir los efectos adversos del estrés oxidativo en el postoperatorio (29).

La preservación de los injertos en soluciones antioxidantes durante el procedimiento quirúrgico es un factor determinante para minimizar el daño celular y optimizar la tasa de supervivencia de los folículos trasplantados. En este contexto, la técnica FUE ha sido desarrollada con el objetivo de proporcionar un entorno óptimo para la conservación de los injertos, reduciendo su exposición al estrés oxidativo y mejorando su viabilidad antes de la implantación (66). Consiste en conservar los injertos inmersos en soluciones isotónicas, como el suero fisiológico o Ringer lactato, que actúan como medios de soporte osmótico y antioxidante. Estas soluciones no solo previenen la deshidratación de los injertos durante su manipulación, sino que también mitigan la formación de ROS al mantener un equilibrio electrolítico adecuado y reducir la actividad enzimática prooxidante (54). Algunos estudios han sugerido que la adición de compuestos antioxidantes a estas soluciones, como la N-acetilcisteína y el glutatión, podría potenciar aún más su efecto protector, mejorando la estabilidad de los injertos y promoviendo un proceso de cicatrización más eficiente (56,67).

El desarrollo de tecnologías avanzadas ha permitido mejorar la planificación y ejecución de los trasplantes capilares, optimizando la colocación de los injertos y minimizando el impacto del estrés oxidativo. Tecnologías como NeoGraft® han mejorado la precisión en la colocación de injertos y reducido el impacto del estrés oxidativo durante el procedimiento (68). Se trata de una tecnología de implante utilizada en la técnica de FUE que, mediante un sistema semiautomático, extrae folículos capilares individuales del área donante para reimplantarlos en las zonas receptoras, minimizando la manipulación y el tiempo de exposición de los injertos al ambiente externo (69).

Por otro lado, un estudio destaca la combinación de terapias emergentes como la terapia con láser de bajo nivel, microneedling, radiofrecuencia fraccionada, plasma rico en plaquetas y terapia con células madre, que muestran un potencial prometedor en el manejo de la pérdida de cabello (70).

La imagen fotoacústica, por otro lado, combina principios de la ecografía y la espectroscopia óptica para generar imágenes tridimensionales de los folículos capilares, proporcionando información detallada sobre su orientación subdérmica, vascularización y viabilidad (71).

La imagen fotoacústica es una técnica que combina ultrasonido y espectroscopia óptica para generar imágenes tridimensionales de estructuras subdérmicas, y su aplicación en dermatología se ha explorado en áreas como la evaluación de lesiones cutáneas y la vascularización (72).

Su uso en la práctica clínica parece ser de gran utilidad para mejorar la selección de los injertos más adecuados, reduciendo las tasas de transección y optimizando la disposición de los folículos en la zona receptora. Este nivel de precisión contribuye significativamente a la reducción del estrés mecánico en los injertos durante la implantación, favoreciendo su integración y mejorando la calidad estética del resultado final. Sin embargo, su implementación en la planificación y ejecución de trasplantes capilares aún no ha sido suficientemente documentada en la literatura científica disponible (73).

Además de las estrategias intraoperatorias, la administración de antioxidantes tópicos y sistémicos se ha convertido en una alternativa prometedora para mitigar el estrés oxidativo y la inflamación en el postoperatorio. Estudios recientes han señalado que, compuestos como la vitamina C, la vitamina E y el glutatión pueden desempeñar un papel clave en la reducción del daño oxidativo en los folículos trasplantados, promoviendo una mejor recuperación y un crecimiento más saludable del cabello (70). La vitamina C, por ejemplo, es un potente antioxidante que neutraliza los ROS y favorece la síntesis de colágeno, lo que resulta beneficioso para la cicatrización de la zona donante y receptora. Por su parte, la vitamina E actúa como un protector lipídico, evitando la peroxidación de las membranas celulares y estabilizando la estructura de los folículos pilosos (67). Por consiguiente, el glutatión, al ser el principal antioxidante intracelular, desempeña un papel fundamental en la defensa contra el estrés oxidativo y en la regeneración de tejidos sometidos a condiciones de hipoxia e isquemia (74). Estos antioxidantes pueden ser administrados de manera tópica en formulaciones de gel o suero, o bien mediante suplementación oral en dosis controladas, asegurando su biodisponibilidad y efecto protector sobre los injertos capilares. Su incorporación en los protocolos postoperatorios del trasplante capilar representa un enfoque integral para mejorar la supervivencia de los folículos y optimizar los resultados clínicos del procedimiento (67).

La realización de esta revisión sistemática se justifica por la creciente prevalencia de la alopecia y la necesidad de optimizar las técnicas de trasplante capilar para garantizar mejores resultados clínicos y estéticos.

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. El goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica o social (75).

Este trabajo tiene como fin la colaboración a la mejora de la salud de todos aquellos pacientes que desean sentirse mejor con su imagen física, ayudando eso a su salud mental e implementar las posibles mejoras que favorezcan a ese proceso. Por esta razón se integra uno de los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) mediante el objetivo 3, Salud y bienestar ha-

ciendo mención a la meta 3.4 Para 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención y el tratamiento y promover la salud mental y el bienestar (76).

Desde esta perspectiva se pretende mejorar la inflamación que se sufre en el proceso quirúrgico, mitigar el estrés oxidativo, favoreciendo a la viabilidad de los injertos capilares para promover un mejor resultado en la salud del paciente durante y después de la intervención, contribuyendo todo esto a una mejora de los resultados y por ende favorecer la relación del paciente con su imagen personal.

A pesar de los avances en las técnicas quirúrgicas, como la FUE y la FUT, persisten retos asociados al estrés oxidativo y la inflamación, los cuales impactan directamente en la supervivencia y adaptación de los injertos capilares. Comprender cómo estas técnicas y sus variantes influyen en estos procesos fisiológicos críticos es fundamental para desarrollar estrategias quirúrgicas y cuidados postoperatorios más efectivos. Además, existe una limitada sistematización de la evidencia disponible sobre el papel de los antioxidantes y las prácticas de manejo intraoperatorio en la reducción del daño oxidativo. Este trabajo no solo busca aportar conocimiento científico relevante, sino también proporcionar herramientas prácticas para los profesionales de la salud, mejorando así los estándares de atención en el ámbito del trasplante capilar.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

2.1. Objetivos.

Objetivo General.

Evaluar las implicaciones del estrés oxidativo y la inflamación en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante las técnicas FUE y FUT, para identificar estrategias que optimicen los resultados clínicos y los cuidados postoperatorios en trasplantes capilares.

Objetivos Específicos

Analizar la influencia de las técnicas FUE y FUT en la generación de estrés oxidativo e inflamación durante y después del procedimiento quirúrgico, considerando su impacto en la supervivencia folicular y la cicatrización.

Comparar la eficacia de la técnica FUE, evaluando su impacto en la supervivencia folicular y la reducción del daño oxidativo e inflamatorio.

Identificar estrategias basadas en evidencia científica para minimizar el estrés oxidativo e inflamación en el manejo de injertos capilares, incluyendo protocolos quirúrgicos (como el uso de PRGF, láser fraccional de CO₂ o microtejidos derivados de folículos) y cuidados postoperatorios.

2.2. Hipótesis

Hipótesis Principal:

La implementación de estrategias complementarias, como el uso de plasma rico en factores de crecimiento (PRGF), láser fraccional de CO₂ y antioxidantes, reduce significativamente

el estrés oxidativo y la inflamación en los injertos capilares trasplantados mediante técnicas FUE y FUT, mejorando su viabilidad y supervivencia a largo plazo.

Hipótesis Secundarias:

El estrés oxidativo inducido por factores como el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) tiene un impacto negativo en la fase anágena de los folículos pilosos trasplantados, lo que puede ser mitigado mediante la activación de Nrf2 u otros mecanismos antioxidantes.

La técnica FUE presentan una menor generación de estrés oxidativo y una mayor supervivencia folicular en comparación con la técnica FUT, debido a su menor invasividad y manipulación del tejido.

El uso de microtejidos derivados de folículos capilares (HFMT) y otras intervenciones complementarias acelera la cicatrización en las áreas donantes, reduce complicaciones postoperatorias (como dolor, prurito e inflamación) y mejora la integridad de los injertos trasplantados.

3. METODOLOGÍA (MATERIAL Y MÉTODOS)

Este estudio se basa en una revisión sistemática para evaluar el impacto del estrés oxidativo y/o la inflamación en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante las técnicas FUE y FUT. La metodología aplicada se enfocó en garantizar un análisis riguroso y exhaustivo de la literatura científica disponible, centrándose en estudios publicados en los últimos diez años que evaluaran los efectos de estas técnicas sobre el estrés oxidativo, la inflamación y los resultados clínicos en trasplantes capilares.

3.1 Pregunta de Investigación

¿Cuál es la mejor estrategia para reducir el estrés oxidativo y/o la inflamación en los injertos capilares trasplantados mediante FUE y FUT en pacientes con alopecia androgénica?

Términos PICO

- **Población (P):** Pacientes con alopecia androgénica sometidos a trasplante capilar con técnicas FUE o FUT.
- **Intervención (I):** Aplicación de estrategias para reducir el estrés oxidativo e inflamación.
- **Comparación (C):** Trasplante capilar sin estrategias complementarias para mitigar el estrés oxidativo y/o inflamación.
- **Resultado (O):** Reducción del estrés oxidativo y/o inflamación, mejora en la supervivencia de los injertos capilares y optimización de la recuperación postoperatoria.

3.2. Estrategia de Búsqueda Bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se realizó en tres bases de datos científicas reconocidas: PubMed, Scopus y Web of Science. Estas plataformas fueron seleccionadas por su amplia cobertura en el ámbito biomédico, quirúrgico y dermatológico, asegurando el acceso a estudios revisados por pares de alta calidad y relevancia para el análisis de las técnicas de trasplante capilar y su relación con el estrés oxidativo e inflamación.

- **PubMed:** Base de datos especializada en ciencias de la salud, ideal para obtener investigaciones sobre los mecanismos biológicos del estrés oxidativo, la inflamación y su impacto en los injertos capilares trasplantes.
- **Scopus:** Plataforma interdisciplinaria que proporciona estudios relevantes en cirugía capilar, abordando técnicas FUE y FUT, así como factores moleculares asociados a la viabilidad de los injertos.
- **Web of Science:** Recurso esencial para acceder a literatura científica sobre innovación en trasplante capilar, con un enfoque en estrategias quirúrgicas y cuidados postoperatorios.

La combinación de estas bases de datos, tal y como se muestra en la tabla 1, permitió identificar estudios recientes que analizaran factores clave como la producción de ROS, marcadores inflamatorios, técnicas quirúrgicas y la tasa de supervivencia folicular en injertos capilares.

Tabla 1. Términos de Búsqueda

Base de datos	Términos en Inglés	Términos en español	Descriptores utilizados
PubMed	"Hair Transplantation", "Oxidative Stress", "Inflammation", "Follicular Unit Extraction (FUE)"	"Trasplante Capilar", "Estrés Oxidativo", "Inflamación", "Extracción de Unidades Foliculares (FUE)"	MeSH
Scopus	"Hair Transplantation", "Follicular Unit Transplantation (FUT)", "Postoperative Care"	"Trasplante Capilar", "Trasplante de Unidades Foliculares (FUT)", "Cuidados Postoperatorios"	DeCS
Web of Science	"Oxidative Stress", "Inflammation", "Follicular Unit Extraction (FUE)", "Follicular Unit Transplantation (FUT)"	"Estrés Oxidativo", "Inflamación", "Extracción de Unidades Foliculares (FUE)", "Trasplante de Unidades Foliculares (FUT)"	MeSH, Palabras Clave

Fuente: Elaboración propia

La combinación de estos términos se estructuró mediante operadores booleanos como AND y OR para refinar la búsqueda y garantizar la inclusión de estudios relevantes. Ejemplos de ecuaciones utilizadas:

- ("Hair Transplantation" OR "Follicular Unit Extraction (FUE)") AND ("Oxidative Stress" OR "Inflammation")
- ("Postoperative Care") AND ("Follicular Unit Transplantation (FUT)")

3.3. Búsqueda con Ecuación

La estrategia se diseñó para identificar estudios relevantes que evaluaran la relación entre las técnicas quirúrgicas y los factores fisiológicos clave (estrés oxidativo e inflamación) en trasplantes capilares. Tal y como se muestra en la tabla 2, la ecuación utilizada en PubMed, Scopus y Web of Science fue la siguiente:

Tabla 2. Ecuaciones de Búsqueda

Bases de datos	Ecuación de búsqueda	Fecha de búsqueda	Límite de fechas
PubMed	("Hair Transplantation"[MeSH] OR "Follicular Unit Extraction"[MeSH] OR "Follicular Unit Transplantation") AND ("Oxidative Stress"[MeSH] OR "Reactive Oxygen Species") AND ("Inflammation"[MeSH] OR "Postoperative Care")	15 de septiembre de 2024	15 de octubre 2024
Scopus	TITLE-ABS-KEY("Hair Transplantation" OR "Follicular Unit Extraction" OR "Follicular Unit Transplantation") AND TITLE-ABS-KEY("Oxidative Stress" OR "Reactive Oxygen Species") AND TITLE-ABS-KEY("Inflammation" OR "Postoperative Care")	16 de octubre de 2024	16 noviembre 2024
Web of Science	TS=("Hair Transplantation" OR "Follicular Unit Extraction" OR "Follicular Unit Transplantation") AND TS=("Oxidative Stress" OR "Reactive Oxygen Species") AND TS=("Inflammation" OR "Postoperative Care")	17 de noviembre de 2024	17 de diciembre de 2024

Fuente: Elaboración propia

3.4 Depuración de Resultados y Evaluación de Sesgo

Tras la búsqueda en bases de datos, los estudios fueron depurados mediante la eliminación de duplicados y la revisión de títulos y resúmenes. Posteriormente, se realizó una evaluación integral de los artículos seleccionados para garantizar su calidad y relevancia en relación con el tema de estudio.

Para evaluar el riesgo de sesgo, se utilizaron herramientas validadas (Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 2)" para ensayos controlados aleatorizados (77) y la "Newcastle-Ottawa Scale (NOS)" (para estudios observacionales (78) que permitieron identificar posibles fuentes de sesgo en los estudios incluidos. La evaluación se realizó en base a seis criterios metodológicos:

- **Selección de participantes:** Se verificó si los estudios incluyeron criterios claros para la selección de pacientes y si estos fueron representativos de la población objetivo.
- **Aleatorización y comparación:** Se evaluó si las intervenciones (técnicas FUE/FUT y estrategias complementarias) y los grupos de comparación fueron descritos de manera detallada y si se aplicaron de forma consistente.
- **Cegamiento:** Se analizó si los investigadores, participantes o evaluadores estaban cegados al tipo de intervención para minimizar sesgos en la medición de resultados.
- **Medición y reporte de resultados:** Se comprobó si los estudios empleaban métodos objetivos para medir estrés oxidativo, inflamación y supervivencia de los injertos. También se revisó si se reportaron todos los desenlaces relevantes, incluidos efectos adversos.
- **Datos incompletos:** Se verificó si los estudios reportaron pérdidas de seguimiento, abandonos de participantes o inconsistencias en los datos.

- **Conflictos de interés:** Se revisó si los autores declararon conflictos de interés o financiamiento externo que pudiera influir en los resultados.

3.4 Evaluación del Sesgo

Los estudios fueron clasificados según su riesgo de sesgo en bajo (verde), moderado (amarillo) y alto (rojo), tal como se muestra en la Tabla 3 y el Gráfico de Evaluación de Sesgo en la figura N°1. (Anexo 1).

- **Estudios con bajo riesgo de sesgo:** Sus resultados son más confiables y tienen mayor peso en la interpretación de la evidencia.
- **Estudios con riesgo moderado de sesgo:** Sus hallazgos pueden considerarse, pero con precaución respecto a ciertas limitaciones metodológicas.
- **Estudios con alto riesgo de sesgo:** Su interpretación debe hacerse con cautela, ya que presentan problemas metodológicos que pueden comprometer la validez de sus conclusiones.

En consecuencia, la evaluación del sesgo permitió **identificar y mitigar posibles limitaciones metodológicas** en los estudios incluidos, asegurando que la evidencia recopilada sea de alta calidad y relevancia para analizar las implicaciones del estrés oxidativo y la inflamación en los trasplantes capilares, excluyendo estudios con limitaciones metodológicas significativas.

3.4 Procedimientos de Revisión

Fuentes de Información

Se consultaron bases de datos científicas reconocidas, como PubMed, Scopus y Web of Science, para identificar estudios relevantes sobre trasplantes capilares y los factores asociados al estrés oxidativo e inflamación.

Criterios de Inclusión:

- Estudios publicados entre 2013 y 2024.
- Investigaciones realizadas en humanos que analizaran el impacto de las técnicas FUE y FUT en los injertos capilares.
- Artículos originales que evalúen la relación entre estrés oxidativo, inflamación y cuidados postoperatorios en trasplantes capilares.
- Se incluyen únicamente estudios primarios (ensayos clínicos y estudios observacionales), excluyendo revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de opinión.
- Se aceptan estudios que analicen estrategias postoperatorias para mitigar el estrés oxidativo y la inflamación, incluyendo PRGF, láser fraccional de CO2 y microtejidos foliculares.

Criterios de Exclusión:

- Estudios realizados exclusivamente en modelos animales o *in vitro*.

- Publicaciones que no proporcionen datos específicos sobre el impacto del estrés oxidativo, la inflamación o las estrategias complementarias en los injertos capilares trasplantados mediante FUE o FUT.
- Artículos que no comparen técnicas quirúrgicas FUE y FUT o estrategias para mitigar el estrés oxidativo e inflamación, incluyendo aquellos estudios que solo describen un procedimiento sin evaluar sus efectos en la viabilidad folicular.
- Estudios con metodología deficiente, como aquellos sin grupo de comparación, sin medición objetiva de variables clave (estrés oxidativo, inflamación, supervivencia de injertos) o con muestras insuficientes para obtener resultados concluyentes.
- Revisiones bibliográficas y sistemáticas que no incluyan análisis cuantitativo de resultados, evitando duplicación de información y asegurando la inclusión de estudios primarios.
- Estudios publicados fuera del rango temporal de 2013 a 2024.
- Publicaciones sin acceso a texto completo o en idiomas distintos del inglés y español.

Análisis de Datos: Se estudiará los datos extraídos de los estudios seleccionados incluyendo información sobre:

- Estrategias a utilizar para mitigar el estrés oxidativo y la inflamación.
- Supervivencia de los injertos capilares según las técnicas aplicadas.
- Variables clínicas y moleculares asociadas al éxito del trasplante capilar.

Evaluación de la Calidad: La calidad de los estudios fue evaluada mediante la herramienta AMSTAR-2 (A Measurement Tool to Assess systematic Reviews) (79), considerando aspectos como el diseño del estudio, metodología empleada y validez de los resultados.

Este enfoque metodológico asegura un análisis integral que permita generar conclusiones sólidas y fundamentadas sobre las mejores prácticas en trasplantes capilares y el manejo de injertos para minimizar el estrés oxidativo y la inflamación.

4. RESULTADOS

4.1. Selección de Artículos

La Imagen 1 ilustra el número de registros identificados, examinados, excluidos y finalmente incluidos en esta revisión sistemática (80). A continuación, se describe cada etapa del proceso:

4.1.1. Identificación

En esta etapa se recolectaron un total de 750 registros a partir de búsquedas en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y Web of Science, complementadas con búsquedas manuales en recursos adicionales, como referencias cruzadas y literatura gris especializada. También se consultaron fuentes como la Biblioteca Cochrane y la Biblioteca Virtual en Salud (BVS), garantizando la inclusión de estudios relevantes que pudieran no estar indexados en bases de datos tradicionales.

De los 750 registros identificados, se eliminaron 300 registros duplicados, y 250 registros adicionales fueron descartados por no cumplir con los términos de búsqueda o estar fuera del alcance temático. Esto dejó un total de 200 registros para la siguiente etapa de cribado.

4.1.2. Cribado

Durante esta fase, los títulos y resúmenes de los 200 registros restantes fueron evaluados según los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Los criterios aplicados incluyeron la evaluación del impacto del estrés oxidativo y la inflamación en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante las técnicas FUE y FUT.

Como resultado, 100 registros fueron excluidos por no cumplir con los criterios temáticos o metodológicos definidos, seleccionándose 100 registros para una evaluación completa en la siguiente etapa.

4.1.3. Evaluación de la Elegibilidad

En esta etapa, se revisaron en su totalidad los 100 registros seleccionados para determinar su elegibilidad final. Se aplicaron criterios de exclusión adicionales, tales como:

- Relevancia directa con la relación entre el estrés oxidativo, la inflamación y las técnicas quirúrgicas FUE y FUT.
- Disponibilidad de texto completo y detallado.
- Rango temporal de publicación entre 2013 y 2024.

Como resultado, 55 registros fueron excluidos por no abordar de manera específica el impacto del estrés oxidativo, la inflamación o las intervenciones complementarias en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante FUE o FUT, 25 registros fueron eliminados por falta de acceso a texto completo, y 10 registros no cumplieron con el rango temporal especificado.

4.1.4. Inclusión

Finalmente, 10 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión y fueron incorporados en esta revisión sistemática. Estos estudios constituyen la base para el análisis de la relación entre el estrés oxidativo, la inflamación y el manejo de injertos capilares mediante las técnicas FUE y FUT, proporcionando información clave para la síntesis de resultados y la formulación de recomendaciones basadas en evidencia.

- **Tipo de estudio:** Ensayos clínicos controlados aleatorizados (ECA), estudios observacionales (prospectivos, retrospectivos, de cohortes o casos y controles) y estudios experimentales en humanos que analicen la relación entre el estrés oxidativo, la inflamación y la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante FUE o FUT.
- **Población:** Pacientes humanos con alopecia androgénica u otras condiciones capilares sometidos a trasplante capilar utilizando técnicas FUE o FUT.
- **Intervención:** Estudios que analicen estrategias para mitigar el impacto del estrés oxidativo y la inflamación en injertos capilares trasplantados, incluyendo PRGF, PRP, activación de Nrf2, antioxidantes, láser CO2, técnicas quirúrgicas avanzadas y cuidados postoperatorios.
- **Comparación:** Estudios que contrasten el trasplante capilar con y sin intervenciones complementarias para reducir el estrés oxidativo y la inflamación, o que comparen distintas técnicas quirúrgicas (FUE vs. FUT).
- **Resultados:** Estudios que reporten variables cuantificables como producción de ROS, niveles de marcadores inflamatorios, tasa de supervivencia de injertos capilares, cicatrización postoperatoria o satisfacción del paciente.
- **Fecha de publicación:** Estudios publicados entre 2013 y 2024 para garantizar la inclusión de evidencia reciente y relevante.
- **Disponibilidad:** Estudios publicados en inglés o español con acceso a texto completo.

Tal y como se ha mencionado en el punto 3.4, se realizó una evaluación integral de los artículos seleccionados para garantizar su calidad y relevancia en relación con el tema de estudio. Según se observa en la tabla 3 se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados y Evaluación de Sesgo

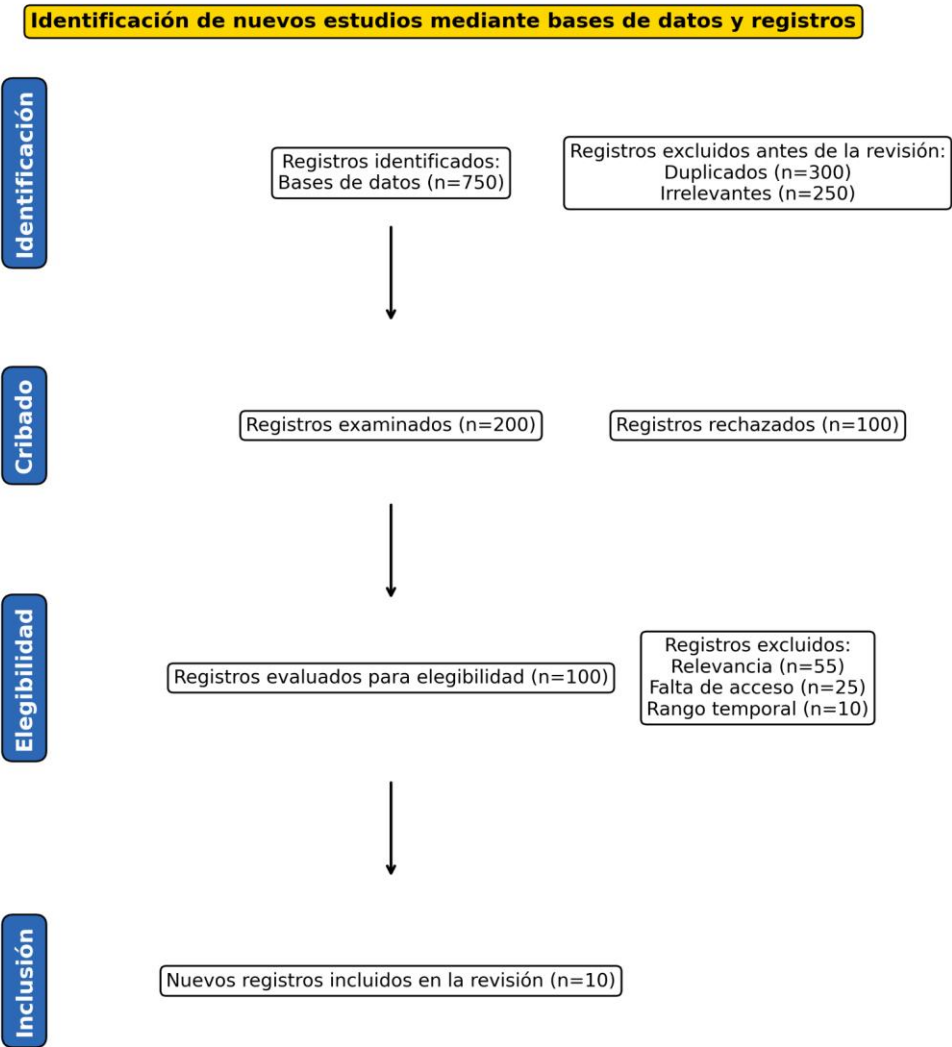
Criterio	Detalle
Selección de participantes	- Se verificó que los estudios incluyeran criterios de selección claros - Se analizó si la población estudiada era representativa del grupo objetivo.
Intervención y comparación	- Se evaluó la descripción detallada de las técnicas FUE y FUT. - Se revisó si los procedimientos se aplicaron de manera consistente entre los estudios.
Medición y reporte de resultados	- Se comprobó si los estudios empleaban métodos objetivos para medir estrés oxidativo, inflamación y supervivencia de los injertos. - Se revisó si todos los desenlaces relevantes, incluidos efectos adversos, fueron reportados.
Fuentes de financiamiento y conflicto de intereses	- Se verificó si los estudios declaraban conflictos de interés o financiamiento externo que pudiera influir en los resultados.

Fuente: Elaboración propia

Para mayor extensibilidad, se presenta un análisis detallado del riesgo de sesgo de cada estudio en el Anexo 1: Gráfico de sesgo

También se elaboró tal y como se muestra en el Anexo 2. Tabla 13 Checklist PRISMA 2020 como una guía para asegurar la transparencia, integridad y calidad en la elaboración y reporte de esta revisión sistemática (81).

Imagen 1. Diagrama PRISMA



Fuente: Elaboración propia

El análisis de los diez estudios seleccionados permitió identificar aspectos clave relacionados con el impacto del estrés oxidativo y la inflamación en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante las técnicas FUE y FUT. Para garantizar la calidad metodológica de esta revisión sistemática, se utilizó la herramienta AMSTAR-2 (79), que permitió evaluar rigurosamente la calidad de los estudios incluidos, considerando criterios como la claridad de los objetivos, la adecuación de la metodología y la consistencia de los resultados reportados. Los datos fueron extraídos de forma independiente, evaluando la relevancia de cada estudio en relación con los objetivos planteados.

A continuación, a partir de los diez estudios seleccionados en esta revisión sistemática se presentan 8 tablas (Tabla 4, tabla 5, tabla 6, tabla 7, tabla 8, tabla 9, tabla 10 y tabla 11) destacando sus principales hallazgos en términos de supervivencia folicular, estrés oxidativo, inflamación y cuidados postoperatorios.

Tabla 4: Resultados de la revisión sistemática sobre injertos capilares, estrés oxidativo e inflamación

Título	Autor	Intervención	Comparador	Significancia clínica	Cambio desde la línea base (I vs C)	Significancia estadística	Resultados
Valproic acid and/or rapamycin...	Keshavarzi et al. (82).	VPA y/o RAPA	Sin tratamiento	Activación de Nrf2 como mecanismo protector	Reducción de ROS y mayor viabilidad celular	$p < 0.05$	Estrés oxidativo en células madre foliculares
Oxidative damage control in a human...	Haslam et al. (83).	Sulforafano (activador de Nrf2)	Sin tratamiento	Nrf2 protege contra daño oxidativo en folículos humanos	Reducción de peroxidación lipídica y apoptosis celular	$p < 0.01$	Crecimiento capilar y estrés oxidativo
A randomized controlled trial on HFMT...	Guo et al. (84).	HFMT	Mupirocina	HFMT mejora la recuperación postoperatoria	Mayor cierre de heridas y menor inflamación	$p < 0.005$	Cicatrización post-FUE
Evaluation of efficacy of FUE vs FUE+PRP...	Elariny et al. (85).	FUE + PRP	Solo FUE	PRP no mostró impacto relevante en este estudio	Sin diferencia significativa en supervivencia	$p = 0.12$	PRP en alopecia cicatricial
FUE combined with fractional CO2 laser...	Xue et al. (86).	Láser CO2 + FUE	Solo FUE	Combinación óptima para corrección de cicatrices	Mayor supervivencia folicular y menor asimetría	$p < 0.01$	Láser CO2 + FUE en cicatrices
Effect of PRGF combined with FUE...	Navarro et al. (87).	PRGF	Sin PRGF	PRGF mejora la viabilidad del injerto	Mayor tasa de supervivencia y menor inflamación	$p < 0.05$	Supervivencia folicular tras FUE
Effect of FUE on the donor area	Mohmand & Ahmad (88).	Técnica FUE	Sin intervención	La extracción excesiva puede afectar la estética	Reducción del 35.44% en densidad capilar	No reportado	Impacto de FUE en zona donante
Effect of De-epithelialization...	Fan et al. (89).	Injertos desepitelizados	Injertos estándar	Beneficio cosmético sin afectar viabilidad	Mayor satisfacción estética sin impacto en supervivencia	$p = 0.08$	Efecto de la desepitelización en FUE
Advances in hair transplantation: PL-FUT	Gho & Neumann (90).	PL-FUT	FUE/FUT estándar	Alternativa innovadora para trasplante	Regeneración de folículos en zona donante	-	Técnica PL-FUT y regeneración capilar
Photoacoustic imaging as a tool...	Hariri et al. (91).	Imagen fotoacústica	Evaluación estándar	Herramienta prometedora para planificación de trasplante	Alta correlación con mediciones fotográficas	$R^2 = 0.96$	Evaluación de folículos con imagen fotoacústica

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resumen de estudios incluidos en la revisión sistemática

Autor (Año, País)	Tipo de Estudio	Intervención	Comparador	Métodos de Medición	Resultados Principales	Datos Estadísticos	Evaluación del Sesgo
Keshavarzi et al. (2024, Irán) (82).	Experimental in vitro	VPA y/o RAPA	Sin tratamiento	Biomarcadores de estrés oxidativo (ROS, MDA), expresión de Nrf2, actividad antioxidante (GPx, GSH)	Reducción de ROS y mayor viabilidad celular	$p < 0.05$	Moderado (RoB 2)
Haslam et al. (2017, Reino Unido) (83).	Experimental in vitro	Sulforafano (activador de Nrf2)	Sin tratamiento	Evaluación de peroxidación lipídica, apoptosis celular, proliferación capilar	Reducción de peroxidación lipídica y apoptosis celular	$p < 0.01$	Bajo (RoB 2)
Guo et al. (2024, China) (84).	Ensayo clínico controlado aleatorio	HFMT	Mupirocina	Tasa de cierre de heridas, dolor, prurito, inflamación postoperatoria	Mayor cierre de heridas y menor inflamación	$p < 0.005$, IC 95% [0.8-1.5]	Moderado (RoB 2)
Elariny et al. (2022, Egipto) (85).	Ensayo clínico controlado aleatorio	FUE + PRP	Solo FUE	Supervivencia folicular, densidad de folículos	Sin diferencia significativa en supervivencia	$p = 0.12$	Alto (RoB 2)
Xue et al. (2024, China) (86).	Prospectivo comparativo	Láser CO2 + FUE	Solo FUE	Supervivencia folicular, asimetría postoperatoria	Mayor supervivencia folicular y menor asimetría	$p < 0.01$	Moderado (RoB 2)
Navarro et al. (2018, España) (87).	Estudio prospectivo comparativo	PRGF	Sin PRGF	Tasa de supervivencia folicular, inflamación, cicatrización	Mayor supervivencia folicular y menor inflamación	$p < 0.05$	Alto (NOS)
Mohmand & Ahmad (2018, Pakistán) (88).	Observacional	Técnica FUE	Sin intervención	Densidad capilar pre y post extracción	Reducción del 35.44% en densidad capilar	-	Alto (NOS)
Fan et al. (2021, China) (89).	Experimental controlado aleatorio	Injertos desepitelizados	Injertos estándar	Evaluación de satisfacción estética, tasa de supervivencia de injertos	Mayor satisfacción sin impacto en supervivencia	$p = 0.08$	Moderado (RoB 2)
Gho & Neumann (2015, Países Bajos) (90).	Experimental avanzado	PL-FUT	FUE/FUT estándar	Regeneración capilar en zona donante	Regeneración de folículos en zona donante	-	Bajo (NOS)
Hariri et al. (2020, EE. UU.) (91).	Experimental avanzado	Imagen fotoacústica	Evaluación estándar	Medición de densidad folicular, correlación con métodos fotográficos	Alta correlación con medición fotográfica	$R^2 = 0.96$	Moderado (NOS)

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 6. Estudios Experimentales *in vitro* incluidos en la revisión sistemática

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Keshavarzi et al. (82).	Estudio Experimental	Células madre derivadas de folículos pilosos (HFSCs) in vitro	Evaluar el efecto protector del precondicionamiento con VPA y/o RAPA contra el daño oxidativo inducido por OGSD	-Viabilidad celular -Producción de ROS. -Expresión de Nrf2 -Actividad antioxidante -Niveles de VEGF	Se investigó si el precondicionamiento con VPA y/o RAPA protege a HFSCs frente al daño inducido por OGSD. Los resultados mostraron una mayor viabilidad celular y una reducción significativa del estrés oxidativo.	El precondicionamiento con VPA y/o RAPA protege a las HFSCs del daño oxidativo inducido por OGSD mediante la activación de la vía Nrf2, sugiriendo una estrategia potencial para mejorar la eficiencia de los trasplantes celulares en el tratamiento del accidente cerebrovascular isquémico.
Haslam et al. (83).	Estudio Experimental	Folículos pilosos humanos cultivados in vitro	Investigar el papel de Nrf2 en la protección contra el estrés oxidativo y su impacto en el crecimiento capilar	Activación de: - Nrf2 -Niveles de ROS -Apoptosis -Proliferación celular	Se evaluó el efecto protector de la activación de Nrf2 frente al estrés oxidativo en folículos pilosos humanos. El sulforafano activó Nrf2, redujo el daño oxidativo y favoreció el crecimiento capilar al mejorar la proliferación celular y disminuir la apoptosis.	Destacan el papel crucial de Nrf2 en la protección de los folículos pilosos humanos contra daños oxidativos, sugiriendo su potencial terapéutico en trastornos capilares relacionados con el estrés oxidativo.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 7. Ensayos Clínicos Controlados Aleatorios incluidos en la revisión sistemática

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Guo et al. (84).	Ensayo Clínico Controlado Aleatorio	98 pacientes sometidos a FUE	Evaluar la eficacia de HFMT en la cicatrización y reducción de complicaciones postoperatorias	-Tasa de cierre de heridas -Dolor -Prurito -Entumecimiento	Se evaluó la eficacia del microtejido folicular (HFMT) en la cicatrización post-FUE. En 98 pacientes, HFMT mostró una mayor velocidad de cierre de heridas y menor dolor e irritación en comparación con mupirocina o ningún tratamiento.	la aplicación de HFMT aceleró eficazmente la cicatrización de heridas y reduce las complicaciones en el sitio donante después de la FUE en trasplantes capilares.
Elariny et al. (85).	Ensayo Clínico Controlado Aleatorio	20 pacientes con alopecia cicatricial (CA)	Comparar la eficacia de FUE con y sin PRP en la supervivencia folicular	-Supervivencia folicular -Densidad de folículos -Complicaciones postoperatorias	Se comparó la técnica FUE con y sin PRP en alopecia cicatricial. Ambos grupos mejoraron la supervivencia de los injertos, pero no se observaron diferencias significativas entre ellos.	Sugiere que la FUE es un procedimiento preferido para la restauración capilar en casos de alopecia cicatricial debido a sus mínimos efectos secundarios. No obstante, el papel del PRP en el trasplante capilar sigue siendo controvertido, ya que en este estudio no se observó un impacto significativo del PRP en la tasa de supervivencia de los injertos capilares.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Tabla 8. Aleatorios Estudios Clínicos Prospectivos y Comparativos

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Xue et al. (86).	Estudio Clínico Prospectivo y Comparativo	30 pacientes con cicatrices y defectos en cejas	Evaluar el efecto combinado de láser fraccional de CO2 y FUE en la supervivencia folicular y resultados cosméticos	-Supervivencia folicular -Asimetría Postoperatoria -Desarrollo de cabello rizado	Se evaluó la combinación de láser CO2 fraccionado y FUE en cicatrices de cejas. El grupo tratado con láser previo mostró mayor supervivencia folicular y mejores resultados estéticos que el grupo con solo FUE.	La combinación de la terapia con láser CO2 fraccionado ablativo y la FUE mejora la tasa de supervivencia de los folículos y logra una forma de ceja más definida en pacientes con cicatrices postraumáticas y defectos en las cejas.
Navarro et al.(87).	Estudio Clínico Prospectivo y Comparativo	30 pacientes sometidos a FUE (15 con PRGF, 15 sin PRGF)	Evaluar la seguridad y eficacia clínica de PRGF como terapia adyuvante en FUE	-Proliferación celular -Integridad perifolicular -Inflamación -Tiempo de cicatrización	Se estudió la combinación de FUE con PRGF en trasplante capilar. Los resultados mostraron que PRGF reduce la pérdida folicular, mejora la supervivencia del injerto y favorece la regeneración celular gracias a su matriz protectora biológicamente activa.	La combinación de PRGF con la técnica FUE mejora la supervivencia de los folículos trasplantados y promueve una regeneración capilar más efectiva.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 9. Estudios Observacionales

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Mohmand & Ahmad, (88).	Estudio Observacional	10 pacientes sometidos a FUE	Evaluar el impacto de FUE en la densidad capilar del área donante	-Densidad capilar -Relación injerto -Pelo -Extracción total	Se analizó el efecto de la técnica FUE en la densidad capilar de la zona donante. En promedio, se extrajo el 35,44% del cabello original, lo que representa una reducción significativa en esa área tras el procedimiento	Concluye que, debido a la variabilidad en la densidad del área donante entre individuos, es esencial realizar la técnica FUE con precaución para evitar una extracción excesiva que pueda comprometer la apariencia y salud del área donante.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 10. Estudios Experimentales Controlados Aleatorios

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Fan et al. (89).	Estudio Experimental Controlado Aleatorio	64 pacientes con alopecia androgénica	Evaluar el efecto de la desepitelización en la supervivencia de los injertos trasplantados	-Supervivencia folicular -Elongación del tallo capilar -Satisfacción cosmética	Se evaluó si la desepitelización de injertos capilares mejora la supervivencia tras FUE. Aunque no hubo diferencias significativas en resultados clínicos, los pacientes con injertos desepitelizados mostraron mayor satisfacción estética inmediata.	La desepitelización no afecta la tasa de supervivencia de los injertos en procedimientos FUE, pero puede mejorar la apariencia inmediata postoperatoria y la satisfacción estética del paciente.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

Tabla 11. Estudios Experimentales Avanzados

Autor(es)	Tipo de Estudio	Muestra	Objetivo	Variables	Resultados principales	Conclusión
Gho & Neumann, (90).	Estudio Experimental Avanzado	Descripción teórica y aplicada sobre PL-FUT	Explorar cómo PL-FUT puede multiplicar folículos pilosos in vivo mientras preserva el área donante	-Disponibilidad de folículos donantes -Regeneración capilar	Se presentó la técnica PL-FUT como innovación en trasplante capilar. A diferencia de FUE y FUT, extrae solo parte del folículo, permitiendo la regeneración de cabello en ambas zonas: donante y receptora.	Esta técnica no solo preserva la densidad capilar en la zona donante, sino que también multiplica los folículos pilosos in vivo. Aunque es especialmente útil para la alopecia androgénica, el PL-FUT también podría beneficiar a personas con áreas donantes limitadas en comparación con las zonas receptoras, como víctimas de quemaduras o pacientes con alopecias cicatriciales.
Hariri et al. (91).	Estudio Experimental Avanzado	Regiones de baja, media y alta densidad folicular	Evaluar la utilidad de la imagen fotoacústica para medir la densidad folicular y ángulos subdérmicos	-Densidad folicular. -Ángulos foliculares -Correlación con métodos fotográficos	Se estudió la imagen fotoacústica como método no invasivo para evaluar folículos pilosos. La técnica detectó con precisión su densidad y orientación, incluso en zonas donde no son visibles, mediante imágenes 2D y 3D.	La imagenología fotoacústica se presenta como una herramienta prometedora para la planificación y evaluación de procedimientos de trasplante capilar, al proporcionar información detallada sobre la densidad y orientación de los folículos pilosos.

Fuente: Elaboración propia basada en los estudios incluidos en la revisión sistemática

4.2 Descripción de resultados

El análisis de los estudios seleccionados permitió identificar hallazgos relevantes sobre las implicaciones del estrés oxidativo, la inflamación y otras variables relacionadas con la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante técnicas como FUE y FUT. Estos resultados se organizan según las categorías metodológicas de los estudios incluidos.

4.2.1 Estudios Experimentales

En un estudio experimental, Keshavarzi et al. (82). evaluaron el efecto protector del ácido valproico VPA y/o RAPA en células madre derivadas de folículos pilosos sometidas a privación de oxígeno, glucosa y suero. Los resultados mostraron que tanto VPA como RAPA redujeron significativamente la producción de ROS y MDA, mejorando la viabilidad celular. Además, estos tratamientos activaron la vía Nrf2, aumentando la actividad de enzimas antioxidantes como NQO1 y GPx, así como los niveles de glutatión. También se observó un aumento en la expresión de factores paracrinos como VEGF y BDNF, lo que sugiere un potencial terapéutico para mejorar la eficiencia del trasplante capilar.

Por otro lado, Haslam et al. (83) investigaron el papel de la activación de Nrf2 en la protección contra el estrés oxidativo inducido por H₂O₂ o menadiona en folículos pilosos humanos. La activación de Nrf2 redujo significativamente los niveles de ROS y la peroxidación lipídica asociada, previniendo la inhibición prematura del crecimiento capilar y la apoptosis de queratinocitos matriciales inducida por el estrés oxidativo. Estos hallazgos destacan la importancia de Nrf2 como un regulador clave en la protección de los folículos pilosos contra el daño redox.

4.2.2 Ensayos Clínicos Controlados Aleatorios

En un ensayo clínico controlado aleatorio, Guo et al. (84) evaluaron la eficacia del HFMT en la cicatrización de heridas y la reducción de complicaciones postoperatorias tras FUE. Los sitios donantes tratados con HFMT presentaron una mayor tasa de cierre de heridas en el tercer día postoperatorio en comparación con los tratados con mupirocina. Además, los puntajes de dolor y prurito fueron consistentemente más bajos en los sitios tratados con HFMT, lo que sugiere su utilidad para mejorar los resultados postoperatorios.

En otro estudio, Elariny et al. (85) compararon la eficacia de FUE con y sin PRP en pacientes con alopecia cicatricial. Aunque ambos grupos mostraron un aumento significativo en la supervivencia folicular a los 3, 6 y 12 meses, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en ningún momento del seguimiento, lo que indica que el PRP no tuvo un impacto significativo en la supervivencia de los injertos capilares en este contexto.

4.2.3 Estudios Clínicos Prospectivos y Comparativos

Xue et al. (86) evaluaron los resultados del tratamiento combinado de láser fraccional de CO₂ y FUE en pacientes con cicatrices y defectos postraumáticos en las cejas. A los 6 y 12 meses postoperatorios, la tasa de supervivencia folicular fue significativamente mayor en el grupo experimental (láser + FUE) en comparación con el grupo control (solo FUE). Además, los pacientes del grupo control presentaron mayor asimetría postoperatoria y desarrollo de cabello rizado.

Navarro et al. (87) evaluaron la seguridad y eficacia clínica de la tecnología de PRGF como terapia adyuvante en FUE. Los injertos preservados con PRGF mostraron señales de bioactividad más altas y una mejora en la integridad de las estructuras perifoliculares, además de reducir el período de cicatrización postquirúrgica y disminuir el dolor y el prurito inflamatorio.

4.2.4 Estudios Observacionales

Mohmand & Ahmad (88) evaluaron el impacto de FUE en la densidad capilar del área donante en 10 pacientes masculinos. Se extrajo un promedio del 35.44% de la densidad total del área donante, con una relación injerto-pelo de 1:2.3. Los autores concluyeron que, dado que la densidad donante varía entre individuos, la técnica FUE debe realizarse con precaución para evitar la sobreexplotación del área donante.

4.2.5 Estudios Experimentales Controlados Aleatorios

Fan et al. (89) investigaron el efecto de la desepitelización en la supervivencia de los injertos tras FUE. No se observaron diferencias significativas en la elongación del tallo capilar ni en la tasa de supervivencia folicular entre los grupos de desepitelización y control. Sin embargo, la satisfacción cosmética inmediata fue significativamente mayor en el grupo de desepitelización, lo que sugiere un beneficio estético sin comprometer la viabilidad de los injertos.

4.2.6 Estudios Experimentales Avanzados

Gho & Neumann (90) exploraron la técnica de trasplante de unidades foliculares longitudinales parciales (PL-FUT), que permite multiplicar folículos pilosos in vivo mientras preserva el área donante. Esta técnica podría ser especialmente útil en pacientes con áreas donantes limitadas, como víctimas de quemaduras o casos de alopecia cicatricial frontal fibrosante.

Hariri et al. (91) introdujeron la imagen fotoacústica como una herramienta no invasiva para medir la densidad folicular y los ángulos subdérmicos. Los resultados mostraron una alta correlación ($R^2 = 0.96$) entre las mediciones fotoacústicas y las determinaciones fotográficas tradicionales, además de permitir medir ángulos foliculares subdérmicos, un parámetro clave para minimizar las tasas de transección en FUE.

5. DISCUSIÓN

El análisis de los estudios seleccionados permite reflexionar críticamente sobre las implicaciones del estrés oxidativo, la inflamación y otras variables en la viabilidad de los injertos capilares trasplantados mediante técnicas como FUE y FUT. Además, se exploran innovaciones tecnológicas y el manejo postoperatorio, con el objetivo de determinar qué técnica o estrategia es más eficaz para optimizar los resultados clínicos.

Los hallazgos de esta revisión sistemática respaldan de manera consistente la hipótesis principal, que plantea que la implementación de estrategias complementarias como el uso de PRGF, el láser fraccional de CO₂ y agentes antioxidantes, contribuye significativamente a reducir el estrés oxidativo y la inflamación en injertos capilares trasplantados mediante las técnicas FUE y FUT, mejorando su viabilidad y supervivencia a largo plazo. Esta hipótesis se fundamenta en la comprensión de que tanto el estrés oxidativo como la inflamación son procesos fisiopatológicos críticos que pueden comprometer la integridad celular del folículo piloso durante el trasplante, afectando directamente su capacidad de integración y crecimiento en el lecho receptor.

El trabajo de Navarro et al. (87) demostró que la aplicación de PRGF en combinación con la técnica FUE no solo redujo los signos inflamatorios locales y el tiempo de cicatrización, sino que también favoreció una mayor supervivencia folicular. Este hallazgo es consistente con el mecanismo propuesto, ya que la presencia de factores bioactivos en el PRGF promueve la angiogénesis, modula la expresión de citoquinas proinflamatorias y estimula la regeneración tisular, creando un entorno más favorable para la integración del injerto.

De manera similar, el estudio de Xue et al. (86) señaló que la combinación de láser fraccional de CO₂ con FUE permitió una mejor definición estética en trasplantes de cejas postraumáticas, incrementando la tasa de supervivencia de los injertos y reduciendo la asimetría. Esta sinergia técnica-tecnológica refuerza la idea de que la optimización del entorno tisular, antes y después del trasplante, permite amortiguar los efectos deletéreos del daño quirúrgico sobre el injerto.

En cuanto a la hipótesis secundaria, que sugiere que el estrés oxidativo inducido por factores como el H₂O₂ o la privación de oxígeno puede afectar negativamente la viabilidad folicular, los estudios de Haslam et al. (83) y Keshavarzi et al. (82) aportan evidencia concluyente. Ambos trabajos emplearon modelos *in vitro* para simular condiciones de daño oxidativo en células madre derivadas de folículos pilosos y demostraron que la activación de la vía Nrf2 mediante sulforafano, VPA o rapamicina redujo significativamente la producción de ROS, disminuyó la peroxidación lipídica y la apoptosis celular, y restauró la proliferación. Estos mecanismos de defensa antioxidante endógenos son esenciales para la homeostasis celular, lo cual respalda la relevancia de incluir intervenciones bioquímicas en los protocolos pre y postoperatorios del trasplante capilar.

Por otro lado, la hipótesis secundaria que plantea que la técnica FUE genera menor estrés oxidativo que FUT fue parcialmente respaldada. Aunque FUE es menos invasiva y evita cicatrices visibles, como evidencian Mohmand & Ahmad (88), también implica una mayor manipulación individual de los folículos y una exposición más prolongada al ambiente extracorpóreo,

lo que podría incrementar la vulnerabilidad oxidativa si no se emplean medidas de conservación eficaces. Por tanto, la superioridad de FUE en términos de viabilidad folicular no es absoluta y debe considerarse en función de variables como la densidad folicular donante, el tipo de alopecia y el equipo quirúrgico disponible.

En consecuencia, la hipótesis secundaria que sugiere que el uso de HFMT mejora la cicatrización y reduce las complicaciones postoperatorias también encontró apoyo en el estudio de Guo et al. (84), donde se observó una reducción significativa en el dolor, el prurito y el tiempo de cierre de heridas tras el uso de HFMT en pacientes sometidos a FUE. Esto implica una mejora no solo en la experiencia del paciente, sino también en la calidad del injerto y en su integración morfofuncional.

Los resultados de esta revisión se encuentran en estrecha concordancia con la literatura científica actual, que identifica al estrés oxidativo y la inflamación como principales enemigos de la viabilidad de los injertos capilares. El fenómeno de isquemia-reperfusión que ocurre durante el tiempo extracorpóreo del folículo genera un pico en la producción de ROS, afectando la función mitocondrial y provocando daños en membranas celulares, proteínas y ADN (92,93). Esta cadena de eventos desencadena una respuesta inflamatoria exacerbada que compromete la revascularización de los folículos implantados y su integración en el lecho receptor. Esta respuesta ha sido ampliamente documentada en la literatura científica, que señala que el exceso ROS activa vías proapoptóticas y mecanismos de daño estructural en las membranas celulares, disminuyendo significativamente la tasa de supervivencia folicular (94). Estudios recientes destacan la relevancia de estrategias antioxidantes como la activación de la vía Nrf2, la incorporación de soluciones de conservación enriquecidas y el empleo de tecnologías asistidas como NeoGraft®, que permiten reducir el tiempo de isquemia y la manipulación del injerto (31,68). En conjunto, estas medidas favorecen un entorno bioquímico más estable que incrementa la viabilidad del trasplante capilar, situando al abordaje multimodal como el estándar más prometedor frente al impacto del estrés oxidativo e inflamación en la práctica clínica contemporánea (83).

El papel de la vía Nrf2 como regulador maestro de la defensa antioxidante ha sido extensamente documentado en investigaciones oncológicas, dermatológicas y neurodegenerativas. Su extrapolación al ámbito del trasplante capilar representa una innovación prometedora (31). En este sentido, el uso de compuestos bioactivos como sulforafano o curcumina, así como el preacondicionamiento farmacológico con VPA. El estudio de Keshavarzi et al (82). Mostró que tanto VPA como RAPA redujeron significativamente la producción de ROS y MDA, mejorando la viabilidad celular. Estos estudios resaltan la importancia de implementar intervenciones antioxidantes para mitigar el impacto negativo del estrés oxidativo en los injertos trasplantados

En cuanto a las técnicas quirúrgicas, el análisis comparativo entre FUE y FUT ha sido objeto de numerosos estudios observacionales y ensayos clínicos. Aunque FUE ha ganado popularidad por su perfil estético favorable, su ejecución técnica requiere una curva de aprendizaje más exigente y una mayor inversión de tiempo quirúrgico (39). Los estudios incluidos en esta revisión confirman que la tasa de transección folicular puede ser mayor en manos inexpertas y

que una extracción superior al 35.44% de la densidad total puede comprometer significativamente la apariencia del área donante. Esto subraya la necesidad de personalizar la técnica quirúrgica según las características individuales del paciente (88).

Xue et al. (86) destacaron la importancia de combinar FUE con terapias complementarias, como el láser fraccional de CO₂, para mejorar los resultados en pacientes con cicatrices post-traumáticas en las cejas. Su estudio mostró que esta combinación no solo aumentó la tasa de supervivencia folicular, sino que también logró un diseño más definido de las cejas. Esto subraya la necesidad de adaptar el manejo postoperatorio según las características específicas del paciente y el tipo de injerto.

El manejo postoperatorio es crucial para garantizar la supervivencia de los injertos trasplantados y minimizar complicaciones. Navarro et al. (87) evaluaron el uso PRGF como adyuvante en FUE. Sus resultados mostraron que el PRGF no solo redujo el período de cicatrización y fijación del cabello, sino que también disminuyó el dolor y el prurito inflamatorio. Sin embargo, Elariny et al. (85) no encontraron diferencias significativas en la tasa de supervivencia folicular entre pacientes tratados con FUE sola y aquellos tratados con FUE y PRP. Esto sugiere que el papel del PRP en el manejo postoperatorio sigue siendo controvertido y requiere más investigación.

El progreso tecnológico ha permitido que el trasplante capilar evolucione desde una técnica exclusivamente quirúrgica hacia un enfoque integral que incorpora herramientas diagnósticas, métodos de conservación tisular y dispositivos de implantación altamente precisos. Este avance tiene una repercusión directa en la reducción del estrés oxidativo y la inflamación, optimizando la viabilidad de los injertos (47).

Una de las innovaciones más prometedoras es la imagen fotoacústica, que combina ultrasonidos con espectroscopia óptica para generar imágenes tridimensionales de alta resolución del folículo piloso y su entorno subdérmico (73). Hariri et al. (91) demostraron que esta técnica permite identificar con precisión la orientación folicular y la densidad capilar, lo cual resulta crucial para minimizar la tasa de transección durante la extracción con FUE.

Además, los microtejidos derivados de folículos pilosos HFMT han abierto una nueva vía de regeneración tisular. Guo et al. (84) reportaron que el uso de HFMT aceleró el cierre de heridas en el área donante, disminuyó el dolor y el prurito postoperatorio y mejoró la integración de los injertos. Sin embargo, la técnica PL-FUT propuesta por Gho & Neumann (90) podría ser más adecuada para pacientes con áreas donantes limitadas.

También cabe mencionar tecnologías semiautomatizadas como NeoGraft®, que mejoran la uniformidad y velocidad del implante de unidades foliculares, reduciendo la manipulación directa de los injertos (68,69).

Estas innovaciones no solo optimizan los resultados clínicos en términos de densidad y estética capilar, sino que además contribuyen activamente a reducir los factores fisiopatológicos que comprometen la supervivencia de los injertos.

5.1. Relevancia clínica y recomendaciones

La integración de estrategias antioxidantes, antiinflamatorias y tecnológicas en el abordaje del trasplante capilar no solo representa un avance en términos teóricos, sino que tiene profundas implicaciones clínicas.

1. Individualización del abordaje quirúrgico, la elección entre las técnicas FUE y FUT debe basarse en un análisis detallado de las características del paciente.

2. Se recomienda el empleo de soluciones antioxidantes durante la conservación de los injertos.

3. En contextos experimentales, la activación de la vía Nrf2, como modulación farmacológica del estrés oxidativo se postula como una estrategia emergente.

4. Aplicación de PRGF y terapias complementarias, valorado su uso especialmente en procedimientos complejos o cicatriciales.

5. Seguimiento del postoperatorio interviniendo si hubiera inflamación o infección en el injerto o zona donante y realizar a cada paciente documentación fotográfica sistemática.

El abordaje del trasplante capilar debe evolucionar hacia una medicina basada en la evidencia y centrada en el paciente.

5.2. Limitaciones de la revisión

A pesar del riguroso protocolo metodológico aplicado en esta revisión, es importante reconocer ciertas limitaciones.

En primer lugar, la heterogeneidad de los estudios incluidos impide la realización de un metaanálisis. Además, algunos estudios presentan riesgo moderado o alto de sesgo.

Otra limitación es la falta de estandarización en protocolos de intervención, especialmente con PRP/PRGF. También destaca la escasez de estudios en humanos sobre activación de Nrf2.

Finalmente, se limitaron los idiomas a español e inglés y el rango temporal a 2013-2024, lo que pudo excluir literatura relevante.

5.3. Implicaciones futuras

Los hallazgos de esta revisión sistemática indican que es necesario desarrollar nuevas líneas de investigación.

Primero, se requieren ensayos clínicos aleatorizados y multicéntricos con biomarcadores moleculares que evalúen intervenciones como PRGF, antioxidantes y activadores de Nrf2.

Segundo, se debe validar en clínica el uso de tecnologías como la imagen fotoacústica y los sistemas automatizados de implantación.

Tercero, es clave explorar nuevas estrategias farmacológicas y epigenéticas que protejan los injertos capilares antes de su implantación.

Por último, se propone un enfoque interdisciplinar que combine cirugía, farmacología, bioingeniería y atención personalizada.

6. CONCLUSIONES

El trasplante capilar ha experimentado importantes avances en los últimos años gracias al desarrollo de técnicas quirúrgicas innovadoras, estrategias antiinflamatorias y antioxidantes, y tecnologías complementarias. Esta revisión ha demostrado que tanto la inflamación como el estrés oxidativo son factores clave en la supervivencia de los injertos capilares trasplantados mediante FUE y FUT.

En consonancia con los objetivos específicos planteados, esta revisión sistemática permite extraer las siguientes conclusiones:

1. Se constató que tanto la técnica FUE como la FUT provocan estrés oxidativo e inflamación en los injertos capilares, aunque con perfiles fisiológicos distintos. FUE, al ser menos invasiva, presenta menor inflamación visible, pero implica una mayor manipulación de cada folículo y un tiempo extracorpóreo prolongado, lo que aumenta el riesgo de daño oxidativo si no se utilizan técnicas de preservación adecuadas. Por su parte, la técnica FUT, aunque más agresiva quirúrgicamente, ofrece ventajas en cuanto a menor exposición ambiental de los injertos y mayor densidad folicular en una sola sesión, lo que puede contribuir a reducir el daño oxidativo acumulado.

2. La evidencia recopilada no permite establecer una eficacia absoluta de la técnica FUE frente a la FUT en términos de reducción de estrés oxidativo o inflamación. Sin embargo, FUE se asocia a mejores resultados estéticos postoperatorios y menor visibilidad de cicatrices, siendo preferida en contextos donde la minimización del trauma dérmico y la recuperación rápida son prioritarias. La eficacia de FUE depende en gran medida de la experiencia del cirujano, el manejo intraoperatorio de los injertos y la adopción de medidas complementarias para preservar su viabilidad.

3. Se identificaron múltiples estrategias basadas en evidencia científica que han demostrado mejorar la viabilidad folicular tras el trasplante capilar. Entre ellas destacan la aplicación de plasma rico en factores de crecimiento PRGF, el uso de microtejidos dérmicos, la activación de la vía antioxidante Nrf2 mediante compuestos como el sulforafano o el ácido valproico, y la implementación de tecnologías como el láser fraccional de CO₂. Asimismo, el uso de soluciones antioxidantes durante la conservación de los injertos y la administración de antioxidantes sistémicos postoperatorios se presentan como medidas eficaces y de bajo coste.

4. En conjunto, los resultados de esta revisión sistemática permiten concluir que el estrés oxidativo y la inflamación son determinantes críticos en la supervivencia y funcionalidad de los injertos capilares trasplantados mediante técnicas FUE y FUT. La implementación de estrategias complementarias quirúrgicas, farmacológicas y tecnológicas como el PRGF, la activación de Nrf2, el uso de soluciones antioxidantes y la reducción del tiempo de isquemia optimiza significativamente los resultados clínicos. Estos hallazgos sustentan la necesidad de adoptar un enfoque individualizado, multimodal y basado en la evidencia para mejorar los cuidados postoperatorios en trasplantes capilares, alineándose con los principios de la medicina regenerativa y de precisión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Trüeb RM. Molecular mechanisms of androgenetic alopecia. *Exp Gerontol*. 2002;37(8-9):981-90.
2. Bolognia JL, Schaffer JV, Cerroni L. *Dermatología: principales diagnósticos y tratamientos*. 2º edición. Vol. 1. Madrid, España: Elsevier Health Sciences; 2022. 474 p.
3. Kato A, Silva A da. *Medicine against Hair Loss: Current and future Therapies for Alopecia*. Treasure Island, Florida, Estados Unidos: BoD – Books on Demand; 2024. 145 p.
4. Kinde MZ, Mekuria TA, Gessese AT, Mengistu BA. Molecular Mechanisms of Hair Follicle Development. *ScientificWorldJournal*. 2024;2024:5259055.
5. Restrepo R. Anatomía microscópica del folículo piloso. *Rev Asoc Colomb Dermatol Cir Dermatológica*. 2010;18(3):123-38.
6. Matsumura H, Mohri Y, Binh NT, Morinaga H, Fukuda M, Ito M, et al. Hair follicle aging is driven by transepidermal elimination of stem cells via COL17A1 proteolysis. *Science*. 2016;351(6273):aad4395.
7. Lacueva Modrego L, Ferrando Barberá J. Alopecias: orientación diagnóstica, clínica y terapéutica. *Med Integral*. 2000;35(2):54-71.
8. Messenger AG. Alopecia Areata. *N Engl J Med*. 2012;367(3):279-80.
9. Malkud S. Telogen Effluvium: A Review. *J Clin Diagn Res JCDR*. 2015;9(9):WE01-03.
10. Tietze JK, Heppt MV, Von Preußen A, Wolf U, Ruzicka T, Wolff H, et al. Oral isotretinoin as the most effective treatment in folliculitis decalvans: a retrospective comparison of different treatment regimens in 28 patients. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2015;29(9):1816-21.
11. Sawaya ME, Price VH. Different levels of 5 α -reductase type I and II, aromatase, and androgen receptor in hair follicles of women and men with androgenetic alopecia. *J Invest Dermatol*. 1997;109(3):296-300.
12. Kanti V, Messenger A, Dobos G, Reygagne P, Finner A, Blumeyer A, et al. Evidence-based (S3) guideline for the treatment of androgenetic alopecia in women and in men - short version. *J Eur Acad Dermatol Venereol JEADV*. 2018;32(1):11-22.
13. Gupta AK, Charrette A. The efficacy and safety of 5 α -reductase inhibitors in androgenetic alopecia: a network meta-analysis and benefit-risk assessment of finasteride and dutasteride. *J Dermatol Treat*. 2014;25(2):156-61.
14. Unger WP, Shapiro R, Unger R, Unger M, editores. *Hair Transplantation*. 5.ª ed. Boca Raton: CRC Press; 2010. 554 p. (Series in Cosmetic and Laser Therapy; vol. 1).
15. Jiménez-Acosta F, Ponce I. Técnica actual del trasplante de pelo de unidades foliculares. *Actas Dermo-Sifiliográficas*. 2010;101(4):291-306.
16. Josephitis D, Shapiro R. FUT vs. FUE Graft Survival: A Side-by-Side Study of 3 Patients Undergoing a Routine 2,000+ Graft Hair Transplantation. *Hair Transpl Forum Int*. 2018;28(5):179-82.

17. Jiménez-Acosta F, Ponce-Rodríguez I. Actualización del método Follicular Unit Extraction (FUE) del trasplante de pelo. *Actas Dermo-Sifiliográficas*. 2017;108(6):532-7.
18. Cooley JE, Finner A, Gambino V, Radwanski H, Unger R. Clinical Practice Guidelines for Follicular Unit Transplantation (FUT): Developed by the International Society of Hair Restoration Surgery FUT Guidelines Task Force. *Hair Transpl Forum Int*. 2024;34(6):197-204.
19. Pathomvanich D. Hair Restoration Surgery in Asians. En: Pathomvanich D, Imagawa K, editores. *Hair Restoration Surgery in Asians*. Tokyo: Springer Japan; 2010. p. 185-8.
20. Du F, Li J, Zhang S, Zeng X, Nie J, Li Z. Oxidative stress in hair follicle development and hair growth: Signalling pathways, intervening mechanisms and potential of natural antioxidants. *J Cell Mol Med*. 2024;28(12):e18486.
21. López-Bago A, González Reyes RE, Ruíz Santana JE, Rivera Jiménez J, López-Bago A, González Reyes RE, et al. Inmunidad e inflamación en el proceso quirúrgico. *Rev Fac Med México*. 2018;61(4):7-15.
22. Xiao T, Yan Z, Xiao S, Xia Y. Proinflammatory cytokines regulate epidermal stem cells in wound epithelialization. *Stem Cell Res Ther*. 2020;11(1):232.
23. Anderson Tvedt TH, Ersvaer E, Aune Tveita A, Bruserud O. *Frontiers | Interleukin-6 in Allogeneic Stem Cell Transplantation: Its Possible Importance for Immunoregulation and As a Therapeutic Target*. 2017.
24. Shen H, Goldstein DR. IL-6 and TNF- α Synergistically Inhibit Allograft Acceptance. *J Am Soc Nephrol JASN*. 2009;20(5):1032-40.
25. Kaiser MA, Ferrari LM, Gaumond SI, Issa N, Jimenez JJ, Issa NT. Platelet Rich Plasma Combination Therapies for Treatment of Androgenetic Alopecia: A Systematic Review. *J Cutan Aesthetic Surg*. 2023;16(3):169-77.
26. Senet P. Fisiología de la cicatrización cutánea. *EMC - Dermatol*. 2008;42(1):1-10.
27. Feily A, Seifi V, Ramirez-Fort MK. Fractional CO2 Laser Pretreatment to Autologous Hair Transplantation and Phototherapy Improves Perifollicular Repigmentation in Refractory Vitiligo: A Randomized, Prospective, Half-Lesion, Comparative Study. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. 2016;42(9):1082-8.
28. Preiser JC. Oxidative stress. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2012;36(2):147-54.
29. Ngo V, Duennwald ML. Nrf2 and Oxidative Stress: A General Overview of Mechanisms and Implications in Human Disease. *Antioxid Basel Switz*. 2022;11(12):2345.
30. Pascual PP. Estudio de la muerte celular. *Barc Univ Autònoma Barc Fac Med Dep Bioquímica Biol Mol*. 2024;1(1):73.
31. Li D, Zhao H, Cui ZK, Tian G. The Role of Nrf2 in Hearing Loss. *Front Pharmacol*. 2021;12.
32. Pontes LT, Ruston A. Trasplante de cabello mediante la técnica FUE: ¿cómo lo hago? *Surg Cosmet Dermatol*. 2022;14, e20220128, 2022(2):123-30.

33. Sanabria B, Fachini GH, Ramos PM. Androgenetic alopecia: Hair transplantation surgery update. *Dermatol Rev.* 2021;2(3):122-8.
34. Trüeb RM, Dias MFRG. Alopecia Areata: a Comprehensive Review of Pathogenesis and Management. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2018;54(1):68-87.
35. Wang F, Chen Y, Yang C, Li C, Zhang H, He J, et al. Using the follicular unit extraction technique in treatment of male androgenetic alopecia. *BMC Surg.* 2024;24(1):358.
36. Anastassakis K. Paradigm Shift from Linear Strip to Follicular Unit Excision in Hair Restoration Surgery. *Facial Plast Surg FPS.* 2024;40(2):129-45.
37. Pathomvanich D, Wong J. FUT Fights Back. *Hair Transpl Forum Int.* 2015;25(5):177-87.
38. Ahmad M, Mohmand MH. Effect of surgeon's workload on rate of transection during follicular unit excision/extraction (FUE). *J Cosmet Dermatol.* 2020;19(3):720-4.
39. Kerure AS, Deshmukh N, Agrawal S, Patwardhan NG. Follicular Unit Extraction [FUE] - One Procedure, Many Uses. *Indian Dermatol Online J.* 2021;12(3):381-8.
40. Memon R, Avram M. The pros and cons of follicular unit extraction (FUE) versus elliptical donor harvesting (FUT). *J Cosmet Laser Ther Off Publ Eur Soc Laser Dermatol.* 2022;24(6-8):63-5.
41. Ergün SS, Sahinoğlu K. Eyebrow transplantation. *Ann Plast Surg.* 2003;51(6):584-6.
42. Rouso DE, Presti PM. Follicular Unit Transplantation. *Facial Plast Surg.* 2008;24:381-8.
43. Villodres Ramos E, Fischer C, Mir Bonafe JM. Novedades en el trasplante de pelo. *Piel.* 2017;32(8):510-9.
44. Gho CG, Neumann HAM. Improved hair restoration method for burns. *Burns.* 2011;37(3):427-33.
45. Trüeb RM. Oxidative stress in ageing of hair. *Int J Trichology.* 2009;1(1):6-14.
46. Parsley W, Perez-Meza D. Review of factors affecting the growth and survival of follicular grafts. *J Cutan Aesthetic Surg.* 2010;3(2):69.
47. Farjo B, Farjo N. Modern Techniques in Hair Transplantation. En: *Techniques in the Evaluation and Management of Hair Diseases.* 1.^a ed. Boca Raton: CRC Press; 2021. p. 222.
48. Basso FG, Pansani TN, Turrioni APS, Soares DG, de Souza Costa CA, Hebling J. Tumor Necrosis Factor- α and Interleukin (IL)-1 β , IL-6, and IL-8 Impair In Vitro Migration and Induce Apoptosis of Gingival Fibroblasts and Epithelial Cells, Delaying Wound Healing. *J Periodontol.* 2016;87(8):990-6.
49. Waśkiel-Burnat A, Osińska M, Salińska A, Blicharz L, Goldust M, Olszewska M, et al. The Role of Serum Th1, Th2, and Th17 Cytokines in Patients with Alopecia Areata: Clinical Implications. *Cells.* 2021;10(12):3397.

50. Goldberg MT, Han YP, Yan C, Shaw MC, Garner WL. TNF- α Suppresses α -Smooth Muscle Actin Expression in Human Dermal Fibroblasts: An Implication for Abnormal Wound Healing. *J Invest Dermatol*. 2007;127(11):2645-55.
51. Romana-Souza B, Santos JSD, Bandeira LG, Monte-Alto-Costa A. Selective inhibition of COX-2 improves cutaneous wound healing of pressure ulcers in mice through reduction of iNOS expression. *Life Sci*. 2016;153:82-92.
52. Zhou Y, Zhang J, Fan Z, Hu Z, Miao Y. Evaluation of a Novel Graft-Holding Solution in Hair Transplantation: A Randomized Controlled Clinical Study. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. 2023;49(7):675-81.
53. Cardona G D, Nieto R, L, Guerra T. Síndrome de isquemia-reperfusión en microcirugía. *Editor Pontif Univ Javer*. 2023;64(1,2023).
54. Ughetto A, Roubille F, Molina A, Battistella P, Gaudard P, Demaria R, et al. Heart graft preservation technics and limits: an update and perspectives. *Front Cardiovasc Med*. 2023;10.
55. Zhu X, Yuan W, Li Z, Lin Y, Li W, Ji L, et al. Progress of Research on Antioxidants and Carriers for Skin Wound Repair. *Processes*. 2023;11(7):2069.
56. Salehi MS, Changiz Khani F, Ansari S, Mokhtari MJ, Dara M, Bayat M, et al. Hypoxic Preconditioning Prevents Oxidative Stress-Induced Cell Death in Human Hair Follicle Stem Cells. *Iran J Biotechnol*. 2024;22(3):e3888.
57. Jadkauskaite L, Coulombe PA, Schäfer M, Dinkova-Kostova AT, Paus R, Haslam IS. Oxidative stress management in the hair follicle: Could targeting NRF2 counter age-related hair disorders and beyond? *BioEssays*. 2017;39(8):1700029.
58. Zito PM, Raggio BS. Hair Transplantation. En: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
59. Zolfaghari M, Barzegar M, Amiri V, Allahbakhshian Farsani M, Jesri S, Kiani Harchegani A, et al. Standardization of Plasma Rich in Growth Factors (PRGF) and its effects on androgenic hair loss. *J Cosmet Laser Ther Off Publ Eur Soc Laser Dermatol*. 2020;22(1):31-7.
60. Jansen TM, Janßen S, Bölke E, Homey B, Hoff NP. Hair follicle punch grafts in hard-to-heal wounds: A monocenter study and patient survey. *Health Sci Rep*. 2024;7(8):e2319.
61. Green PM. Enhancing Donor Area Regrowth and Graft Survival in Follicular Unit Extraction (FUE) Hair Transplantation through Partial Transection of Dermal Papilla Stem Cells and Adjunct PRP/PRF Therapy. 2471-9323. 2024;10:05, 2024.
62. Abdelhakim AK, Maher A, Darwish AMAA, Abdel Sattar N, Kamel I, Abd Elwahab SAE. Follicular unit extraction (FUE) with and without Platelet Rich Plasma for treatment of limited defects of cicatricial alopecia. *Ain Shams Med J*. 2022;73(2):377-89.
63. Anitua E, Pino A, Martinez N, Orive G, Berridi D. The Effect of Plasma Rich in Growth Factors on Pattern Hair Loss: A Pilot Study. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. 2017;43(5):658-70.

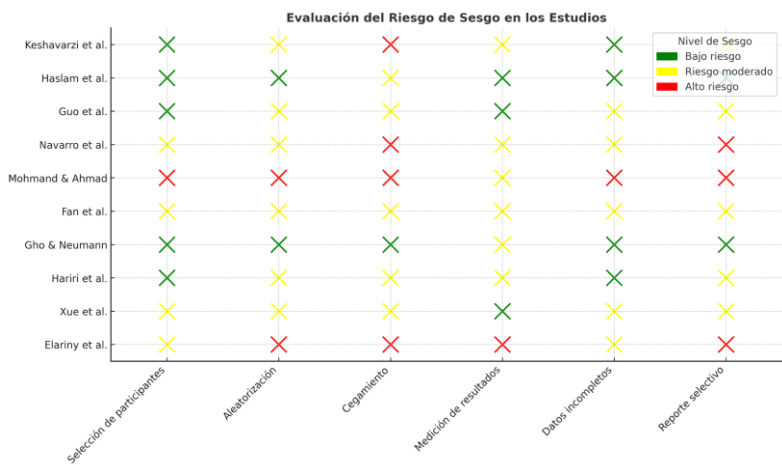
64. Anitua E, Pino A, Azkargorta M, Elortza F, Prado R. High-Throughput Proteomic Analysis of Human Dermal Fibroblast Response to Different Blood Derivatives: Autologous Topical Serum Derived from Plasma Rich in Growth Factors (PRGF) versus Leukocyte- and Platelet-Rich Plasma (L-PRP). *Biomolecules*. 2022;12(7):1002.
65. Thiruvengadam M, Venkidasamy B, Subramanian U, Samynathan R, Ali Shariati M, Rebezov M, et al. Bioactive Compounds in Oxidative Stress-Mediated Diseases: Targeting the NRF2/ARE Signaling Pathway and Epigenetic Regulation. *Antioxidants*. 2021;10(12):1859.
66. Álvarez Suriaca X, Jacobovski B, Cajilima Guerrero KA. Impacto de la temperatura en la viabilidad de los injertos capilares durante el trasplante capilar. *Med Estética*. 2024;81:43-51.
67. Zheng H, Liu J, Sun L, Meng Z. The role of N-acetylcysteine in osteogenic microenvironment for bone tissue engineering. *Front Cell Dev Biol*. 2024;12:1435125.
68. Lee JJ. NeoGraft™: My Experience in Asians. En: Pathomvanich D, Imagawa K, editores. *Practical Aspects of Hair Transplantation in Asians*. Tokyo: Springer Japan; 2018. p. 291-8.
69. Gupta A. Microrefined microfollicular hair transplant: a new modification in hair transplant. *Ann Plast Surg*. 2014;73(3):257-65.
70. Khalilzad MA, Mohammadi J, Amirsaadat S, Najafi S, Zare S, Nilforoushzadeh MA, et al. Elevating Dermatology Beyond Aesthetics: Perinatal-Derived Advancements for Rejuvenation, Alopecia Strategies, Scar Therapies, and Progressive Wound Healing. *Stem Cell Rev Rep*. 2025;21(3):709-29.
71. Navarro Calvo JA, García Garrigós JJ, Cebrecos Ruiz A, Marco Jiménez F, Camarena F. Microscopía fotoacústica de bajo coste para imagen no invasiva de enfermedades dermatológicas. *Rev Acústica*. 2024;55(3-4):3-10.
72. Park J, Choi S, Knieling F, Clingman B, Bohndiek S, Wang LV, et al. Clinical translation of photoacoustic imaging. *Nat Rev Bioeng*. 2025;3(3):193-212.
73. Su JL, Wang B, Wilson KE, Bayer CL, Chen YS, Kim S, et al. Advances in Clinical and Biomedical Applications of Photoacoustic Imaging. *Expert Opin Med Diagn*. 2010;4(6):497-510.
74. Rm T. Oxidative stress and its impact on skin, scalp and hair. *Int J Cosmet Sci*. 2021;43 Suppl 1:S9-13.
75. Ministerio de Asuntos Exteriores BA 1973 682. BOE-A-1973-682 Constitución de la Organización Mundial de la Salud, firmada en Nueva York el 22 de julio de 1946. Enmiendas a los artículos 24 y 25 de la Constitución de la Organización Mundial de la Salud, adoptadas en la XII Asamblea, en Ginebra, el 28 de mayo de 1959. 1973.
76. Moran M. Objetivos y metas de desarrollo sostenible- Salud. *Desarrollo Sostenible*. 2015.
77. RoB 2: A revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials | Cochrane Bias. 2008.
78. Escala Newcastle-Ottawa: una visión general | Temas de ScienceDirect.
79. Li L, Asemota I, Liu B, Gomez-Valencia J, Lin L, Arif AW, et al. AMSTAR 2 appraisal of systematic reviews and meta-analyses in the field of heart failure from high-impact journals. *Syst Rev*. 2022;11(1):147.

80. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. 2021;
81. Akl EA, Khabisa J, Iannizzi C, Piechotta V, Kahale LA, Barker JM, et al. Extension of the PRISMA 2020 statement for living systematic reviews (PRISMA-LSR): checklist and explanation. 2024;
82. Keshavarzi F, Salehi MS, Pandamooz S, Zare R, Zamani M, Mostafavi-Pour Z, et al. Valproic acid and/or rapamycin preconditioning protects hair follicle stem cells from oxygen glucose serum deprivation-induced oxidative injury via activating Nrf2 pathway. *Mol Biol Res Commun*. 2024;13(3):103-16.
83. Haslam IS, Jadkauskaite L, Szabó IL, Staeger S, Hesebeck-Brinckmann J, Jenkins G, et al. Oxidative Damage Control in a Human (Mini-) Organ: Nrf2 Activation Protects against Oxidative Stress-Induced Hair Growth Inhibition. *J Invest Dermatol*. 2017;137(2):295-304.
84. Guo Z, Qu Q, Yang L, Zhao Y, Li H, Fu D, et al. A randomized controlled trial on hair follicular-derived microtissue for promoting wound healing and alleviating postoperative complications after hair transplantation. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS*. 2024;96:136-45.
85. Elariny AF, Ghazlan N, Wasief S, Moussa AE, Eldeeb ME. Evaluation of efficacy of follicular unit extraction versus follicular unit extraction with platelet rich plasma in treatment of cicatricial alopecia. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21(11):5931-7.
86. Xue P, Yang Q, Guo L, Yin Y, Dou W, Li T, et al. Follicular unit extraction combined with fractional carbon dioxide laser therapy for post-traumatic eyebrow scar with defects: A prospective and comparative study. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(12):4146-52.
87. Navarro RM, Pino A, Martinez-Andres A, Molina C, Martinez AM, Martinez N, et al. The effect of plasma rich in growth factors combined with follicular unit extraction surgery for the treatment of hair loss: A pilot study. *J Cosmet Dermatol*. 2018;17(5):862-73.
88. Humayun Mohmand M, Ahmad M. Effect of Follicular Unit Extraction on the Donor Area. *World J Plast Surg*. 2018;7(2):193-7.
89. Fan ZX, Liu F, Li KT, Hu ZQ, Miao Y. Effect of De-epithelialization on Graft Survival Rate After Follicular Unit Extraction. *Dermatol Surg Off Publ Am Soc Dermatol Surg Al*. 2021;47(8):1083-6.
90. Gho CG, Neumann HAM. Advances in hair transplantation: longitudinal partial follicular unit transplantation. *Curr Probl Dermatol*. 2015;47:150-7.
91. Hariri A, Moore C, Mantri Y, Jokerst JV. Photoacoustic Imaging as a Tool for Assessing Hair Follicular Organization. *Sensors*. 2020;20(20):5848.
92. Cooley JE. Ischemia-Reperfusion Injury and Graft Storage Solutions. *Int Soc Hair Restor Surg*. 2004;14(4):121-30.
93. Dong TR, Li YJ, Jin SY, Yang FL, Xiong RX, Dai YQ, et al. Progress on mitochondria and hair follicle development in androgenetic alopecia: relationships and therapeutic perspectives. *Stem Cell Res Ther*. 2025;16(1):44.

94. Carvajal Carvajal C. Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. Med Leg Costa Rica. 2019;36(1):91-100.

ANEXOS

Anexo 1. (Imagen 1. Gráfico de sesgo)



A continuación, se presenta un análisis detallado del riesgo de sesgo de cada estudio, basado en seis criterios metodológicos clave:

Criterio	Descripción
Selección de participantes	Evalúa si los participantes fueron seleccionados de manera adecuada y representativa de la población objetivo.
Aleatorización	Analiza si la asignación de los participantes a los grupos de intervención y control fue verdaderamente aleatoria.
Cegamiento	Determina si los participantes, investigadores y evaluadores desconocían la asignación de los grupos para evitar sesgo.
Medición de resultados	Evalúa si las variables de resultado fueron medidas de manera objetiva y con herramientas validadas.
Datos incompletos	Revisa si hubo pérdida de datos significativa, abandonos de participantes o fallos en el seguimiento.
Reporte selectivo	Analiza si se informaron todos los resultados relevantes o si hubo omisión de información clave.

Tabla 13. Riesgo de sesgo

Autor(es)	Resumen	Selección	Aleatorización	Cegamiento	Medición	Datos in-completos	Reporte selectivo	Conclusión
Keshavarzi et al. (82)	VPA y RAPA en células madre							Riesgo moderado
Haslam et al. (83)	Sulforafano y activación de Nrf2							Bajo riesgo
Guo et al. (84)	HFMT en cicatrización post-FUE							Riesgo moderado
Navarro et al. (87)	PRGF en supervivencia post-FUE							Alto riesgo
Mohmand & Ahmad (88)	Impacto FUE en zona donante							Alto riesgo
Fan et al. (89)	Desepitelización y supervivencia							Riesgo moderado
Gho & Neumann (90)	PL-FUT regeneración folicular							Bajo riesgo
Hariri et al. (91)	Imagen fotoacústica y evaluación							Riesgo moderado
Xue et al. (86)	Láser CO ₂ + FUE en cicatrices							Riesgo moderado
Elariny et al. (85)	FUE con/sin PRP en cicatricial							Alto riesgo

LEYENDA:

-  Bajo riesgo de sesgo
-  Riesgo incierto o moderado de sesgo
-  Alto riesgo de sesgo

Keshavarzi et al. (82) Estudio experimental in vitro que evaluó el impacto de la activación de Nrf2 mediante VPA y RAPA en células madre foliculares.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: No aplica en humanos, pero el modelo celular estuvo bien diseñado.
- Aleatorización: No se menciona una asignación aleatoria de tratamientos a las células.
- Cegamiento: No se aplicó cegamiento en la evaluación de resultados.
- Medición de resultados: Se midieron biomarcadores validados, pero faltó información sobre replicabilidad.
- Datos incompletos: No hubo pérdidas de datos.
- Reporte selectivo: No se informaron todos los valores crudos de los biomarcadores.

Conclusión: Riesgo moderado de sesgo por falta de cegamiento y posible reporte selectivo.

Haslam et al. (83) Estudio experimental en folículos pilosos humanos que evaluó el efecto del sulforafano en la activación de Nrf2 y protección contra estrés oxidativo.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Se usaron folículos humanos en cultivo, bien caracterizados.
- Aleatorización: Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a las muestras.
- Cegamiento: No se menciona si los evaluadores estaban cegados.
- Medición de resultados: Se usaron técnicas de medición precisas y validadas.
- Datos incompletos: No hubo pérdidas de datos.
- Reporte selectivo: Se reportaron todos los datos clave.

Conclusión: Bajo riesgo de sesgo en general, aunque el cegamiento podría haber mejorado la confiabilidad.

Guo et al. (84) Ensayo clínico controlado aleatorio sobre la efectividad de HFMT en la cicatrización tras FUE

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Población bien definida con criterios de inclusión y exclusión claros.
- Aleatorización: Se realizó asignación aleatoria, pero sin detalles sobre la ocultación de la secuencia.
- Cegamiento: No se menciona si los evaluadores estaban cegados.
- Medición de resultados: Métodos objetivos (tasa de cierre de heridas, dolor, inflamación).
- Datos incompletos: Algunos participantes fueron excluidos en el seguimiento.
- Reporte selectivo: Algunos datos secundarios no fueron reportados.

Conclusión: Riesgo moderado de sesgo, especialmente por falta de detalles sobre aleatorización y cegamiento.

Navarro et al. (87) Estudio clínico prospectivo sobre el uso de PRGF en la supervivencia folicular tras FUE

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Muestra pequeña, lo que podría afectar la generalización.
- Aleatorización: No hubo aleatorización formal en la asignación de tratamientos.
- Cegamiento: Ni pacientes ni evaluadores estaban cegados.
- Medición de resultados: Variables evaluadas de forma clínica, sin biomarcadores objetivos.
- Datos incompletos: No se informaron pérdidas de seguimiento, pero la muestra fue pequeña.
- Reporte selectivo: No se reportaron algunos desenlaces secundarios.

Conclusión: Alto riesgo de sesgo por falta de cegamiento y reporte incompleto de datos.

Mohmand & Ahmad. (82) Estudio observacional sobre el impacto de FUE en la zona donante.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Muestra pequeña, no aleatoria.
- Aleatorización: No hubo.
- Cegamiento: No hubo.
- Medición de resultados: Se usaron mediciones clínicas, pero sin comparaciones objetivas.
- Datos incompletos: No se detallan abandonos ni seguimiento a largo plazo.
- Reporte selectivo: Falta de datos sobre complicaciones.

Conclusión: Alto riesgo de sesgo, muestra pequeña y falta de control metodológico.

Fan et al . (89) Estudio experimental controlado aleatorio que evaluó el impacto de la despitelización en la supervivencia de injertos capilares con la técnica FUE.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: La muestra fue suficiente, pero no se menciona si hubo criterios estrictos de inclusión/exclusión.
- Aleatorización: Se menciona que los participantes fueron asignados a los grupos, pero sin detallar el método de aleatorización.
- Cegamiento: No se menciona si los evaluadores estaban cegados al procedimiento.
- Medición de resultados: Se evaluó la satisfacción estética y la supervivencia de injertos, pero no con medidas objetivas de regeneración.
- Datos incompletos: No se informa si hubo pérdidas de datos en el seguimiento.
- Reporte selectivo: Se reportan los resultados principales, pero no se mencionan efectos adversos o complicaciones.

Conclusión: Riesgo moderado de sesgo debido a falta de información sobre cegamiento y reporte incompleto de algunos desenlaces.

Gho & Neumann. (84) Estudio experimental avanzado que describe la técnica PL-FUT para la regeneración de folículos capilares en la zona donante.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Estudio teórico-aplicado bien estructurado.
- Aleatorización: No aplica, ya que es un estudio de innovación técnica.
- Cegamiento: No aplica.
- Medición de resultados: Se basa en observaciones clínicas, pero sin ensayos clínicos comparativos.
- Datos incompletos: No hubo pérdidas de datos, ya que se trata de una exploración teórica.
- Reporte selectivo: Se describen todas las implicaciones de la técnica.

Conclusión: Bajo riesgo de sesgo, aunque se requieren estudios clínicos para validar la efectividad de la técnica.

Hariri et al. (91) Estudio experimental sobre la imagen fotoacústica como herramienta para evaluar folículos capilares antes del trasplante.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Se utilizaron muestras de distintas densidades foliculares, bien caracterizadas.
- Aleatorización: No se menciona si se aleatorizaron las muestras.
- Cegamiento: No se especifica si los evaluadores estaban cegados.
- Medición de resultados: Se reporta alta correlación con mediciones fotográficas, pero falta validación clínica.
- Datos incompletos: No se identificaron pérdidas de datos.
- Reporte selectivo: No se reportaron complicaciones o limitaciones del método.

Conclusión: Riesgo moderado de sesgo, principalmente por falta de cegamiento y validación clínica.

Xue et al. (86) Estudio clínico prospectivo comparativo sobre la combinación de láser CO₂ y FUE en pacientes con cicatrices en cejas.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Tamaño muestral reducido (30 pacientes).
- Aleatorización: No se menciona si la asignación a los grupos fue aleatoria.
- Cegamiento: No se menciona cegamiento en la evaluación de los resultados estéticos.
- Medición de resultados: Se evaluaron la supervivencia folicular y la asimetría post-operatoria de manera cuantificable.
- Datos incompletos: No se menciona el seguimiento a largo plazo.
- Reporte selectivo: No se detallan efectos adversos potenciales.

Conclusión: Riesgo moderado de sesgo, aunque los resultados clínicos son prometedores.

Elariny et al. (85) Ensayo clínico controlado aleatorio que comparó FUE con y sin PRP en alopecia cicatricial.

Riesgo de sesgo:

- Selección de participantes: Muestra pequeña (20 pacientes).

- Aleatorización: No se detalla el método de aleatorización ni si se utilizó ocultamiento de la secuencia.
- Cegamiento: No hubo cegamiento de pacientes ni evaluadores.
- Medición de resultados: Se reportan tasas de supervivencia folicular sin biomarcadores adicionales.
- Datos incompletos: No se menciona la tasa de abandono.
- Reporte selectivo: No se detallan posibles efectos adversos del PRP.

Conclusión: Alto riesgo de sesgo, principalmente por falta de aleatorización clara, ausencia de cegamiento y reporte selectivo de resultados.

Anexo 2. Tabla14. Checklist PRISMA 2020 – Revisión Sistemática TFG

Nº	Ítem PRISMA	Kesha- varzi et al.(82)	Has- lam et al.(83)	Guo et al.(84)	Ela- riny et al.(85)	Xue et al.(86)	Nava- rro et al.(87)	Moh- mand & Ah- mad (88)	Fan et al.(89)	Gho & Neu- mann(90)	Hariri et al.(91)
1	Título claro como revisión sistemática	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Resumen estructurado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Justificación del estudio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Objetivos explícitos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Criterios de elegibilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Fuentes de información	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Estrategia de búsqueda	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Proceso de selección de estudios	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Método de extracción de datos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Variables extraídas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	Evaluación del riesgo de sesgo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	Medidas de síntesis	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	Métodos de síntesis estadística	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
14	Análisis de heterogeneidad	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
15	Sesgo de publicación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

16	Certeza de la evidencia	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
17	Estudios seleccionados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	Características de estudios	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19	Resultados individuales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	Síntesis de resultados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	Riesgo de sesgo entre estudios	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
22	Certeza de evidencia presentada	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
23	Discusión general	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	Limitaciones de la evidencia	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
25	Limitaciones del proceso de revisión	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
26	Conclusiones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	Financiamiento y conflictos de interés	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Check verde (El ítem **se cumple completamente** según el contenido del artículo o del TFG). **Triángulo amarillo** (El ítem **se cumple parcialmente** o su cumplimiento **no está claramente descrito**). Puede haber ambigüedad, falta de detalle o ausencia de procedimientos explícitos (por ejemplo, síntesis estadística poco clara o sesgo no evaluado sistemáticamente). **Tache rojo** (El ítem **no se cumple**. No hay información al respecto en el estudio o claramente no se ha considerado).