

Tatuajes y su eliminación por láser

Tattoos and their removal by laser



Castro, T.

Castro, T.*, Vélez, M.**, Trelles, M.A.

Resumen

La eliminación de los tatuajes con buen resultado cosmético ha sido una inquietud mantenida durante siglos. La introducción del tratamiento láser ha supuesto un avance importante de cara a obtener buenos resultados con mínimos efectos secundarios.

En este trabajo se exponen los diferentes tipos de tatuajes con sus características de pigmento, origen, tipos de tratamientos para su eliminación, y entre ellos, la utilización de la tecnología láser, más concretamente de los láseres de emisión en Q-Switch con sus ventajas y limitaciones.

Presentamos también los avances y el futuro de la aplicación del láser en el tratamiento de los tatuajes.

Abstract

Tattoo elimination with optimum cosmetic results is a concern that has always existed. The introduction of laser treatments has represented an important step forward to achieve good results with a minimum of side effects.

This study presents the different types of tattoos with their pigment characteristics, origin, and treatment methods, including the use of laser technology and more specifically those lasers with Q-Switch emission, their advantages and limitations

The evolution and future applications of laser tattoo removal are also outlined in this study.

Palabras clave Tatuaje, Láser,
Láser de emisión,
Q-switch, Pigmentos.

Código numérico 156-141

Key words Tattoo, Laser,
Q-Switch laser,
Pigments.

Numeral Code 156-141

* Dermatólogo.

** Licenciado en Medicina, Biología y Farmacia.

*** Cirujano Plástico.

Instituto Médico Vilafortuny, Cambrils, Tarragona, España.

Introducción

Los tatuajes son una antigua forma de arte cuyos orígenes se remontan hasta la Edad de Piedra (12.000 a. C.) y han mantenido su popularidad a través del tiempo y a través de diversas culturas y en diferentes continentes. Aunque la mayoría de los estudios psicológicos de las personas con tatuajes se han limitado a pacientes psiquiátricos hospitalizados, presos en instituciones correccionales y personal militar, una conclusión común es que de todos los motivos para realizarse un tatuaje, es fundamental la búsqueda de una identidad personal (Fig. 1).

Así pues, si los tatuajes se adquieren con la expectativa interna de lograr la propia identidad a una edad temprana, su eliminación también parece ser una motivación para disociarse del pasado y para mejorar la autoidentidad (1).

Algunas momias egipcias que datan de 4.000 años a.C. muestran evidencia de intentos de eliminación de tatuajes. Entre las referencias más antiguas se encuentran las halladas en las pinturas rupestres de Tassili (Argelia), que reproducen mujeres tatuadas en el tórax y en las mamas. Diferentes civilizaciones han utilizado los tatuajes tanto con fines decorativos como con fines de identificación o marca de clases, oficios o nivel social. La motivación del tatuaje voluntario decorativo, es decir, sin ninguna significación religiosa, cultural, social o étnica, puede ser diversa y sólo la conoce realmente el tatuado.

En los últimos años, el número de personas tatuadas ha aumentado considerablemente (2). En los EE.UU. hasta el 24% de la población está tatuada, mientras que en países europeos como Alemania y el Reino Unido, lo está aproximadamente el 9 y el 12% de la población respectivamente.



Fig. 1. El diseño de los tatuajes lleva implícito una razón familiar afectiva, una búsqueda de identidad del individuo, o pretende conseguir un objetivo estético.

La eliminación de tatuajes puede intentarse o lograrse mediante una gran variedad de procedimientos, algunos de los cuales pueden ser dolorosos, costosos y con efectos adversos.

Por lo que se refiere a los láseres utilizados para la eliminación de tatuajes los más empleados son el Q-switched rubí (694 nm), el Q-switched Alejandrita (755 nm) y el Q-switched Nd-YAG (1064/532). Las investigaciones actuales se centran en los nuevos láseres (picosegundos) como una alternativa para los sistemas Q-switched.

TIPOS DE TATUAJES

La técnica del tatuaje consiste en la inyección intradérmica de micropartículas de pigmento. Estas partículas pueden variar en tamaño, composición y profundidad dérmica. La mayoría de los pigmentos del tatuaje no están aprobados por la FDA, y generalmente, no está claro qué compuestos incluyen las tintas del tatuaje. En general, los pigmentos del tatuaje se componen de compuestos inorgánicos y/o orgánicos, tales como cromo, mercurio, hierro, cobre, carbono y compuestos policíclicos.

Los tatuajes pueden dividirse en 5 categorías: profesionales, *amateurs*, cosméticos, traumáticos, y médicos.

Tatuajes profesionales: son los más comunes (Fig.2). Se emplean en ellos una gran variedad de tintes o pigmentos de distintos tipos, como sales de metales, óxidos o complejos pigmentos orgánicos que son absorbidos por las células fagocitarias. La estabilidad y perdurabilidad en el tiempo de los tatuajes nos indica que la mayor parte de estos fagocitos no migran ni prácticamente se desplazan, lo que implica la conservación del tatuaje durante décadas.

En comparación, los **Tatuajes amateurs** están realizados con pigmentos a base de tinta china, carbón o cenizas (Fig. 3). Es raro ver colores distintos del negro en los tatuajes no profesionales. Dado que están hechos de tinta orgánica, tienden a ser más fáciles de eliminar.

Tatuajes cosméticos: se han hecho cada vez más populares en los últimos años. Se utilizan para mejorar la apa-



Fig. 2. El diseño del tatuaje persigue un simbolismo y, en cierta forma, sigue las directrices del tatuador.



Fig. 3. Los tatuajes *amateurs* por lo general, no tienen la definición ni el estilo artístico de los tatuajes profesionales. No suelen tener capas homogéneas ya que el depósito del pigmento se hace sin ayuda de los sofisticados aparatos de los tatuadores profesionales.



Fig. 4. Los pigmentos de diversos orígenes en los tatuajes pueden conducir a reacciones de hipersensibilidad cutánea y reacciones de tipo cuerpo extraño produciendo edema, prurito y fibrosis, como el caso de este tatuaje que muestra intolerancia al pigmento rojo con elevación del tejido (flechas).

riencia física de las personas (como maquillaje permanente para mejorar las cejas, los labios y los ojos). Sin embargo, en los pigmentos que se utilizan en este tipo de tatuajes puede haber componentes de óxido de titanio y/o óxido de hierro, que pueden sufrir un proceso de oxidación y oscurecerse tomando un color gris o negro (3) (Fig. 4).

Los tatuajes traumáticos: también llamados tatuajes naturales por ser resultado de explosiones o accidentes y los **tatuajes médicos** (marcajes cutáneos con fines terapéuticos) (Fig. 5) son otros tipos menos frecuentes. En Cirugía Plástica-Estética es relativamente frecuente proceder al tatuaje de un área con hipopigmentación o para hacer menos visible determinadas cicatrices (Fig. 6).

Técnicas de eliminación de tatuajes

Durante siglos se han explorado diferentes métodos para la eliminación de los tatuajes. En el 543 d. C., Aetius, un médico griego, describió el primer método de destrucción de los tatuajes: la salabrasión. Otras técnicas un poco más modernas implican la destrucción o eliminación de las capas externas de la piel por métodos mecánicos, químicos, o térmicos, acompañada de inflamación. La eliminación transepidérmica del pigmento se produce a través de la piel durante la fase exudativa. La respuesta inflamatoria también puede promover la actividad de los macrófagos (Fig. 7), con incremento de la fagocitosis que permite la pérdida de pigmento adicional durante la fase de cicatrización (4).

Destrucción mecánica

La **salabrasión** es uno de los métodos más antiguos para la destrucción de tejidos. Consiste en la aplicación

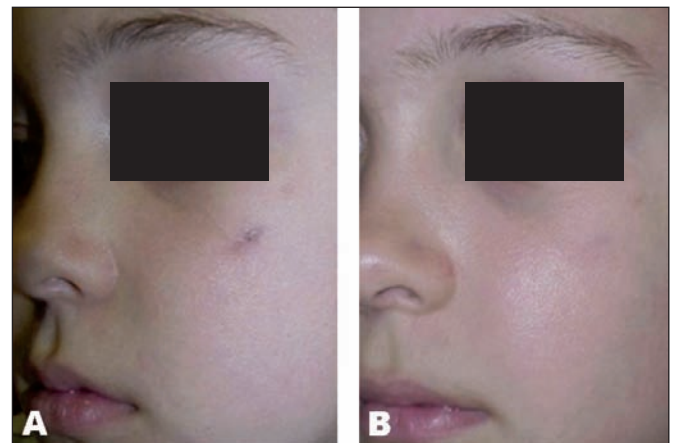


Fig. 5. Tatuaje traumático por abrasión en asfalto durante caída accidental. A) Antes del tratamiento con láser. B) Resultados un mes después de 2 sesiones de tratamiento.

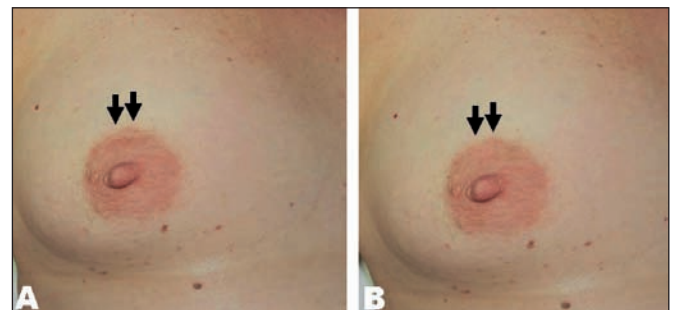


Fig. 6. Discromía en la areola después de intervención quirúrgica para extirpación de modulo mamario. A) Antes del tratamiento. B) Después de la pigmentación cosmética para homogenizar y camuflar el color diferente de la areola (flechas).

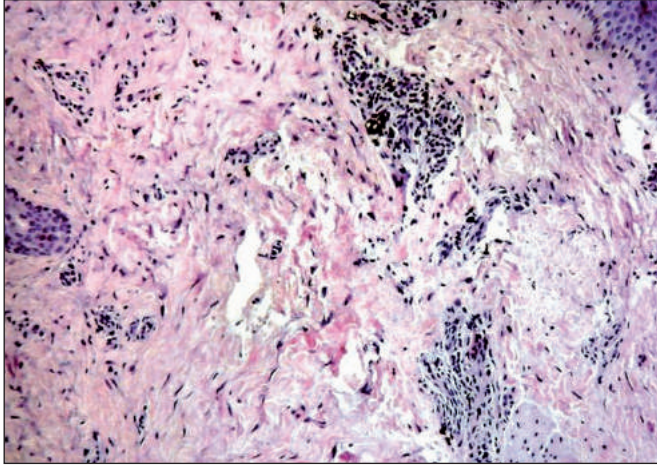


Fig. 7. Piel (microscopía x 100 HE/EO); reacción inflamatoria con presencia abundante de polimorfonucleares y activa fagocitosis después de tratamiento con láser para eliminación de tatuaje.

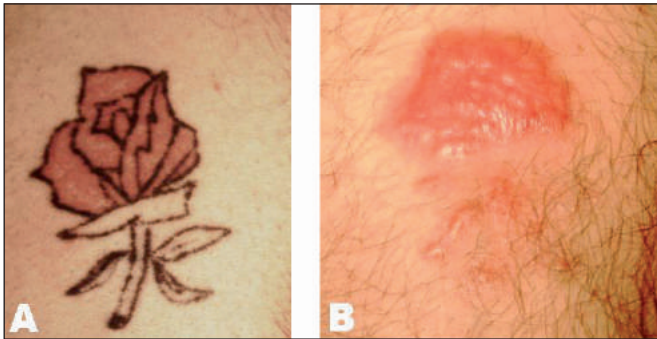


Fig. 8. A y B muestran imágenes antes y después de la eliminación de un tatuaje por salabrasión. Este método artesanal deja imagen en negativo del tatuaje y generalmente se acompaña de patología cicatricial.

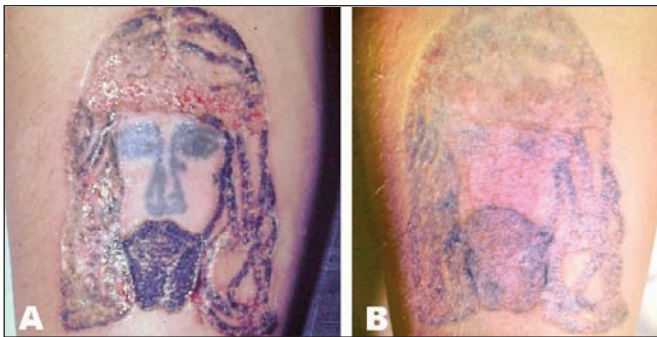


Fig. 9. A y B muestran dos fases de la eliminación de un tatuaje con fresa de rotación. Esta dermoabrasión cutánea requiere extrema experiencia y precisión y, por lo general, no deja buenos resultados.

de sal (cloruro de sodio) sobre el tatuaje de tal modo que provoque con sus cristales una abrasión mecánica de la superficie cutánea hasta la dermis superficial y la posterior migración del pigmento al espacio extracelular por un mecanismo de osmosis. Parte del pigmento será depositado en las compresas aplicadas sobre el tatuaje. Este sencillo método deja restos pigmentarios y en ocasiones cicatrices evidentes (5-7) (Fig. 8).

La **dermoabrasión** consiste en la destrucción del tejido tatuado con un dermoabrasor mecánico, tratando de eliminar el mayor contenido de pigmento posible (Fig.9).

Actualmente estas técnicas se han abandonado por el alto riesgo de provocar secuelas cicatriciales, además de que en la mayoría de los casos queda un tatuaje residual (5,7).

Otro método mecánico es la **escisión quirúrgica**, que elimina por completo el tatuaje. La cirugía se puede utilizar para aquellos tatuajes pequeños, situados en zonas de la piel con adecuada laxitud que favorezca su extirpación completa (8).

Las técnicas varían según la localización y el tamaño del tatuaje y la experiencia del cirujano (8). Sin embargo, la cirugía sigue siendo un método controvertido ya que expone a individuos sanos a las numerosas complicaciones inmediatas y tardías propias de los procedimientos quirúrgicos (Fig. 10). Las cicatrices no son evitables y además pueden añadirse alteraciones pigmentarias de la piel (8). A pesar de todo, este método es de preferencia ante situaciones en las que los pacientes sufren reacciones alérgicas a sus tatuajes. En estos casos, la eliminación de los tatuajes con laser puede producir reacciones anafilácticas, por lo que no es aconsejable.

Destrucción química

También está descrito para la eliminación de tatuajes el uso de métodos químicos a base de compuestos tales como el ácido tánico y el nitrato de plata.

Esta técnica puede utilizarse para la eliminación de tatuajes *amateurs* de cualquier tamaño (Fig. 11). Los resultados y los riesgos de complicaciones son compara-

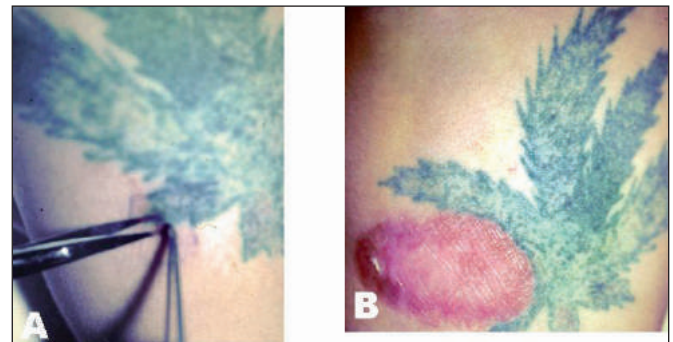


Fig. 10. Eliminación quirúrgica de tatuaje. A) durante el tratamiento; se muestra la eliminación de epidermis y dermis con tijera. B) después de la disección fina de una parte del tatuaje; resultados de la primera intervención. Esta técnica es tediosa y deja secuelas notables.

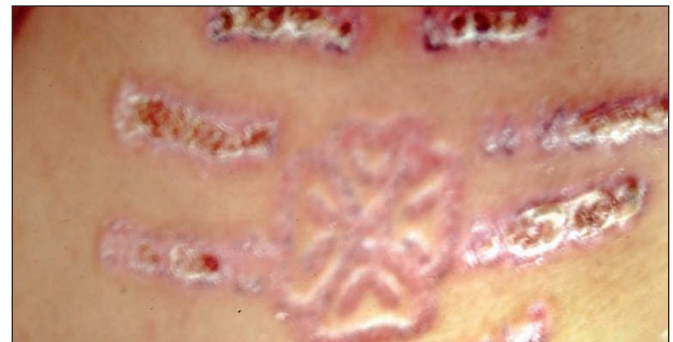


Fig. 11. Resultados de la eliminación de un tatuaje con productos químicos. Se empleó tricloroacético al 70% en todo el diseño del tatuaje. La lesión por quemadura química es profunda y, como el caso de la salabrasión, produce lesiones cicatriciales residuales.

bles a los de la crioterapia, la coagulación infrarroja y la salabrasion focal (6). A pesar de ello, se trata de un método poco utilizado en la actualidad.

Destrucción térmica

La eliminación de tatuajes mediante quemadura con cigarrillos, planchas, brasas, etc. está también descrita en la literatura. Se han empleado también para ello el electrocauterio, el nitrógeno líquido y otros sistemas térmicos convencionales.

Estas técnicas tienen resultados impredecibles y aunque pueden ser efectivas para la eliminación del pigmento, en ocasiones la cicatriz residual puede ser tan indeseable como el propio tatuaje.

El tratamiento de los tatuajes con láser se inició en los años 60, a base de láseres de acción térmica y en emisión continua (rubí, CO₂, Ar) que resultaron eficaces para eliminar el tejido tatuado pero con considerables riesgos cicatriciales y cambios de textura considerables (Fig. 12).

La eliminación de tatuajes con láser de CO₂ se ensayó y publicó en los inicios de los 70. La vaporización del tejido con este láser, en emisión continua o pulsada, cuya longitud de onda (10.600nm) es bien absorbida por el agua lo que por tanto limita su penetración, permite eliminar los tatuajes en una sola sesión (Fig. 13). El control visual de la vaporización permite eliminar progresiva-

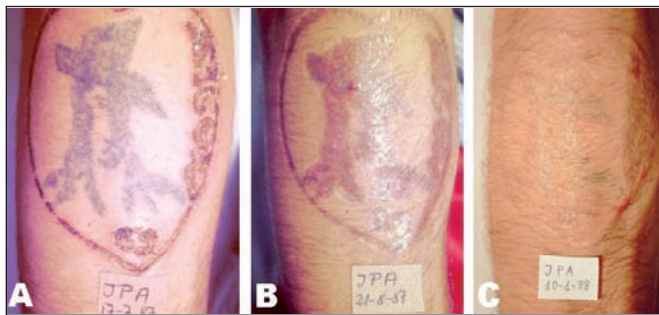


Fig. 12. A, B y C muestran varias fases de la eliminación de un tatuaje con láser de Argón. Como puede observarse, las lesiones cicatriciales restantes recuerdan el diseño del tatuaje.



Fig. 13. A) Tatuaje profesional bicolor. B) Resultado de la eliminación con láser de CO₂. Se aprecian cambios residuales en la textura cutánea.

mente el tejido donde se ha depositado el pigmento. En muchas ocasiones, el pigmento del tatuaje se halla a distintos niveles de profundidad en la dermis, lo que da como resultado una vaporización de irregular profundidad con una eliminación incompleta del pigmento y/o cicatrices inestéticas.

El láser de dióxido de carbono puede ser especialmente útil para la eliminación de tatuajes cosméticos en la cara (contorno de labios, perfilado de cejas) (9); sin embargo, no es práctico para otras áreas corporales o para los tatuajes grandes y extensos (Fig. 14). En estos casos, el resultado es una vez más, la eliminación incompleta del pigmento con posible formación de cicatrices (10) (Fig. 15 y 16).

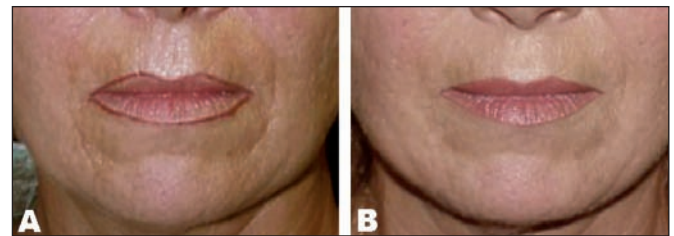


Fig. 14. A) Tatuaje cosmético para delineado de los labios. B) Resultados después de una sola sesión con láser de Erbium:YAG.

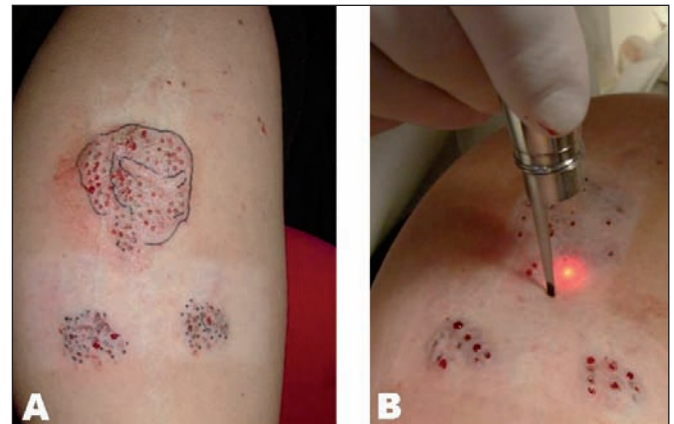


Fig. 15. A) Eliminación del pigmento sobrante verde y amarillo de un tatuaje. Estos colores son resistentes a los tratamientos con láser de Q-Switch. Debido a esto, se empleó láser de Erbium:YAG en modo fraccional. B) Muestra en detalle la eliminación del pigmento profundo por la energía del láser que deja en la piel imágenes como de sacabocados. Por lo general se precisan varias sesiones y la piel cicatriza con buenos resultados cosméticos.



Fig. 16. Remodelado del diseño de un tatuaje en el caso de una paciente que deseaba eliminar el pigmento verde. A) Antes del tratamiento. B) Inmediatamente después del tratamiento con láser de Erbium:YAG. C) Un año después del tratamiento con resultado correcto.

Destrucción térmica mediante láseres de Q-switched

El principio de la fototermolisis selectiva propuesto por Anderson y Parrish en 1983 evolucionó el tratamiento de los tatuajes. La aplicación de la fototermolisis selectiva o el proceso de producir daño selectivamente en las zonas con contenido pigmentario utilizando pulsos de emisión en una longitud de onda que permita una buena absorción por parte del pigmento del tatuaje y en pulsos más breves que el tiempo de relajación térmica del tejido afectado, nos permite la eliminación de los pigmentos que componen el tatuaje sin afectar a los tejidos circundantes.

Los láseres de Q-Switched alejandrita (755nm), Q-Switched Nd:YAG (532 / 1064 nm) y Q-Switched rubí (694nm), cumplen con los requisitos de fototermolisis selectiva. Todas estas longitudes de onda son eficaces para destruir el pigmento del tatuaje sin lesionar las estructuras vecinas, y por lo tanto, se pueden obtener con ellos excelentes resultados cosméticos.

Además, los resultados obtenidos con estos 3 láseres Q-Switched son superponibles, si bien observamos algunas diferencias en cuanto al aclaramiento de algunos colores.

Los láseres de Q-Switched liberan o emiten en un tiempo muy breve, del rango de nanosegundos, una alta intensidad de energía. Esta emisión de luz, a las mencionadas longitudes de onda, es bien absorbida por las partículas de pigmento que encontramos en la mayoría de tatuajes *amateur*, traumáticos y también en los profesionales. Estas longitudes de onda son también moderadamente absorbidas por la melanina. Sin embargo, los pigmentos del tatuaje son destruidos selectivamente por estos láseres como resultado de la fototermolisis selectiva. La energía liberada por los láseres Q-Switched es absorbida por el pigmento del tatuaje y se produce una rápida expansión térmica y un efecto mecanoacústico que genera una onda de choque que fragmenta las partículas de pigmento que posteriormente, y por ser de tamaño más pequeño, podrán ser eliminadas por los macrófagos.

- **Láser Q-switched de rubí (694 nm)**

Fue el primer láser desarrollado en Q-Switch y el primero en aplicarse para la eliminación de tatuajes

Para tratar un tatuaje de color azul oscuro, Goldman, en 1965, comparó los efectos de dos láseres Q-switched de rubí (pulsos en nanosegundos frente a microsegundos). Con duraciones de pulso de microsegundos demostró necrosis térmica inespecífica, mientras que con pulsos de nanosegundos sólo produjo edema transitorio acompañado por un ligero blanqueamiento de la zona de impacto. Con el láser en nanosegundos no se confirmó necrosis térmica, pero la eliminación del pigmento fue incompleta, por lo que este intento de Goldman fue considerado como un fracaso.

Muchos años más tarde, otros investigadores como Levin en 1995, confirmaron y ampliaron estos resultados mediante el uso de un LQSR (láser Q-switched de rubí 694

nm) para eliminar el pigmento del tatuaje azul y negro con éxito y sin afectación de los tejidos circundantes.

Históricamente, el LQSR ha sido muy eficaz para la eliminación de los pigmentos de los tatuajes de color blanco y azul. En general, los tatuajes *amateurs* tienden a responder mucho más rápidamente al tratamiento con el LQSR que los tatuajes profesionales (11).

Taylor y col (11) demostraron la eficacia del LQSR en el tratamiento de tatuajes *amateurs* y profesionales. Con duraciones de pulso entre 40 y 80 nanosegundos y fluencias desde 1,5 hasta 8,0 J/cm², demostraron que los mejores resultados se verificaban con fluencias más elevadas (4-8 J/cm²). En general los resultados fueron excelentes, con eliminación de 78% de los tatuajes *amateurs* pero sólo un 23% de los tatuajes profesionales. A pesar de estos resultados desalentadores, los autores se mostraron optimistas respecto a que el LQSR se convertiría en el tratamiento de elección para los tatuajes, debido a su mínimo riesgo de cicatrices (<1%) (Fig. 17).

En otro estudio realizado por Schiebner y col. en 1990, se trataron 101 tatuajes *amateurs* y 62 profesionales con un LQSR. Los parámetros utilizados incluyeron un *spot* de 5 a 8 mm y fluencias de 2 a 4 J/cm², con un promedio de 3 tratamientos por cada tatuaje. Los tatuajes *amateurs* respondieron bien, con eliminación completa del pigmento en 4 tatuajes, casi completa en 84, eliminación significativa en 11, y mínima en sólo 2. En el caso de los tatuajes profesionales, hubo eliminación total del pigmento en 2, casi completa en 5, eliminación significativa en 18, y mínima en 25. Los tatuajes en cara y cuello respondieron más rápidamente, pero también fueron más sensibles al daño térmico sobre el tejido circundante, lo que exigía fluencias más bajas. Entre los tatuajes profesionales, se observó mejor respuesta en los de color azul y negro en comparación con los de otros colores (rojo, amarillo y verde). No se informó de ninguna cicatriz en estos pacientes.

Leuenger y col. compararon la eficacia del tratamiento sobre 47 tatuajes de color azul-negro utilizando al mismo tiempo LQSR, Nd:YAG y Alejandrita y demostraron que los mejores resultados se registraron con el LQSR (12).



Fig. 17. A) Tatuaje monocromático en región lumbar. B) Resultado después de una sesión con láser Q-Switch de Rubí. C) Resultados después de 7 sesiones de tratamiento. La textura cutánea es aceptable y prácticamente no queda pigmento remanente.

Kilmer y Anderson en 1993, verificaron que el LQSR puede ser eficaz no sólo para los pigmentos negro y azul. Usando fluencias de 6-8 J/cm² con duraciones de pulso de 40 a 80 ns, demostraron que los pigmentos negro y verde son los más sensibles, mientras que otros colores requieren mucho más tratamientos.

Este láser es muy efectivo para la eliminación de tatuajes de color negro, azul y verde, mientras que responde poco en el tratamiento de otros colores (Fig.18).

Se necesitan múltiples sesiones de tratamiento y en la literatura internacional están descritos como efectos secundarios la hipopigmentación transitoria de aproximadamente 6 meses (en más del 50% de los pacientes) y que puede ser permanente en algunos casos; son poco frecuentes las cicatrices y cambios de textura de la piel. El número de sesiones precisas para la eliminación de un tatuaje depende de las fluencias empleadas. Las fluencias altas reducen el número de sesiones, pero la mayor presión de la onda de choque causa ruptura de pequeños vasos (12).

• Láser Q-switched Nd:YAG (1064 nm)

El Q-switched Nd:YAG se desarrolló en 1989 con una longitud de onda de 1064 nm y una duración del pulso de 10 a 20 nanosegundos. En esta longitud de onda es posible tratar pigmentos oscuros. Además, también se pueden eliminar los pigmentos rojo, amarillo y naranja, ya que el láser tiene la propiedad de doblar la frecuencia de la radiación utilizando un cristal de difosfato de titanilpotasio (KTP) para producir una luz visible verde a una longitud de onda de 532 nm.

Este tipo de láser se propuso para la eliminación de tatuajes puesto que su longitud de onda mayor (1064 nm), penetra más en la dermis y tiene menor absorción

por la melanina, lo que resulta útil para la eliminación de pigmentos depositados a más profundidad y para evitar cambios de la pigmentación.

Kilmer y col. en 1993, trataron 39 tatuajes usando un Q-switched Nd:YAG con fluencias de 6 a 12 J/cm². Los autores lograron eliminar el pigmento negro (>75%) en cerca de 77% de los tatuajes tratados y sin hipopigmentación secundaria. El tratamiento con fluencias más altas (10 a 12 J/cm²) se ha demostrado más eficaz para eliminar el pigmento negro, mientras que los otros colores se mostraron más resistentes al tratamiento con este láser.

La longitud de onda de este láser está más indicada para pacientes con fototipos altos, con menos riesgo de afectar al pigmento melanina de la epidermis. En un estudio publicado sobre 15 tatuajes tratados con el láser Q-switched Nd:YAG, en pacientes con fototipo VI, más de la mitad de los tatuajes tuvieron entre un 75-95% de mejoría después de 3 o 4 sesiones de tratamiento, sin efectos secundarios relevantes. Esto ofrece una ventaja potencial en individuos con piel oscura. Otros estudios han demostrado resultados similares en esta población. (13,14).

Para eliminar tatuajes de color negro-azul, Lin y col. en 2009 compararon el láser Q-switched de rubí con el láser Q-switched Nd:YAG, demostrando que el edema y la exudación fueron más frecuentes con el láser de rubí mientras que el tratamiento con el láser Q-switched Nd:YAG fue más efectivo en la eliminación del pigmento tras una sola sesión. No hubo diferencia significativa en los efectos adversos entre los dos láseres.

En conclusión, el láser Q-switched Nd:YAG es un poco más eficaz en la eliminación del pigmento de color negro, siendo los efectos secundarios (hipopigmentación, alteraciones de la textura) poco frecuentes. Estas ventajas son atribuibles a la longitud de onda más larga, mayor fluencia y pulsos más cortos. Además, el láser Nd:YAG ofrece una frecuencia de repetición muy alta (1-10 Hz), lo que permite disminuir la duración del tratamiento.

• Láser Q-switched alejandrita (755 nm)

Este láser, desarrollado con posterioridad a los anteriores, emite a una longitud de onda de 755nm y duración de pulso de 50-100 nanosegundo, y ha demostrado su efectividad en la eliminación de tatuajes con pigmento negro, azul y también en los colores verdes. Otros colores, si bien podemos conseguir que se aclaren, son más difíciles de eliminar y en muchas ocasiones persisten restos de pigmento

Fitzpatrick y Goldman en 1994, evaluaron 25 pacientes con tatuajes *amateurs* y profesionales demostrando una eliminación del pigmento del tatuaje en cerca de 95%, con una media de 8.9 sesiones de tratamiento. Estos autores concluyeron que el láser Q-Switched alejandrita es seguro y eficaz para la eliminación de los pigmentos azul y negro.

En otro estudio, Alster y col. un año más tarde, exa-

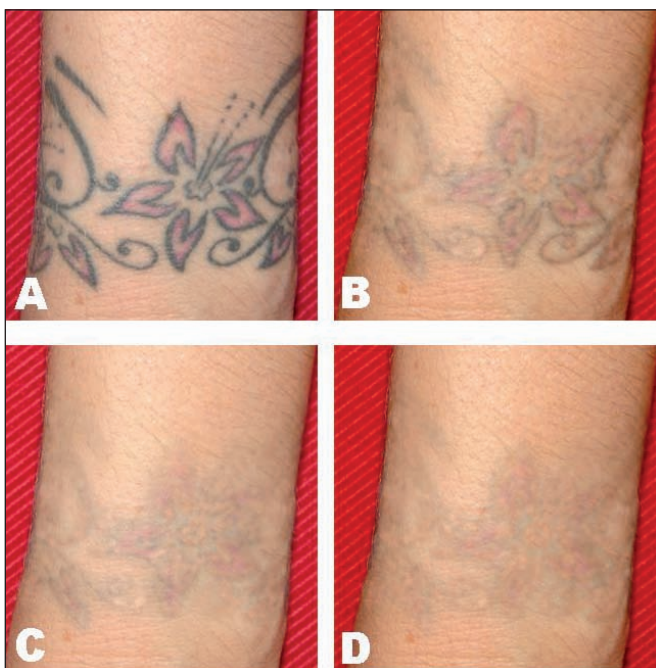


Fig. 18. A) Tatuaje decorativo en la muñeca. B) Después de 2 tratamientos con láser. El pigmento negro es relativamente fácil de eliminar mientras que el rojo es más resistente. C) Resultado después de 5 sesiones. D) Resultado después de 10 sesiones.

minaron 24 tatuajes profesionales y 18 *amateurs* y llegaron a la conclusión de que los tatuajes profesionales requieren más tratamientos para eliminar totalmente el pigmento (media de 8,5 sesiones) que los tatuajes *amateurs* (media de 4,6 sesiones).

Zelickson y col. en 1994, compararon los 3 tipos de láseres Q-switched y concluyeron que el láser Q-Switched alejandrita fue superior al láser de rubí y Nd:YAG en la eliminación de los pigmentos azules y verdes, mientras que los pigmentos rojo, marrón y naranja respondieron mejor al láser de Nd:YAG. El láser Q-switched de rubí fue más efectivo en la eliminación de pigmentos de color púrpura y violeta y el láser Q-switched Nd:YAG (532 nm) fue considerado el mejor para tratar el pigmento rojo. Todos los láseres se consideraron efectivos para tratar tatuajes de pigmento negro.

El láser Q-switched alejandrita es eficaz en la eliminación de tatuajes traumáticos. Además, es también seguro y efectivo en la eliminación de los tatuajes de amalgama y de los tatuajes cosméticos (maquillaje permanente) (15).

Desafortunadamente, como con la longitud de onda 694 nm del láser Q-Switched de rubí, la longitud de onda 755 nm del láser de alejandrita es bien absorbida por la melanina, lo que puede provocar hipopigmentación transitoria después del tratamiento (12).

Avances y perspectivas futuras

La eliminación de tatuajes con láser Q-switched es generalmente segura y efectiva, pero son necesarias muchas sesiones de tratamiento y, a veces, se mantiene pigmento residual del tatuaje.

Se están realizando investigaciones para mejorar las técnicas y los dispositivos utilizados para la eliminación de tatuajes con láser. El método "R20", recientemente presentado, sugiere 4 pases con láser Q-switched, con intervalos de tiempo de 20 minutos, en una sola sesión (16). Los autores demostraron que después de 3 meses, el tratamiento con el método "R20" era mucho más eficaz que el tratamiento con láser convencional de una sola sesión, y que la mayoría de los tatuajes fueron eliminados en una única sesión. No había ninguna cicatriz, a pesar de que se verifica con este método un mayor daño en la epidermis. Los autores creen que el tratamiento de pases múltiples podría cambiar significativamente el paradigma del tratamiento de los tatuajes.

Nueva Generación de láseres Q-switched

- **Dispositivos láser**

Como los láseres están bien establecidos para la eliminación de la pigmentación, la compra de un láser para este propósito puede ser costosa; por lo tanto, la posibilidad de tener una plataforma láser con múltiples aplicaciones en la que se puedan seleccionar emisiones con diferentes longitudes de onda, proporciona la opción de

tener un solo aparato con multitud de aplicaciones como alternativa frente a la situación típica de tener un dispositivo láser independiente para cada actuación clínica específica (17,18). Entre la gran disponibilidad de tecnología láser del mercado, se ofrece una amplia gama de láseres adaptados a una única plataforma con programas específicos para el tratamiento de las enfermedades vasculares y patologías pigmentarias.

Los láseres Q-switched tradicionales producen una duración de pulso de 10-12 nanosegundos. Esta energía es absorbida de una sola vez por el color coincidente situado en el punto más externo de la piel. El pigmento más profundo no se afecta, y por lo tanto son necesarias múltiples sesiones para eliminar un tatuaje. Los tatuajes de color oscuro, formados por una cantidad considerable de pigmento o por múltiples capas de pigmentos de varios colores, son especialmente difíciles de eliminar y requieren varias sesiones de tratamiento (19). Debido a estas sesiones repetidas de tratamiento, el proceso de reparación del tejido conduce a la formación de fibrosis reactiva que impide, en las siguientes sesiones, la adecuada penetración de la luz para eliminar el pigmento profundo.

- **Longitudes de onda**

Contrariamente a esto, los pulsos de las nuevas plataformas se comprimen como un bloque en un pulso transportador y llegan a la piel como una serie de pulsos que interactúan con un mecanismo diferente para la eliminación del pigmento (Fig. 19). El tren de pulsos, programado para funcionar en una frecuencia de 4.1 Hz, obtiene efectos secuenciales de movimientos que alcanzan el pigmento profundo. El tiempo de retraso entre el bloque de pulsos repetidos es de unos pocos microsegundos y la energía es inicialmente absorbida por el cromóforo (pigmento) situado más superficialmente. La eliminación de este pigmento permite el acceso a los siguientes minipulsos contenidos en el bloque transportador para penetrar e interactuar con los colores más profundos del tatuaje.



Fig. 19. A) Tatuaje policromático en el que predomina el color verde y el rojo. B) Resultado después de 6 sesiones de tratamiento. Persistencia del color verde.

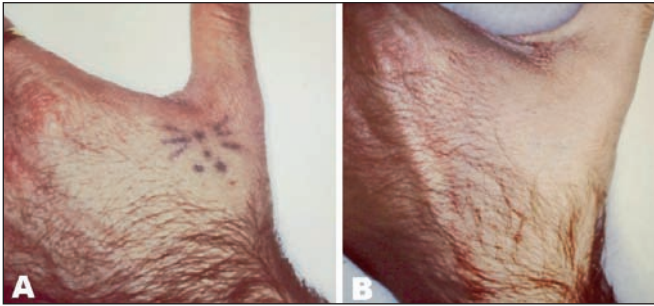


Fig. 20. Tatuaje no profesional A) Antes del tratamiento. B) Después de 2 sesiones con láser Q-Switch de Neodimio:YAG.

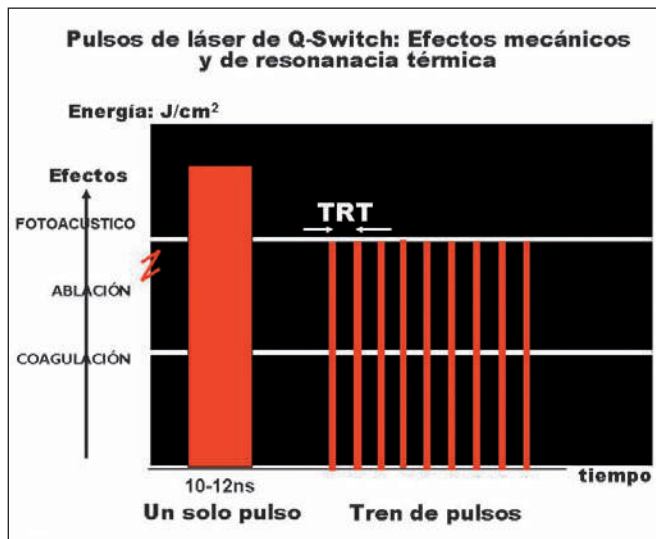


Fig. 21. Gráfico comparativo de la energía de un pulso de láser de Q-Switch con igual energía pero dividida en trenes de pulsos. El tiempo de relajación térmica (TRT) entre los micropulsos permite el enfriamiento del tejido. De esta forma, el tratamiento ejerce una acción de eliminación laminar del pigmento, es decir, los pulsos consiguen eliminar capa tras capa del pigmento, dejando oportunidad a los micropulsos siguientes para eliminar el pigmento situado más profundamente.

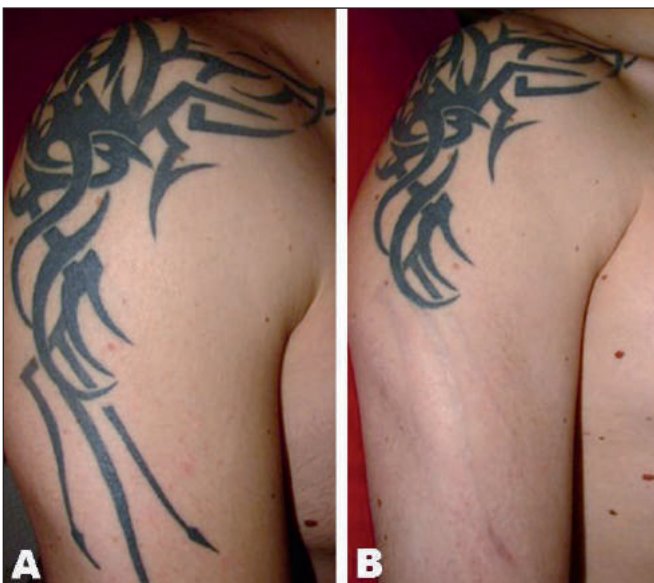


Fig. 22. A) Antes del tratamiento; el paciente deseaba remodelar el tatuaje eliminando la parte distal. B) Después de 3 sesiones con láser de Neodimio:YAG de Q-Switch en trenes de pulsos que consiguen eliminar el pigmento, con buen resultado estético y condición de la piel.

La eficacia del láser Q-switched se incrementa progresivamente durante el tratamiento, y el tren de pulsos actúa capa tras capa llevando a la fragmentación del tatuaje. Durante la exposición continua del tejido pulso tras pulso, las ondas acústicas que se producen son mínimas y no se escuchan durante el tratamiento. Aunque se producen microhemorragias internamente, la percepción visual no es ni de hemorragia ni de fragmentación de la piel, sino de un cambio progresivo en el color de la misma, que se convierte en gris, por lo que la eliminación del pigmento se produce con el mínimo daño en la epidermis. Bajo estas circunstancias, el tratamiento se produce sin lesiones térmicas en las estructuras vecinas y por lo tanto, la capacidad de recuperación de la piel no se ve comprometida. Las sesiones pueden llevarse a cabo en cortos períodos de tiempo (Fig. 20-22).

Láseres de picosegundos

Los láseres de picosegundos (10^{-12}) están actualmente en desarrollo (20) y permitirían un tratamiento más efectivo utilizando menores fluencias de energía, disminuyendo así la transferencia de energía térmica a los tejidos circundantes y reduciendo al mínimo el riesgo de cicatrices.

Ross y col. en 1998, compararon 2 láseres de Nd:YAG. Trataron partes designadas del mismo tatuaje (pigmento negro) con pulsos de 35-picosegundos y pulsos de 10-nanosegundos. En 12 de 16 tatuajes hubo mejoría significativa en las áreas tratadas con picosegundos en comparación con las zonas tratadas con pulsos de nanosegundos.

Otro estudio comparó la eficacia del láser titanio-zafiro (795 nm, 500 picosegundos) y del láser Q-Switched de Alejandrita (752 nm, 50 nanosegundos) en el tratamiento de tatuajes en cerdos. Se observó una mayor eliminación de los tatuajes con el láser titanio-zafiro en 2 de las 4 zonas tratadas. Además, en algunas zonas se eliminó por completo el tatuaje tras un solo tratamiento (21). Recientemente, y de la misma forma, Izikson y col. examinaron el efecto de un nuevo láser (758-nm, 500-picosegundos) sobre un tatuaje negro en un modelo animal. Este láser mostró mayor eliminación del tatuaje en todas las fluencias de energía utilizadas en comparación con el láser Q-switched de alejandrita (755 nm) (20).

Afortunadamente, siguen emergiendo nuevas tecnologías, en particular, láseres Q-switched en el dominio de los picosegundos y láseres de femtosegundos (10^{-15} segundos). Un femtosegundo es una fracción de segundo casi inconcebible, casi lo mismo que un minuto en comparación con la edad de nuestro sistema solar. La eficacia de los láseres de femtosegundos no ha sido probada aún para el tratamiento de tatuajes.

Resurfacing fraccionado

Desde la introducción de los tratamientos con láser Q-switched, la técnica de eliminación de tatuajes ha cam-

biado muy poco. Los sistemas *resurfacing* fraccional ablativo (RFA) y *resurfacing* fraccional no ablativo (RFNA), se utilizan frecuentemente para diversas patologías dermatológicas y han demostrado un excelente perfil de seguridad.

El RFA estimula la remodelación rápida de la piel con un riesgo muy bajo de cicatrices. La eliminación de los pigmentos del tatuaje se debe, probablemente, a que el RFA físicamente elimina una parte del tatuaje en cada tratamiento. En segundo lugar, hay una eliminación transepidermica de las partículas del pigmento a través de los canales microscópicos producidos por el RFA, y finalmente, el proceso de cicatrización de heridas podría permitir la eliminación adicional del pigmento del tatuaje.

Weiss y col. en 2011, estudiaron los resultados clínicos obtenidos con la combinación de láser fraccionado y láser Q-switched de rubí para tratar tatuajes. Todos los pacientes recibieron tratamiento con láser fraccionado de dióxido de carbono (Fraxel repair, Solta Medical, Inc., Hayward CA) o tratamiento con láser fraccionado de 1.550 nm (Fraxel Restore, Solta Medical, Inc.) en la mitad del tatuaje, además del tratamiento con láser Q-switched de rubí (LQSR) (Sinón, Wavelight láser, AG Technologie, Erlanger, Alemania) en todo el tatuaje. Los autores demostraron que el RFA y RFNA en combinación con el LQSR mejora el aclaramiento del tatuaje, evita la formación de ampollas, con una recuperación más rápida, y disminuye la hipopigmentación inducida por el tratamiento. También mencionan que el tratamiento con láser de CO₂ fraccionado inmediatamente después del tratamiento con láser Q-switched, mejora la velocidad de eliminación del pigmento frente al tratamiento con láser Q-switched aislado. Los mecanismos teóricos descritos incluyen la ablación con láser de CO₂ fraccionado del pigmento superficial del tatuaje y la inducción de una respuesta inmune que potencia la eliminación del pigmento tratado.

En otro estudio reciente, Ibrahim y col. han estudiado la aplicación del RFA como un nuevo método para la eliminación de tatuajes que provocan reacciones alérgicas. Concluyeron que el RFA también podría permitir la eliminación de colores de tinta como el amarillo, naranja, marrón y blanco, que son recalcitrantes a los láseres Q-switched.

Imiquimod

Uno de los nuevos métodos para la eliminación de tatuajes es el uso de la crema de imiquimod. En estudios con animales, la aplicación tópica de imiquimod crema desvanece los tatuajes. La combinación del uso de imiquimod con el tratamiento con láser puede provocar una mejor eliminación del pigmento de tatuaje en cobayas (22). La combinación del láser Q-switched de alejandrita e imiquimod crema en el grupo tratado mostró que clínica e histológicamente tienen menos pigmento que los

tatuajes que fueron tratados únicamente con láser, aunque algunos autores describen experiencias diferentes en su práctica (23,24).

En general, el tratamiento coadyuvante con imiquimod reveló la presencia de mayor inflamación y fibrosis en la biopsia de la piel (22).

Interacción láser-pigmento: reducción de dispersión

Las soluciones intradérmicas inyectadas y tópicas (sustancias hiperosmóticas), tales como el glicerol, el dimetilsulfóxido y la glucosa, han demostrado reducir significativamente la dispersión dérmica en modelos animales (25). Estos agentes deberían ser capaces de eliminar con mayor eficacia los tatuajes; sin embargo, su inyección intradérmica puede producir necrosis tisular y cicatrices, por lo que resultan ser pobres coadyuvantes del tratamiento.

Nuevas tintas de tatuaje

Además de la evolución de los láseres y de la mejoría en las propiedades ópticas de la piel, se están desarrollando también nuevas tintas de tatuaje con el objetivo de que puedan ser más fácilmente eliminadas de la piel.

En EE.UU. está disponible desde 2009 una nueva tinta de tatuaje (Infinetink, Libertad Inc., Cherry Hill, NJ), constituida por microesferas encapsuladas de pigmentos biorreabsorbibles. El tratamiento con láser durante la eliminación del tatuaje llevaría a la ruptura de la cápsula, dejando al descubierto el pigmento; entonces el organismo reabsorbe el pigmento. Los tatuajes creados con este tipo de tinta se pueden eliminar con un menor número de tratamientos que aquellos otros realizados con pigmentos tradicionales.

En el futuro, la adopción de este tipo de tintas tanto por la industria del tatuaje como por los consumidores, ofrecerá una eliminación con láser de los tatuajes más segura y más eficaz. Debemos seguir trabajando para facilitar que los tatuajes sean más seguros y más fáciles de eliminar que nunca.

Conclusiones

Las tatuajes ofrecen una oportunidad única al cirujano experto en láser para explorar las interacciones luz-tejido en un departamento clínico.

En los últimos años, el número de personas tatuadas ha aumentado considerablemente y debido a ello e influido por la sociedad actual, también a aumentado el número de personas que optan por eliminarlos; en este terreno ocupa un lugar destacado la cirugía láser. La amplia gama de colores presentes en los tatuajes modernos puede verse como un desafío para su eliminación. Los láseres Q-switched siguen siendo el estándar de oro para la eliminación de tatuajes; pero incluso empleando el láser y la técnica adecuados no se puede garantizar un resultado clínico excelente. El médico debe contar con una

historia clínica detallada y determinar qué láser es el más adecuado para cada caso, ya que la selección del aparato va a variar en función de los pigmentos del tatuaje, del color de la piel del paciente y de la etiología del tatuaje. Es preciso también explicar con detalle a los pacientes el proceso que se va a seguir y las expectativas realistas del post-tratamiento con el fin de establecer con ellos una alianza terapéutica con éxito.

Las innovaciones futuras en tecnología láser y el uso de tintas más novedosas para realizar los tatuajes permitirán en el futuro una eliminación más eficaz de los tatuajes, posiblemente requiriendo un solo dispositivo.

Dirección del autor

Dr. Tiago Castro Esteves
Instituto Médico Vilafortuny
Avda. Vilafortuny 31
43850 Cambrils, Tarragona. España
e-mail: tiago.castroestevess@gmail.com

Bibliografía

- 1. Armstrong ML, Roberts AE, Koch JR, y col.:** Motivation for contemporary tattoo removal. *Arch Dermatol* 2008;144 (7):879-884.
- 2. Drews DR, Allison CK, Probst JR.:** Behavioral and self-concept differences in tattooed and nontattooed college students. *Psychol Rep* 2000;86:475-481.
- 3. Timko AL, Miller CH, Johnson FB, y col.:** In vitro quantitative chemical analysis of tattoo pigments. *Arch Dermatol* 2001;137: 143-147.
- 4. Kent KM, Graber EM.:** Laser Tattoo Removal: A Review. *Dermatol Surg* 2012; 38:1-13.
- 5. Koerber Jr WA, Price NM.:** Salabrasion of tattoos. A correlation of the clinical and histological results. *Arch Dermatol* 1978;114: 884-888.
- 6. van der Velden EM, van der Walle HB, Groote AD.:** Tattoo removal: tannic acid method of Variot. *Int J Dermatol* 1993;32:376-380.
- 7. Johannesson A.:** A simplified method of focal salabrasion for removal of linear tattoos. *J Dermatol Surg Oncol* 1985;11:1004-1005.
- 8. Wollina U, Kostler E.:** Tattoos: surgical removal. *Clin Dermatol* 2007;25: 393-397.
- 9. Mafong EA, Kauvar AN, Geronemus RG.:** Surgical pearl: removal of cosmetic lip-liner tattoo with the pulsed carbon dioxide laser. *J Am Acad Dermatol* 2003;48:271-272.
- 10. Bailin PL, Ratz JR, Levine HL.:** Removal of tattoos by CO₂ laser. *J Dermatol Surg Oncol* 1980;6: 997-1001.
- 11. Taylor CR, Gange RW, Dover JS.:** Treatment of tattoos by Q-switched ruby laser. A dose-response study. *Arch Dermatol* 1990;126: 893-899.
- 12. Leuenberger M, Mulas M, Hata T, y col.:** Comparison of the Q-switched alexandrite, Nd:YAG, and ruby lasers in treating blue-black tattoos. *Dermatol Surg* 1999; 25(1):10-14.
- 13. Grevelink J, Duke D, van Leeuwen R, y col.:** Laser treatment of tattoos in darkly pigmented patients: efficacy and side effects. *J Am Acad Dermatol* 1996;34(4):653-656.
- 14. Lapidoth M, Aharonwitz G.:** Tattoo removal among Ethiopian Jews in Israel: tradition faces technology. *J Am Acad Dermatol* 2004;51(6):906-909.
- 15. Moreno-Arias GA, Camps-Fresneda A.:** The use of Q-switched alexandrite laser (755 nm, 100 ns) for eyeliner tattoo removal. *J Cutan Laser Ther* 1999;1:113-115.
- 16. Kossida T, Rigopoulos D, Katsambas A, y col.:** Optimal tattoo removal in a single laser session based on the method of repeated exposures. *J Am Acad Dermatol* 2012;66(2):271-277.
- 17. Trelles MA.:** Cosmetic laser surgery: current procedures and developments to come. In: Taylor S. Ed, Private Hospital Healthcare Europe. London: Campden Publishing Ltd, 2003.
- 18. Vélez M, Serra M, Trelles MA, y col.:** Estado actual del laser quirúrgico en España. S.E.L.M.Q. Boletín Informativo 2001;1:9-15.
- 19. Dixon J.:** Laser treatment of decorative tattoos. In: Arndt KA, Noe JM, Rosen S. Eds, Cutaneous Laser Therapy: Principles and methods. New York: John Wiley and Sons, 1983.
- 20. Izikson L, Farinelli W, Sakamoto F, y col.:** Safety and effectiveness of black tattoo clearance in a pig model after a single treatment with a novel 758 nm 500 picosecond laser: a pilot study. *Lasers Surg Med* 2010; 42(7):640-646.
- 21. Herd RM, Alora MB, Smoller B, y col.:** A clinical and histologic prospective controlled comparative study of the picosecond titanium:sapphire (795 nm) laser versus the Q-switched alexandrite (752 nm) laser for removing tattoo pigment. *J Am Acad Dermatol* 1999;40(4):603-606.
- 22. Ramirez M, Magee N, Diven D, y col.:** Topical imiquimod as an adjuvant to laser removal of mature tattoos in an animal model. *Dermatol Surg* 2007;33:319-325.
- 23. Ricotti CA, Colaco SM, Shamma HN, y col.:** Laser-assisted tattoo removal with topical 5% imiquimod cream. *Dermatol Surg* 2007;33(9):1082-1091.
- 24. Elsaie ML, Nouri K, Vejjabhinanta V, y col.:** Topical imiquimod in conjunction with Nd:YAG laser for tattoo removal. *Lasers Med Sci* 2009;24(6):871-875.
- 25. Vargas G, Chan K, Thomsen S, y col.:** Use of osmotically active agents to alter optical properties of tissue: effects on the detected fluorescence signal measured through skin. *Lasers Surg Med* 2001;29(3):213-220.