

## Tecnología en el tratamiento del acné

### *Technology in acne treatment.*

Ingrid López-Gehrke,<sup>1</sup> Gladys Paguaga-Martínez,<sup>1</sup> Leonel Fierro-Arias<sup>1,2</sup>

#### Resumen

Las opciones terapéuticas para el manejo del acné que predominan en la actualidad consisten en fármacos tópicos, sistémicos o ambos, así como el uso de coadyuvantes cosméticos diversos. Al comprender mejor el proceso fisiopatológico de esta enfermedad y con el desarrollo de nuevas tecnologías, las herramientas del arsenal terapéutico del especialista son mucho más amplias y pueden ofrecer mejores resultados para el paciente en el proceso activo del padecimiento y en la prevención y alivio de secuelas. Este documento comunica una actualización de las opciones tecnológicas disponibles en el tratamiento del acné.

**PALABRAS CLAVE:** Acne; terapéutica; tecnología.

#### Abstract

*Therapeutic options for management of acne that currently prevail consist of topical and/or systemic drugs as well as the use of diverse adjuvants. With a better understanding of the physiopathological process of disease and the development of new technologies, tools in the therapeutic arsenal for the specialist are multiple and offer the best results for patients in active disease as in the prevention and resolution of sequelae. This document has an update on the technological options available in the approach to acne.*

**KEYWORDS:** Acne; Therapeutics; Technology.

<sup>1</sup> Cirujano dermatólogo y dermatoncólogo, práctica privada, Ciudad de México.

<sup>2</sup> Cirujano dermatólogo y dermatoncólogo, Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga, Ciudad de México.

**Recibido:** julio 2018

**Aceptado:** noviembre 2018

#### Correspondencia

Ingrid López Gehrke  
draingrid@dermadf.com

#### Este artículo debe citarse como

López-Gehrke I, Paguaga-Martínez G, Fierro-Arias L. Tecnología en el tratamiento del acné. Dermatol Rev Mex. 2019;63(Supl. 1):S53-S60.

## ANTECEDENTES

El tratamiento del acné, enfermedad crónica, inflamatoria y multifactorial, sigue siendo un reto para el dermatólogo. Los tratamientos sistémicos, como retinoides, antibióticos, hormonales y múltiples tópicos, han demostrado diversos grados de eficacia contra esta enfermedad, de la que en la actualidad se comprende mejor el proceso fisiopatológico; sin embargo, en la práctica clínica, los fracasos terapéuticos, recaídas, el mal apego a la terapia convencional, la necesidad de obtener resultados rápidos, eficaces y duraderos junto con los avances científicos, han permitido que el uso de nueva tecnología tome un papel cada vez más importante en el tratamiento integral y coadyuvante del paciente. En este documento se presentan las terapias tecnológicas más utilizadas en el contexto actual de nuestra especialidad.

### Terapias de luz y láser

La terapia de luz y láser se basa en el hecho de que *Cutibacterium acnes* es capaz de sintetizar cromóforos como las porfirinas (coproporfirina III principalmente y protoporfirina IX).<sup>1,2</sup> Específicamente, cuando la luz es absorbida por las porfirinas producidas naturalmente dentro de los folículos sebáceos se generan especies reactivas de radicales libres que causan daño en la membrana estructural de *C. acnes*.<sup>3</sup> El oxígeno singlete producido en la reacción es un potente oxidante que destruye los lípidos en la pared celular de *C. acnes* logrando disminuir sus concentraciones y reducir el tamaño y función de la unidad pilo-sebácea.<sup>1-3</sup>

Aunque la absorción y excitación fotodinámica es más eficiente entre las longitudes de onda de 400 a 430 nm, la reacción puede ser iniciada mediante una variedad de longitudes de onda.<sup>4</sup>

Varios dispositivos de luz pueden afectar a *C. acnes*, principalmente las fuentes de luz de banda estrecha, azul (415 nm) y roja (660 nm), dispositivos de luz pulsada (400-1200 nm), láser decolorante pulsado (585-595 nm), láser de fosfato de potasio y titanio (KTP; 532 nm), terapia foto-neumática (400-1200 nm), porque estas fuentes de luz tienen longitudes de onda que corresponden con el rango de absorción de las porfirinas producidas por *C. acnes*.<sup>3</sup>

### Luz LED

Los sistemas LED emiten luz atérmica de banda estrecha. Las utilizadas en acné son la luz azul y roja.<sup>2</sup>

La luz azul de banda estrecha (415 nm) es la longitud de onda más efectivamente absorbida.<sup>1,4</sup> La absorción de luz resulta en la fotoexcitación de porfirinas con liberación de especies reactivas de oxígeno, como el oxígeno singlete y radicales libres que generan un efecto antibacteriano en *C. acnes*.<sup>1,3</sup> Aunque la luz azul ha demostrado fotoinactivar a *C. acnes*, no logra penetrar profundamente en la piel.<sup>2,4</sup>

Mayores longitudes de onda, como la roja (660 nm), activan porfirinas de manera menos efectiva, pero tienen mayor penetración en la piel actuando sobre las glándulas sebáceas generando propiedades antiinflamatorias al influenciar la liberación de citocinas por macrófagos.<sup>1,2,4</sup>

La combinación de luz azul-roja ha demostrado ser más efectiva en la reducción de lesiones inflamatorias en comparación con monoterapia con peróxido de benzoilo y luz azul sola. La terapia combinada logra sinérgicamente activación de porfirinas con reducción en las concentraciones de *C. acnes* y disminución de la inflamación mediante la liberación de citocinas, resultando en disminución de las lesiones inflamatorias, pero no en comedones.<sup>2</sup>

### Luz pulsada intensa (IPL)

El uso de luz pulsada intensa (IPL) en el tratamiento del acné es un procedimiento aceptado en la actualidad. Se basa en la generación de una fuente de luz policromática no coherente de alta intensidad, el espectro de luz que emite va de 515 a 1200 nm.<sup>1,2,5</sup>

Los dispositivos de luz pulsada se introdujeron comercialmente en 1994 utilizando lámparas y bancos computados para generar luz policromática. El tratamiento posterior es guiado por parámetros determinados por el usuario, como los rangos de longitud de onda mediante el uso de filtros, fluencia, duración del pulso e intervalos del pulso.<sup>2,3</sup>

Existen dos mecanismos de acción en el tratamiento del acné por estos medios lumínicos: un efecto fototóxico y un efecto fototermolítico. El efecto fototóxico se debe a la absorción de la luz por las porfirinas producidas por *C. acnes* con picos de absorción en las longitudes de onda de 400, 510, 542, 578, 630 y 665 nm; esta absorción provoca un efecto bactericida por medio de la inducción de radicales libres. Por otra parte, el mecanismo de la fototermólisis de los vasos sanguíneos que irrigan las glándulas sebáceas reduce el tamaño de la glándula y secreción sebácea.<sup>1-3,5</sup>

En la actualidad se considera que el uso de IPL podría tener un efecto antiinflamatorio a través de la inhibición del factor de necrosis tumoral alfa y aumento del factor de crecimiento transformante beta 1.<sup>1</sup>

Se recomiendan sesiones bisemanales por cuatro a seis semanas.<sup>5</sup>

Una revisión sistemática de IPL identificó 21 estudios que investigaron la eficacia de dispositivos de luz pulsada intensa en el tratamiento

del acné, reportando resultados de la eficacia de IPL en acné en un rango de mejoría de 34 a 88% según el tipo de acné.<sup>1</sup>

### Terapia fotodinámica

La terapia fotodinámica (PDT) implica la aplicación de un agente sensibilizante para potenciar el efecto posterior de la terapia de luz o láser.<sup>1</sup>

La terapia fotodinámica requiere tres factores, un fotosensibilizante, luz y oxígeno. Los fotosensibilizantes más comúnmente utilizados son ácido 5-aminolevulínico (ALA) y metil-aminolevulínico (MAL) o los más recientes verde de indocianina (ICG) y el ácido indol-3-acético (AIA).<sup>3,6</sup>

En el acné, el fotosensibilizante es absorbido por la unidad pilosebácea, luego metabolizado a través de la vía de síntesis del grupo hemo para producir protoporfirina IX, que cuando es fotoactivada produce oxígeno singlete y radicales libres citotóxicos. Esto resulta no sólo en la muerte de *C. acnes*, sino también en daño a la unidad pilosebácea. Se reporta disminución en la producción de sebo por destrucción directa de la glándula sebácea.<sup>2,3,6,7</sup>

La razón por la que la terapia fotodinámica destruye selectivamente tejidos blanco sin afectar tejidos vecinos es debido al singlete de oxígeno que se genera en la reacción. Éste se extiende dentro del tejido, se vuelve sensible, reaccionando de manera biológica únicamente al tejido que absorbe el fotosensibilizante. Por tanto, el tejido que no contiene fotosensibilizante no responde a la luz, permitiendo "tratamiento selectivo".<sup>6</sup>

Existen variables que influyen en la fotoactivación de *C. acnes*, que incluyen la concentración de porfirinas (según el tipo de lesión de acné), fluencia efectiva, longitud de onda de fotones emitidos, temperatura a la que la reacción es producida y disponibilidad de oxígeno tisular.<sup>3</sup>

Las fuentes de luz utilizadas son las lámparas de luz emisora de diodo (LED) azul y roja, IPL, láseres y luz solar.<sup>3</sup>

A diferencia de la luz azul utilizada comúnmente en la terapia fotodinámica que tiene un efecto meramente fotoquímico, la luz pulsada tiene múltiples longitudes de onda que alcanzan térmicamente diversos cromóforos a diferentes profundidades.<sup>7</sup>

Los efectos secundarios reportados son eritema, edema, dolor, exfoliación e hiperpigmentación posinflamatoria.<sup>2</sup>

#### Terapia fotoneumática

Una nueva tecnología para tratar el acné es la terapia fotoneumática, que consiste en el uso de una energía neumática ligera (succión) para atraer el tejido blanco dentro de un cabezal para luego emitir luz pulsada de banda amplia (400-1200 nm) a los blancos dérmicos.<sup>8</sup>

La técnica de succión actúa ejerciendo presión negativa causando elevación de la glándula sebácea y otras estructuras dérmicas hacia la superficie epidérmica, donde el poro se abre permitiendo la evacuación más efectiva del sebo, bacterias y corneocitos superficiales en fase de exfoliación, aumentando la eficiencia de la transmisión de energía por las fuentes de luz.<sup>1,9</sup>

Durante la terapia fotoneumática es importante confirmar que haya buena adherencia entre el cabezal y la piel para que la succión sea efectiva. Esta presión negativa hace que la piel suba hacia el puerto de irradiación reduciendo la distancia entre la superficie de la piel y el tejido dérmico blanco. Asimismo, la succión estira la piel mientras es irradiada volviendo la dermis superior isquémica, reduciendo los efectos secundarios y potenciando su efectividad.<sup>9</sup>

Este mecanismo ha sido apoyado por la evidencia histológica de que esta terapia remueve mecánicamente el contenido comedónico del infundíbulo, mientras la evidencia ultraestructural demuestra daño térmico a *C. acnes* y la unidad pilosebácea tras la terapia. La punta de tratamiento usada en combinación con este sistema fotoneumático es usado subsecuentemente en las áreas de tratamiento para asistir en la aplicación y penetración de terapias tópicas a la glándula sebácea porque realiza una exfoliación sutil del área mientras la piel se estira en un nuevo ciclo con la tecnología de succión.<sup>8</sup>

#### Láser

Las terapias con láser que utilizan varias longitudes de onda se consideraron en respuesta a la necesidad de opciones terapéuticas alternativas. Éstas se han utilizado en acné activo y en sus secuelas.

Comparados con las terapias de luz, los láseres tienen la capacidad de concentrar luz coherente en un área más pequeña de tejido actuando selectivamente sobre cromóforos tisulares exógenos y endógenos.<sup>1,10,11</sup>

Los aparatos médicos con luz azul-roja y la luz pulsada intensa no tienen como terapia blanco a la glándula sebácea, sino a *C. acnes*, existe alto riesgo de recurrencia por repoblación bacteriana tras el tratamiento. Por el contrario, las terapias con láser, al mantenerse en el espectro casi infrarrojo de luz, están basados principalmente en daño térmico a las glándulas sebáceas. Una ventaja adicional es su potencial para reducir las cicatrices que resultan tras el acné inflamatorio.<sup>11</sup>

Los utilizados con más frecuencia en acné activo son el láser fosfato de potasio y titanio (KTP) que penetra más profundamente que la luz azul, activando porfirinas que actúan sobre *C. acnes*, el láser decolorante pulsado de luz amarilla cuya

acción es mayor sobre el componente vascular del acné y el láser Nd:YAG.

#### Láser fosfato de potasio y titanio

El láser pulsado de luz verde KTP (532 nm) se ha usado tradicionalmente en lesiones vasculares, como telangiectasias en rosácea. Recientemente se ha utilizado en el tratamiento de acné con mínimos efectos secundarios, por lo que es un láser seguro y efectivo. La fototermólisis selectiva de los vasos sanguíneos que irrigan las glándulas sebáceas y la reducción fotodinámica de *C. acnes* son los principales mecanismos de acción por los que el láser KTP actúa efectivamente contra el acné. Por sus mínimos efectos secundarios es bien tolerado, seguro y efectivo, con resultados positivos a las cuatro semanas de tratamiento.<sup>3</sup>

#### Láser decolorante pulsado

El láser decolorante pulsado (PDL) de luz amarilla (585 nm) se ha usado comúnmente en el tratamiento de lesiones vasculares, pero también recientemente en el de enfermedades cutáneas inflamatorias.<sup>1</sup>

Antes se creía que el láser PDL actuaba en el acné al reducir la actividad de *C. acnes* y la glándula sebácea. Sin embargo, se ha demostrado que no tiene efecto en el grado de colonización por parte de *C. acnes* o la producción de sebo. Al tener como blanco a la oxihemoglobina, el láser PDL causa fototermólisis selectiva del componente vascular de la inflamación concomitante. Además de tener efectos antiinflamatorios a través de la sobrerregulación del factor de crecimiento transformante beta, ya que es un potente estimulador de neocolagénesis y un potente inhibidor de la inflamación.<sup>1,3</sup>

El láser PDL es un tratamiento efectivo contra el acné, se utiliza también para tratar las cicatrices hipertróficas del acné inflamatorio.<sup>1</sup>

#### Láser de neodimio

El láser de neodimio, granate de itrio y aluminio Nd:YAG (1064 nm), es un láser no ablativo que aunque se ha utilizado ampliamente para tratar cicatrices de acné, existe poca información de su efectividad en acné activo.<sup>1</sup>

Chun y su grupo reportaron alivio del acné inflamatorio severo usando la combinación de una loción tópica de carbón y Nd:YAG 1064 nm.<sup>11,12</sup>

El gran potencial del uso del láser Nd:YAG deriva de su gran capacidad de penetrar profundamente en la piel para destruir selectiva y térmicamente la glándula sebácea hiperactiva y reducir la inflamación. Además de los efectos térmicos y de penetración, el Nd:YAG 1064 nm también acelera el proceso de cicatrización y estimula la remodelación de colágeno, paso importante en el tratamiento a largo plazo del acné.<sup>11</sup> A excepción de eritema leve de tipo transitorio, no se han reportado otros efectos secundarios, por lo que el tratamiento de acné con láser Nd:YAG 1064 nm es seguro, efectivo y bien tolerado con resultados a largo plazo y sin efectos secundarios.

#### Láseres infrarrojos

Los láseres infrarrojos (1450 y 1540 nm) se desarrollaron para rejuvenecimiento facial no ablativo, pero recientemente se han utilizado en el tratamiento del acné por su capacidad de penetración en la dermis. Aunque la distribución de las glándulas sebáceas en la dermis es muy variable, los láseres infrarrojos tienen como blanco el agua, que es un cromóforo dominante en la glándula sebácea. La luz láser produce selectivamente una zona de daño en la dermis donde se localizan las glándulas sebáceas afectándola lo suficiente para reducir la producción de sebo y, por tanto, el acné.<sup>1,3,13</sup>

### Diodo

Es un láser infrarrojo (1450 nm) que puede causar coagulación térmica de la glándula sebácea y el folículo piloso asociado a través de calentamiento térmico en la dermis media y superior llegando a profundidades de incluso 500  $\mu\text{m}$ .<sup>3</sup>

El mecanismo por el que se presume que actúa contra el acné es a través del calentamiento de la glándula sebácea y estructuras asociadas generando disminución de la actividad sebácea, lo que resulta en reducción de las lesiones inflamatorias de acné.<sup>3</sup>

El uso del láser diodo con fluencias de 14 J/cm<sup>2</sup> ha demostrado ser seguro y efectivo para el tratamiento de lesiones inflamatorias faciales de acné, dado que disminuye el número de las lesiones. Incluso, existen reportes de reducción en la producción de sebo y cicatrices, lo que apoya la teoría de que el mecanismo terapéutico del láser implica la reducción en la actividad de la glándula sebácea. Los efectos secundarios reportados han sido eritema y edema leve transitorio.<sup>1,3,13</sup>

### Erbio

El láser de erbio (1540 nm), aunque frecuentemente utilizado para rejuvenecimiento, se ha usado en acné. Bogle y colaboradores<sup>14</sup> demostraron 78% de mejoría a los 6 meses de tratamiento en 15 pacientes con acné inflamatorio moderado y severo que recibieron la terapia cuatro veces a intervalos de dos semanas. No hubo cambios en la producción de sebo.<sup>1</sup>

### Láser de dióxido de carbono

El láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se usa en el tratamiento de muchas enfermedades dermatológicas, así como en procedimientos estéticos. La ventaja del láser de CO<sub>2</sub> (10,600 nm) es su blanco no selectivo por el haz de luz en el cuerpo,

porque su principal absorción es principalmente por el agua.<sup>15,16</sup>

El papel de los tratamientos mínimamente invasivos en dermatología es lograr el máximo resultado con mínimo daño a la piel. El daño térmico para la remodelación de la piel resulta en ablación superficial con áreas de piel no afectada, lo que resulta en recuperación más rápida.<sup>10,15</sup>

El láser CO<sub>2</sub> se introdujo inicialmente para tratar piel fotodañada e inducir el rejuvenecimiento cutáneo. En la actualidad se usa como opción para la remodelación de cicatrices de acné. Esta terapia está basada en el principio de fototermólisis fraccionada. Al formar columnas de calor crea heridas térmicas microscópicas para lograr un daño térmico homogéneo a una determinada profundidad dentro de la piel.<sup>15-18</sup>

Los efectos secundarios reportados, como eritema, irritación y edema, son principalmente transitorios.<sup>19</sup> Los efectos secundarios, como cicatrices e hiperpigmentación residual son raramente reportados y dependen en gran medida del fototipo de piel del paciente.

En los pacientes mexicanos, la pigmentación posinflamatoria es una complicación importante que puede persistir meses después de la administración de algunas de las terapias mencionadas. La aplicación de láseres ablativos de dióxido de carbono ha producido resultados significativos en el tratamiento de cicatrices faciales atróficas en por lo menos 50% de los casos; sin embargo, la pigmentación posinflamatoria sigue siendo un problema en pieles de fototipos III y IV.<sup>16</sup>

### Radiofrecuencia

Hace poco se crearon nuevas tecnologías que permiten que el paciente se reintegre con prontitud a su vida normal con menor tiempo de recuperación, como la radiofrecuencia y la

radiofrecuencia fraccionada, que permiten lograr simultáneamente el calentamiento volumétrico de la piel tratada y la restauración cutánea al realizar una microablación fraccionada.<sup>19</sup>

Esta tecnología combinada es adecuada porque permite el tratamiento de múltiples capas de la piel en una misma sesión de tratamiento.<sup>19</sup> El tratamiento con radiofrecuencia por sí sola permite la contracción y remodelación de las fibras de colágeno y elastina, logrando así contraer la piel y mejorar su textura. Se presume que también logra reducción de la inflamación perifolicular y de la glándula sebácea.<sup>3,19</sup>

La radiofrecuencia fraccionada induce puntos de microablación y esos cambios superficiales, esos microdaños en la epidermis estimulan la remodelación térmica integral; por ende, se mejora la textura de la piel y, secundariamente, disminuyen las cicatrices de manera efectiva.<sup>19,20</sup>

La combinación de radiofrecuencia volumétrica con radiofrecuencia fraccionada es un tratamiento cosméticamente satisfactorio, eficaz y seguro para la disminución, desde el punto de vista estético, de las cicatrices atróficas puntiformes secundarias al acné inflamatorio. Asimismo, es un tratamiento conservador, porque requiere múltiples sesiones para alcanzar un resultado que pacientes y médicos tratantes consideren cosméticamente satisfactorio. Debido al poco daño térmico cutáneo, cumple con los estándares que demandan los pacientes en la actualidad: tiene recuperación rápida y, por ende, tiempo de inactividad social mínimo.<sup>19</sup>

### Microagujas

El tratamiento con microagujas es una terapia novedosa en dermatología. Conocida también como terapia inductora de colágeno, es un proceso que implica la punción repetitiva de la piel con agujas estériles.<sup>21</sup>

Para el tratamiento de cicatrices de acné puede utilizarse con un rodillo o *roller*, o mediante un dispositivo electrónico.<sup>22</sup>

Su mecanismo de acción se basa en el traumatismo físico. Se ha propuesto que el traumatismo generado por la penetración de la aguja en la piel induce regeneración de la dermis. Las agujas penetran el estrato córneo, sin removerlo, y crean pequeños canales con mínimo daño a la epidermis. Esto secuencialmente estimula la generación de factores de crecimiento que a su vez estimulan la producción de colágeno y elastina en la dermis papilar. Se induce la cascada de cicatrización natural mientras se reclutan plaquetas y neutrófilos que liberan factores de crecimiento, como TGF-alfa, TGF-beta y PDGF. Esto resulta en el depósito de colágeno por fibroblastos.<sup>21</sup>

Con la apertura de microcanales permiten potenciar la absorción de terapias tópicas a través de la gruesa capa córnea mediante la entrega transdérmica de diferentes medicamentos y macromoléculas haciendo su acción aún más efectiva y logrando resultados más rápidamente.<sup>23</sup>

En general, las microagujas ofrecen una herramienta simple relativamente de bajo costo y mínimamente invasiva logrando beneficios cosméticos y terapéuticos en los pacientes con acné y secuelas de éste.

### DISCUSIÓN

La terapéutica actual del paciente con acné debe ser multidisciplinaria e integral. Los tratamientos convencionales tópicos y sistémicos según la severidad y tipo de acné deben ser la piedra angular en su manejo. Los avances en la tecnología y el conocimiento del sitio específico de acción hacen que las terapias fotolumínicas y los diversos láseres disponibles jueguen un papel fundamental en la terapéutica complementaria.

Asimismo, el uso de tecnología ha demostrado que los pacientes se recuperan mucho más rápido y experimentan periodos inflamatorios más cortos, menor dolor, control del eritema, menor riesgo de hiperpigmentación posinflamatoria, sobre todo en fototipos más oscuros de piel y mayor apego a los tratamientos, todo lo cual disminuye el riesgo de recaídas y conlleva menos secuelas de la enfermedad. La velocidad de aparición de nueva tecnología limita al dermatólogo a conocer cada una de las terapias complementarias emergentes; sin embargo, debe contar con principios básicos de las diferentes terapias, conocer los espectros lumínicos y su rango de acción para poderlos indicar a cada paciente en particular de manera correcta.

## REFERENCIAS

1. Pei S, Inamadar AC, Adya KA, Tsoukas MM. Light-based therapies in acne treatment. *Indian Dermatol Online J* 2015;6:145-57.
2. Kim R, Armstrong H. Current state of acne treatment: Highlighting lasers, photodynamic therapy, and chemical peels. *Dermatol Online J*. 2011 Mar 15;17(3):2.
3. Rai R, Natarajan K. Laser and light based treatments of acne. *Indian J Dermatol Venereol Leprol* 2013;79:300-309.
4. Yazdi A, Lyons C, Roberts N. Visually augmented targeted combination light therapy for acne vulgaris: a case report. *J Med Case Rep* 2017;11:316.
5. Medina G., Rodriguez U. Luz pulsada intensa en el tratamiento del acné. *Rev Hosp Jua Mex* 2013;80(2):129-133.
6. Park K. 1213 cases of treatment of facial acne using indocyanine green and intense pulsed light in Asian skin. *Bio Med Research Int* 2015;2015:596161. doi: 10.1155/2015/596161.
7. Yeung C, Shek S, Bjeriing P, Yu C, Kono T, Chan H. A comparative study of intense pulsed light alone and its combination with photodynamic therapy for the treatment of facial acne in Asian skin. *Lasers Surg Med* 2007;39:1-6.
8. Narurkar V, Gold M, Shamban A. Photopneumatic technology used in combination with profusion therapy for the treatment of acne. *J Clin Aesthet Dermatol* 2013;6(9):36-40.
9. Omi T. Photoneumatic technology in acne treatment and skin rejuvenation: histological assessment. *Laser Therapy* 2012;21(2):113-123.
10. Maranda E, Simmons B, Nguyen A, Lim V, Keri J. Treatment of acne keloidalis nuchae: A systematic review of the literature. *Dermatol Ther* 2016;6:363-378.
11. Sult R. Case report: Treatment of acne vulgaris with long-pulsed 1064 nm Nd:YAG laser. *J Laser Health Acad* 2014;1:57-60.
12. Chun SI, Calderhead RG. Carbon assisted Q-switched Nd:YAG laser treatment with two different sets of pulse width parameters offers a useful treatment modality for severe inflammatory acne: a case report. *Photomed Laser Surg* 2011;29:131-5.
13. Aziz-Jalali MH, Tabaie SM, Djavid GE. Comparison of red and infrared lowlevel laser therapy in the treatment of acne vulgaris. *Indian J Dermatol* 2012;57:128130.
14. Bogle MA, Dover JS, Arndt KA, Mordon S. Evaluation of the 1,540-nm Erbium: Glass laser in the treatment of inflammatory facial acne. *Dermatol Surg* 2007;33(7):810-7.
15. Petrov A. Efficiency of carbon dioxide fractional laser in skin resurfacing. *Open Access Maced J Med Sci* 2016 Jun 15;4(2):271-276.
16. Ruiz-Ávila J, Nava-Estrada M, Besil-Eguía F. Uso de láser de CO<sub>2</sub> fraccionado para el tratamiento de cicatrices faciales atróficas de acné en pacientes mexicanos. *Dermatol Rev Mex* 2010;54(2):56-58.
17. Kar BR, Raj C. Fractional CO<sub>2</sub> laser vs fractional CO<sub>2</sub> with topical platelet-rich plasma in the treatment of acne scars: A split-face comparison trial. *J Cutan Aesthet Surg* 2018;10:136-44.
18. Nilforoushzadeh MA, Faghihi G, Jaffary F, Haftbaradaran E, Hoseini SM, Mazaheri N. Fractional carbon dioxide laser and its combination with subcision in improving atrophic acne scars. *Adv Biomed Res* 2017;6:20
19. Leal-Silva H, Carmona-Hernández E, López-Sánchez N, Grijalva-Vázquez M. Tratamiento de cicatrices puntiformes de acné con combinación de radiofrecuencia volumétrica y fraccionada. *Dermatol Rev Mex* 2016;60:3-10.
20. Ramesh M, Gopal M, Kumar S, Talwar A. Novel technology in the treatment of acne scars: the matrix-tunable radio-frequency technology. *J Cutan Aesthet Surg* 2010;3:(2).
21. Iriarte CS, Awosika O, Rengifo-Pardo M, Ehrlich A. Review of applications of microneedling in Dermatology. *Clin Cosmet Investig Dermatol* 2017;10:289-298.
22. El-Domyati M, Barakat M, Awad S, Medhat W, et al. Microneedling therapy for atrophic acne scars. *J Clin Aesthet Dermatol* 2015;8(7):36-42.
23. Serrano P, Escobar J, Rodriguez I, Melgoza L, Martinez J. Microneedles as enhancer of drug absorption through the skin and applications in medicine and cosmetology. *Pharm Pharm Sci* 2018;21:73-93.