

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA IRRADIACIÓN CON LUZ LÁSER EN PROCEDIMIENTOS DE CIRUGÍA ESTÉTICA

R. Neira ¹, C.Ortiz ¹, J. Arroyabe ², H. Ramírez ^{3,4}, M.I. Gutiérrez ⁵,
A. Reyes ⁶, E. Solarte ⁶

¹ Centro Médico Imbanaco, Cali

² Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali

³ Escuela de Medicina, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali

⁴ Facultad de Medicina, Universidad Libre, Cali

⁵ Escuela de Salud Pública, Facultad de Salud, Universidad del Valle,
Cali

⁶ Grupo de Optica Cuántica, Depto. de Física, Universidad del Valle, A.
A. 25360, Cali, Colombia

Resumen

En los procedimientos de liposucción la extracción del tejido adiposo se facilita mediante procesos físico - químicos que permiten su licuefacción. Recientemente se ha observado que la aplicación externa de dosis moderadas de radiación láser, en el rango de los 630-670 nm, sobre la región a intervenir, previa la infiltración de una cantidad apropiada de solución de infiltración, parece inducir y facilitar la destrucción de adipocitos, dejando en libertad las grasas en ellos contenidas. Este hecho parece corroborarse mediante estudios de microscopía electrónica. Se presentan los resultados de los estudios de transmisión de radiación VIS, para la solución de infiltración y para mezclas de tejido en solución de infiltración irradiados con lámpara de mercurio, con luz láser de He-Ne y de diodo láser.

INTRODUCCIÓN

La utilización de radiación láser, en diversos campos de la medicina y en particular en el campo de la cirugía, es una realidad tecnológica que va desde su aplicación como bisturí y cauterio, hasta complejas aplicaciones fotoquímicas ^[1]. Con los avances en la fotoquímica y la facilidad de inducir reacciones químicas con láseres de distintas frecuencias, se han desarrollado nuevos campos de aplicación que se relacionan con Terapia Activada o facilitada por Luz, (Photodynamic Therapy: PDT), a través de procesos fotoquímicos directos o por fluorescencia ^[2,3,4], en los cuales la

luz se absorbe bien sea en moléculas de organismo, produciendo o catalizando cambios o reacciones químicas que facilitan el efecto de la droga; o bien, se absorbe por las sustancias implantadas en el organismo, produciendo o catalizando cambios o reacciones en estas sustancias, que facilitan o regulan su acción sobre las células o sobre otras moléculas propias del organismo.

En un campo intermedio, de difícil corroboración analítica o física ^[5, 6], se encuentran otras posibles aplicaciones de la radiación láser, que se relacionan principalmente con su utilización en terapia física. Este campo abarca un enorme espectro de posibilidades ^[7, 8, 9], que cubre desde efectos en la mitosis celular, las lesiones internas de músculos y tendones hasta las lesiones externas, sean o no de origen quirúrgico. Incluye además el alivio del dolor, la curación de las heridas y la reproducción celular. La utilización de láseres de baja potencia ha originado un nuevo campo terapéutico conocido como Terapia Láser de Bajo Nivel (Low Level Laser Therapy: LLLT).

El caso que se presenta en este trabajo se relaciona con una aplicación de la radiación láser de baja potencia y de baja energía, en procedimientos de lipoescultura. En este caso aparentemente se entremezclan los dos últimos grupos de aplicaciones mencionados anteriormente. El propósito del trabajo es contribuir a la elucidación de los mecanismos que ocurren y distinguir la acción efectiva de la radiación láser.

EL PROBLEMA CLÍNICO

Un procedimiento estándar para la lipoescultura por succión es una combinación de técnicas, relativamente segura, que implica: La preparación del paciente; la infiltración con una solución que produce tumescencia ^[10, 11] y que mayormente es solución salina, con agregados de anestésico (lidocaina), agente reductor (bicarbonato de sodio), y agente controlador (adrenalina), esta solución permite la anestesia local ^[12] y facilita la extracción de la grasa. El posterior tratamiento con ultrasonido ^[13, 14], y finalmente la extracción de la grasa mediante aspiración local. El adelanto técnico realizado en la práctica de esta intervención a facilitado los procedimientos quirúrgicos, permitiendo una extracción más sencilla de las grasas y disminuyendo el tiempo de intervención, con la consecuente disminución de los riesgos ^[15].

Permanecen sin embargo algunos riesgos ^[16], que en general mantienen una baja tasa de complicaciones ^[17] como hematoma, seroma, infección, y pérdida de piel, pero que también pueden ser fatales ^[18]. Las complicaciones observadas dependen de factores como la tolerancia al anestésico, la posible contaminación por contacto con la zona quirúrgica (ultrasonido), el volumen de grasa extraído y la duración del postoperatorio. Lo anterior permite pensar en que sería deseable encontrar una técnica, que manteniendo la eficiencia de las técnicas estándar, permita un mejor control del sangrado, minimice el riesgo de infección y permita una recuperación más rápida.

En la Clínica Imbanaco de Cali, se inició en el año de 1998 el tratamiento postoperatorio con láser (LLLT) ^[5], con la intención de mejorar el proceso de recuperación. Hacia finales de 1999 se decidió aplicar el tratamiento con láser inmediatamente antes de la succión y en el postoperatorio, con la intención de mitigar los efectos de la intervención. Además del efecto esperado en cuanto a la recuperación de los pacientes, se observaron otros hechos clínicos importantes ^[19]: fue más fácil extraer la grasa, ésta aparentemente se encontraba más fluida, se redujo apreciablemente el tiempo de intervención, y se logró mejor retracción cutánea.

Con el fin de investigar el efecto de láser sobre el tejido adiposo se procedió a irradiar tejido adiposo procedente de abdominoplastia, con los mismos tiempos e intensidades utilizados en el tratamiento preoperatorio y se realizó un detallado estudio de las células adiposas utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM) y de Transmisión (TEM) ^[19]. La observación microscópica muestra destrucción del tejido adiposo y gotas de grasa en la región intercelular. Al mismo tiempo, las demás estructuras, como vasos capilares, tejido conectivo y células sanguíneas, se conservan.

La Figura 1 muestra el tejido adiposo normal, con su característica formación de racimos, con adipocitos de contornos suaves, llenos de grasa, así como fibras colágenas.

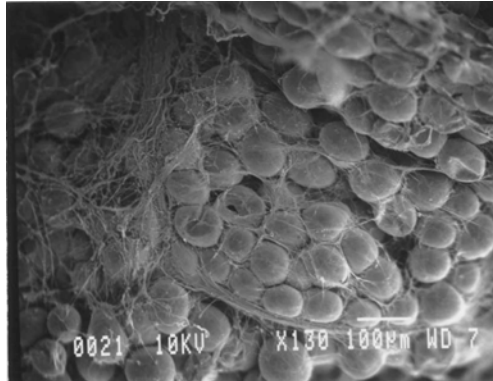


Figura 1. Tejido adiposo normal (SEM)

Cuando se irradia el tejido por cuatro (4) minutos, Figura 2, se observa la destrucción de la estructura de racimos, gotas de grasa en los intersticios celulares y retracción de las paredes celulares. La Figura 3, muestra el efecto de seis (6) minutos de irradiación, se observa la destrucción del tejido adiposo, las membranas celulares están completamente retraídas y adoptan formas irregulares.

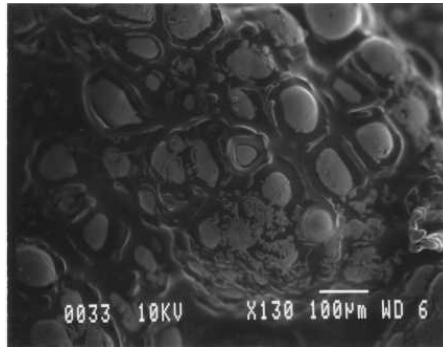


Figura 2. Tejido adiposo después de 4 minutos de irradiación con láser, 10mW @ 635 nm

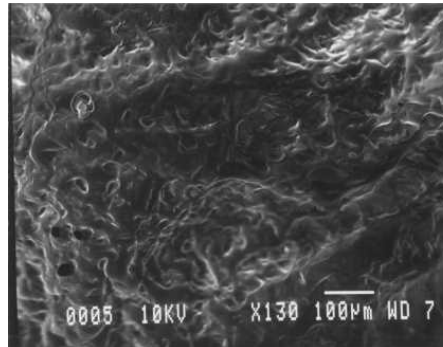


Figura 3. Tejido adiposo después de 6 minutos de irradiación con láser, 10mW @ 635 nm

La microscopía de transmisión (TEM), que permite una visión detallada de las células adiposas, corrobora las observaciones anteriores. La Figura 4, muestra el tejido normal, con células adiposas de contornos suaves, llenas de grasa y contiguas, cerrando el espacio intercelular.

La Figura 5, después de cuatro minutos de irradiación, muestra una célula adiposa normal, pero otras han perdido grasa presentando contornos irregulares, aumentándose el espacio entre células.

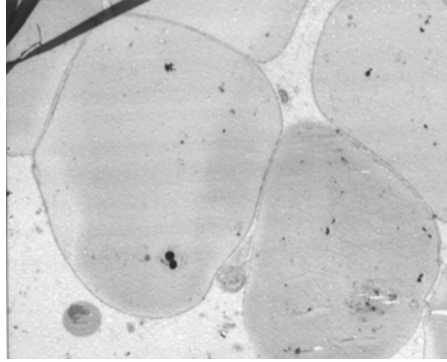


Figura 4. Tejido adiposo normal (TEM)

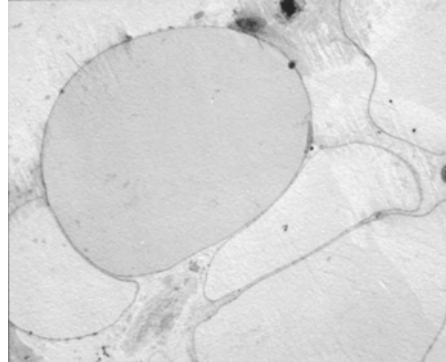


Figura 5. Tejido adiposo después de 4 minutos de irradiación con láser, 10mW @ 635 nm

Para corroborar un posible efecto de la radiación sobre el tejido adiposo se realizaron además estudios por métodos de imágenes (MRI) que son descritos en otra comunicación ^[20].

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con el fin de iniciar la elucidación de los efectos físicos de la radiación sobre el tejido adiposo se procedió a caracterizar el láser de terapia, utilizado en los tratamientos. Se tomaron los espectros de la luz emitida por el láser y se compararon con los correspondientes espectros de emisión de un láser de He-Ne y de un diodo láser (laser pointer). Para observar una posible acción de la solución de infiltración (Klein ^[10,11]), se tomaron los espectros de transmisión de muestras de 3 ml de solución de infiltración, comparándolos contra un patrón de agua destilada. Para observar la acción de la luz sobre el sistema, se prepararon muestras de suspensiones de adipocitos en la solución de infiltración y fueron analizadas comparándolas contra una muestra patrón de la solución de infiltración. Se utilizó un espectrofotómetro de doble haz, en la región del visible de 800 a 370 nm, acoplado a un sistema de adquisición de datos. El espectrómetro fue calibrado con un patrón de HoCl_3 , en el rango

Visible – Ultravioleta, los espectros fueron corregidos y normalizados considerando los efectos del aparato. El ruido fue inferior al 1%.

Se realizaron tres experimentos diferentes. En el primero se depositó una muestra de 1.9 g de tejido adiposo en 20 ml de solución de infiltración durante 10 minutos y se extrajeron 3 ml del líquido. Se observó turbidez debida a la suspensión de partículas en la solución. Utilizando una cubeta de cuarzo, de 1 cm² de base se tomó el espectro de transmisión, el patrón fue una muestra de la solución de infiltración en una cubeta igual. Este espectro se usó como referencia. La suspensión fue irradiada con luz de una lámpara espectral de Mercurio (25 W todas las líneas), sin filtros y la misma muestra fue irradiada en tiempos acumulativos, para producir tiempos totales de irradiación de 1, 2, 4 y 6 minutos. Después de cada irradiación se tomó el espectro de transmisión de la suspensión.

En un segundo experimento, se prepararon suspensiones de adipocitos de mayor concentración (mayor permanencia del tejido graso en la solución de infiltración) y en un procedimiento similar fueron irradiadas con luz láser de He-Ne (1 mW) acumulando tiempos de irradiación de 2, 4 y 6 minutos. Los espectros de transmisión de la muestra sin irradiar fueron tomados como referencia. Con el fin de observar y poder considerar los efectos de la solución de infiltración y los debidos al movimiento de las partículas en suspensión, durante el tiempo de la toma de los espectros, se preparó una muestra de suspensión y se midió la evolución de la transmisión luminosa durante un tiempo igual al de la toma de los espectros, para una longitud de onda de 536.6 nm.

Considerando los resultados de las pruebas anteriores, se realizó un tercer experimento para el cual se prepararon dos muestras de tejido adiposo, de aproximadamente la misma masa, en 20 ml en solución de infiltración, en recipientes separados. Una de estas muestras se tomó como referencia y no fue irradiada, la otra fue irradiada con la luz del láser utilizado en la terapia, acumulando tiempos de irradiación de 2, 4, 6 y 8 minutos. Se tomaron los espectros de transmisión de las muestras sin irradiar y luego de cada irradiación se tomaron los espectros de la suspensión irradiada y de la que no se había irradiado. Cada espectro se tomó con referencia a una muestra de solución de infiltración y después de cada procedimiento la muestra era retornada al recipiente respectivo.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS

La Figura 6 muestra los espectros del láser utilizado en el procedimiento comparado con los correspondientes espectros de un láser He-Ne y de un diodo láser. La Figura 7 muestra el espectro de emisión del láser utilizado en las liposucciones, en la posición de mayor potencia de salida.

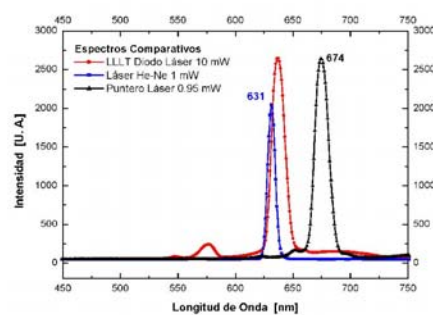


Figura 6. Comparación de los espectros de emisión de los láseres

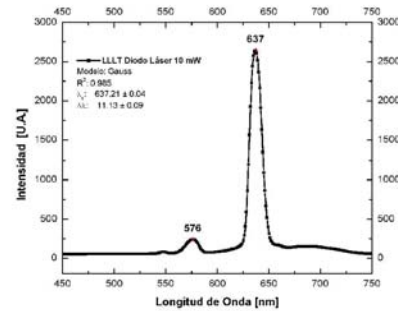


Figura 7. Espectro de emisión del láser utilizado en los procedimientos quirúrgicos

El láser empleado es un láser semiconductor, cuyo espectro de emisión presenta dos picos en 637 ± 2 y en 576 ± 2 nm. El modelo de pico Gaussiano presenta una correlación del 98.5%, con una dispersión en longitudes de onda de 11 nm. El ancho en la base de los picos es de 13 ± 2 nm. Se observa que dentro del ancho del láser cae el pico de emisión del láser de He-Ne (medido: 631 ± 2 nm).

Se tomaron los espectros de emisión para las distintas posiciones disponibles de la óptica de salida del láser. Solamente para la máxima intensidad (nominal 10 mW) se aprecia la emisión en la línea de 576 nm. La posición de potencia más baja, produce un haz débil, pero que de todas formas sobresale en un 73% sobre el nivel de ruido de la luz ambiental. Se comprobó la linealidad para la transmisión de potencia de la óptica dispersiva, disponible en el equipo para producir un patrón en forma de línea, encontrándose un coeficiente de correlación del 99.9 %. Sin embargo, al normalizar los valores medidos a los valores nominales, las posiciones de potencia disponibles presentan valores menores que los nominales.

La Figura 8 muestra espectros típicos de transmisión de la solución de infiltración utilizada en los procedimientos quirúrgicos. Los espectros que se presentan se tomaron con y sin solución de referencia (Agua Destilada), para efectos de comparación. El espectro referido al patrón de H₂O muestra que no hay absorciones notables en la región VIS examinada. La solución presenta sin embargo una fuerte señal de absorción en el Ultravioleta, que no fue estudiada en detalle en este trabajo.

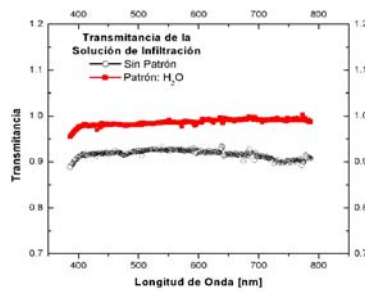


Figura 8. Espectros de transmisión de la solución de Infiltración

Los espectros de transmisión de luz por suspensiones de adipocitos irradiados con lámpara de mercurio, se presentan en las Figuras 9 y 10. La Figura 9 presenta la transmitancia medida para la suspensión de adipocitos, de baja concentración, irradiada con luz de mercurio. Para la muestra sin irradiar se observa un comportamiento similar al presentado por la sola solución de infiltración, pero con menor transmisión.

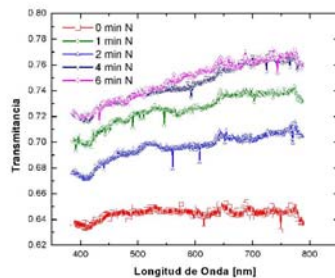


Figura 9. Transmitancia de la suspensión de adipocitos en solución de Klein, irradiados con luz de lámpara espectral de mercurio

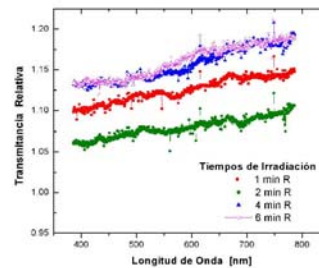


Figura 10. Transmitancia de las muestras irradiadas con luz de mercurio, relativa a la obtenida para la muestra sin irradiación de mercurio

La Figura 10 presenta las curvas de transmitancia relativa, definida ésta como la razón punto a punto entre una transmitancia dada y la curva de transmitancia correspondiente a la suspensión antes de ser irradiada. Esta razón es una forma de apreciar el efecto producido por la manipulación de la muestra (irradiación y tiempo de acción de la solución de infiltración). Obsérvese que se obtienen valores que indican efectos entre el 5 y el 20%, para tiempos de irradiación entre 1 y 6 minutos.

Para un tiempo de irradiación de 2 minutos se observa que la transmitancia relativa disminuye con respecto a la de 1 minuto, para 4 minutos los valores vuelven a ser superiores a los de 1 y 2 minutos, pero el comportamiento para 6 minutos se diferencia muy poco del de 4 minutos.

Los efectos de la irradiación con luz láser de He-Ne se muestran en las Figuras 11 y 12.

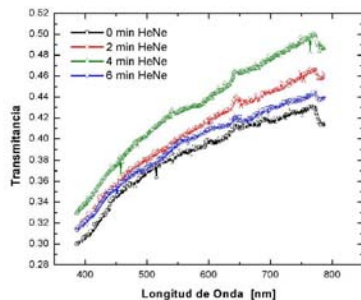


Figura 11. Transmitancia de la suspensión de adipocitos en solución de infiltración, irradiados con luz láser de He-Ne

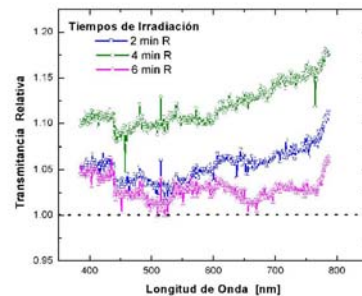


Figura 12. Transmitancia de las muestras irradiadas con láser de He-Ne, relativa a la obtenida para la muestra sin irradiación

La Figura 11 muestra el comportamiento de la transmitancia para la dilución de adipocitos irradiados con láser He-Ne. El efecto de la mayor concentración de partículas se aprecia en la variación del valor de la transmitancia para la muestra no irradiada. Las curvas de transmitancia para la suspensión más densa, irradiadas con luz láser He-Ne, presentan en general pendientes mayores que para el caso de las muestras de menor concentración irradiadas con luz de mercurio. Puede observarse también que las curvas difieren substancialmente de la característica de la

sola solución de infiltración y también de las obtenidas para la irradiación con luz de mercurio.

La Figura 12 presenta el comportamiento de la transmitancia comparada con la transmitancia de la muestra no irradiada. Estas curvas son también diferentes a las obtenidas en el caso de la irradiación con luz de mercurio.

Las variaciones de transmitancia están entre el 1 y el 18%. Se observan también una regresión de los valores de transmitancia: Los valores de la transmitancia relativa para 4 minutos de irradiación son mayores que los obtenidos para 2 minutos, pero los valores para 6 minutos de irradiación caen por debajo de los correspondientes a 2 minutos.

La Figura 13 muestra la evolución temporal de la señal transmitida por una dilución concentrada de adipocitos. Los valores corresponden a la transmitancia para la longitud de onda de 536.6 nm, una de las líneas del espectro de absorción HoCl_3 , utilizado como calibración. Obsérvese que la señal oscila, pero crece aproximadamente un 10% en 400 segundos. Este efecto se debe a dos razones principales, por una parte al movimiento interno de la suspensión, pues las grasas y los adipocitos flotan en la solución de infiltración y otra a una acción de la propia solución de infiltración que disgrega los racimos de células grasas.

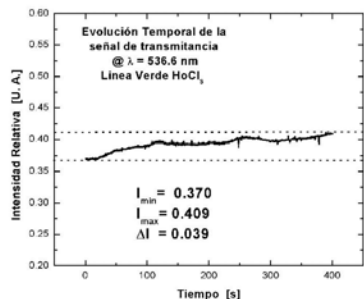


Figura 13. Evolución temporal de la intensidad transmitida por una dilución de adipocitos en solución de infiltración

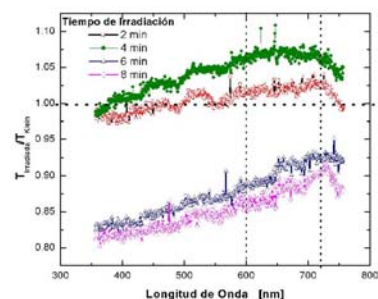


Figura 14. Transmitancia de soluciones irradiadas con el láser de terapia, relativas a las correspondientes de diluciones sin irradiación.

El tercer experimento se realizó con la idea de poder tener en cuenta estos efectos. La Figura 14 muestra las curvas obtenidas para la razón

entre las transmitancias de las muestras irradiadas con el láser de 637 nm a una potencia de 10 mW, y las correspondientes transmitancias de la suspensión patrón, que no fue irradiada. Se observa en la Figura 14 que los efectos para tiempos de irradiación de 2 y 4 minutos, superan en general los efectos de la solución de infiltración, sin embargo están por debajo de estos para las menores longitudes de onda. Por otra parte, se observa el mismo fenómeno que se presentó para las irradiaciones con luz de mercurio y láser de He-Ne; los valores para 6 y 8 minutos de irradiación están por debajo de los correspondientes para irradiaciones de 2 y 4 minutos y son menores que los obtenidos para las muestras no irradiadas. El aspecto más interesante de estas curvas es que muestran un máximo del efecto para la irradiación de 4 minutos, precisamente en el rango entre 600 y 700 nm.

CONCLUSIONES

Aunque el espectro de transmitancia de la solución de infiltración no presenta absorciones significativas en el rango visible, se produce una dilución del tejido adiposo en la solución, que puede corroborarse por la disminución de la transmitancia de la suspensión con el tiempo de permanencia del tejido en el líquido. Este hecho es importante porque permite pensar que al ser inyectada en el tejido aumenta la transmisión de la luz y su penetración, el efecto óptico neto sería ayudar a la difusión de la luz en el tejido, lo cual parece corroborarse por las observaciones de Kolárová et al. ^[21].

Con el aumento del tiempo de irradiación se observan variaciones en el comportamiento de las curvas de transmitancia, que aparentemente indican un efecto de la radiación sobre la suspensión. Efecto que se traduce en el aumento de la transmitancia de la dilución. Esto es, en aumento de su transparencia al paso de la luz.

Los resultados encontrados permiten decir que existe probablemente un efecto de la radiación sobre el tejido adiposo, que facilita la licuefacción de la grasa. Los efectos se traducen ópticamente en una modificación de la transmitancia, del orden del 10%, apreciable claramente sobre un ruido del orden del 1%. El efecto se presenta entre los 600 y los 700 nm. Los efectos observados de aumento en la transmitancia se deben tanto a la acción del medio de tumescencia como a la luz y pueden posiblemente

entenderse como consecuencia del encogimiento de las células al perder grasa.

REFERENCIAS

- [1] **B. L. Aronoff.** "Review: Lasers: Reflections on their evolution", J Surg Oncol 64:84-92, (1997)
- [2] **A. Kübler, D. H. Crean, J. Kingsbury, C. Liebow, T. S. Mang.** "Photodynamic therapy and hyperthermia as an adjuvant modality in preventing tumor recurrence", Lasers Surg Med 20:188-194, (1997)
- [3] **L. Gossner, A. May, R. Sroka, M. Stolte, E. G. Hahn, C. Ell.** "Photodynamic destruction of high grade dysplasia and early carcinoma of the esophagus after the oral administration of 5-aminolevulinic acid", Cancer 86:1921-1928, (1999)
- [4] **R. Sroka, M. Schaffer, C. Fuchs, T. Pongratz, U. Schrade - Reichard, M. Busch, P. M. Schaffer, E. Dühmke, and R. Baumgartner.** "Effects on the Mitosis of normal and Tumor Cell Induced by Light Treatment of Different Wavelengths", Lasers Surg Med 5: 263-271, (1999)
- [5] **P. R. King.** "Low Laser Therapy: A Review", Lasers Med. Sci. 4, 141-150, (1989)
- [6] **A. Schlager, P. Kronberger, F. Petschke, H. Ulmer.** "Low-power laser light in the healing of burns: A comparison between two different wavelengths (635 nm and 690 nm) and a placebo group", Lasers Surg Med 27, (1): 39-42, (2000)
- [7] **R. Sroka, M. Schaffer, C. Fuchs, T. Pongratz, U. Schrade - Reichard, M. Busch, P. M. Schaffer, E. Dühmke, and R. Baumgartner.** "Effects on the Mitosis of normal and Tumor Cell Induced by Light Treatment of Different Wavelengths", Lasers Surg Med 5: 263-271, (1999)
- [8] **A. D. Agaiby, L. R. Ghali, R. Wilson, M. Dyson.** "Laser

modulation of angiogenic factor production by T-lymphocytes", *Lasers Surg Med* 26:357-363, (2000)

- [9] **I. Stadler, R. Evans, B. Kolb, J. O. Naim, V. Narayan, N. Buehner, R. J. Lanzafame.** "In vitro effects of low-level laser irradiation at 660 nm on peripheral blood lymphocytes", *Lasers Surg Med* 27: 255-261, (2000)
- [10] **J. A. Klein.** "Tumescent Technique" *AMJ Cosmet Surg* 4, 263, (1987)
- [11] **J. A. Klein.** "The tumescent technique. Anesthesia and modified liposuction technique", *Dermatol Clin* 8: 425, (1990)
- [12] **A. Matarasso.** "Lidocaine in ultrasound-assisted lipoplasty", *Clin Plast Surg* 26: 431-439, (1999)
- [13] **M. L. Zocchi.** "Ultrasonic Liposculpturing". *Aesth Plast Surg* 16: 287-298, (1992)
- [14] **B. N. Silberg.** "The technique of external ultrasound-assisted lipoplasty", *Plast Reconstr Surg* 101: 552, (1998)
- [15] **D. L. Abramson.** "Tumescent Abdominoplasty: An Ambulatory Office Procedure", *Aesth Plast Surg* 22: 404-407 (1998)
- [16] **C. Troilius.** "Ultrasound-Assisted Lipoplasty: Is It Really Safe? ", *Aesth Plast Surg* 23:307-311 (1999)
- [17] **G. Schwarz, A. L. Pusic.** "Current status of suction lipectomy in Canada: A cross-sectional survey of plastic surgeons", *Canad J Plastic Surg* 8: 94-96, (2000)
- [18] **S. P. Daane, W. Bradford Rockwell.** "Analysis of Methods for Reporting Severe and Mortal Lipoplasty Complications", *Aesth Plast Surg* 23:303-306 (1999)
- [19] **R. Neira, J. Arroyave, H. Ramírez, C. Ortiz, E. Solarte, F.**

Sequeda, M. I. Gutiérrez. "Low Level Laser Assisted Lipoplasty: A new Technique", To be presented at the World Congress on Liposuction Surgery, Michigan, October 2000

[20] **R. Neira, C. L. Ortiz.** "MRI Characteristic of fat after irradiation with a low level laser device" Submitted to Cosmetic Surgery Journal.

[21] **H. Kolárová, D. Ditrichová, J. Wagner.** "Penetration of the laser light into the skin in vitro", Lasers Surg Med 24, 231-235, (1999)