

NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT HIỆN TƯỢNG XUYỀN KÊNH TRÊN CƠ SỞ BA ỐNG DẪN SÓNG PHẪNG ĐA MODE

Đinh Văn Hoàng, Mai Hồng Hạnh

ĐH Khoa Học Tự Nhiên - ĐH Quốc Gia Hà Nội.

Tóm tắt: Trong bài báo này, chúng tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của hiện tượng xuyên kênh trong trường hợp 3 ống dẫn sóng phẳng đa mode. Dựa vào việc giải bằng số hệ phương trình truyền sóng, chúng tôi đã tìm được những thông số cấu trúc ảnh hưởng lớn tới hiện tượng xuyên kênh như hiệu chiết suất giữa lõi và vỏ, bước sóng ánh sáng chiếu tới, bán kính các ống dẫn sóng.

1. Mở đầu

Từ những năm cuối thế kỷ XX, nhân loại đã có nhiều tiến bộ trong truyền dẫn thông tin. Với sự ra đời của hệ thống WDM, chúng ta đã có thể truyền được dung lượng thông tin lớn tới Gigabit. Tuy nhiên, một trong những nguyên nhân làm ảnh hưởng tới chất lượng truyền dẫn đó là hiện tượng xuyên kênh – năng lượng có thể truyền giữa các ống dẫn sóng. Hiện tượng này gây ra nhiễu hay tiếng ồn trong truyền thông tin.

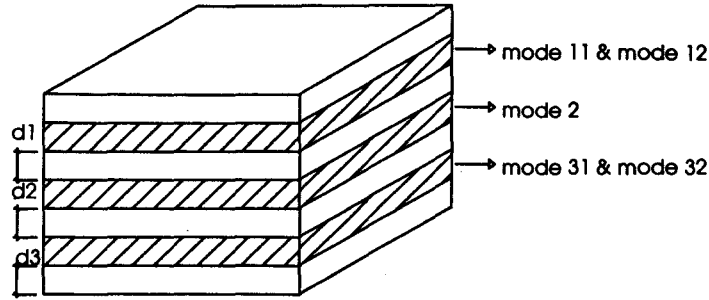
Hiện tượng xuyên kênh đã được nghiên cứu bởi nhiều tác giả [1-4] và trong trường hợp 3 ống dẫn sóng phẳng đơn mode [5]. Trong bài báo này, chúng tôi đã mở rộng trong trường hợp 3 ống dẫn sóng phẳng đa mode. Dựa vào các phương trình truyền sóng trong phần II, chúng tôi đã nghiên cứu tới ảnh hưởng của các thông số cấu trúc như là hiệu chiết suất, độ dài của bước sóng ánh sáng chiếu tới... lên hiện tượng xuyên kênh. Những kết quả thu được được trình bày ở mục 3.

2. Các phương trình cơ bản

Giả sử có 3 ống dẫn sóng đặt gần nhau như hình vẽ đủ để hiện tượng xuyên kênh xảy ra. Ánh sáng có thể truyền từ ống dẫn sóng này sang ống dẫn sóng kia do năng lượng quang học có thể truyền giữa 3 ống dẫn sóng.

Giả thiết 3 ống dẫn sóng phẳng được tạo bởi 3 bản có độ rộng d_1, d_2, d_3 và cách nhau bởi khoảng cách l_1, l_2 và với chiết suất tương ứng của các ống là n_1, n_2 và n_3 , chiết suất ở ngoài bản là n . Xem hình vẽ:

Giả thiết sóng tuần hoàn trong 3 ống là sóng phẳng và truyền theo trục Oz. Ống 1, 3 giống hệt nhau và có 2 mode truyền, ống 2 có 1 mode truyền. Khi 3 ống không xảy ra tương tác thì trường quang học ở 3 ống có dạng [1]:



Hình 1: Mô hình 3 ống dẫn sóng phẳng.

$$E_1(y, z) = a_{11}u_{11}(y)e^{-\beta_{11}z} + a_{12}u_{12}(y)e^{-\beta_{12}z} = E_{11} + E_{12} \quad (2.1)$$

$$E_2(y, z) = a_2u_2(y)e^{-\beta_2z} \quad (2.2)$$

$$E_3(y, z) = a_{31}u_{31}(y)e^{-\beta_{31}z} + a_{32}u_{32}(y)e^{-\beta_{32}z} = E_{31} + E_{32} \quad (2.3)$$

$a_{11}, a_{12}, a_2, a_{31}, a_{32}$ các hằng số, $\beta_{11}, \beta_{12}, \beta_2, \beta_{31}, \beta_{32}$ - các hằng số truyền và không thay đổi, $u_{11}(y), u_{12}(y), u_2(y), u_{31}(y), u_{32}(y)$ - là hàm biên độ của trường.

Khi 3 ống xảy ra tương tác thì $a_{11}, a_{12}, a_2, a_{31}, a_{32}$ là các hàm biến đổi chậm theo z . Phương trình Helmholtz tổng quát khi có mặt nguồn S_i dẫn sóng i là:

$$\nabla^2 E_i + k_i^2 E_i = -S_i \quad (i = 1, 2, 3) \quad (2.4)$$

Nguồn S_i chứng tỏ sự có mặt của ống dẫn sóng thứ 2 được coi là nhiễu loạn của môi trường ngoài với ống thứ 1 dưới dạng bản phẳng có chiết suất $(n_2 - n)$.

$$S_1 = \mu_0 \omega^2 \epsilon (n_2^2 - n^2) E_2 \quad (2.5)$$

ϵ - hằng số điện môi tương ứng với chiết suất n_2 . Giả thiết ống thứ 1 chỉ chịu tương tác của ống thứ 2 thì phương trình truyền sóng cho ống dẫn sóng thứ 1 là:

$$\begin{aligned} \nabla^2 E_1 + k_1^2 E_1 &= \nabla^2 (E_{11} + E_{12}) + (\overline{k_{11}} + \overline{k_{12}})^2 (E_{11} + E_{12}) = -S_1 \\ &= \left[\nabla^2 E_{11} + (\overline{k_{11}} + \overline{k_{12}})^2 E_{11} \right] + \left[\nabla^2 E_{12} + (\overline{k_{11}} + \overline{k_{12}})^2 E_{12} \right] \end{aligned} \quad (2.6)$$

Phương trình (2.6) tương đương với hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \nabla^2 E_{11} + (k_{11}^2 + 2k_{11}k_{12} + k_{12}^2)E_{11} = -\alpha S_1 \\ \nabla^2 E_{12} + (k_{11}^2 + 2k_{11}k_{12} + k_{12}^2)E_{12} = -\mu S_1 \end{cases} \quad \text{Với } \begin{cases} 0 < \alpha, \mu < 1 \\ \alpha + \mu = 1 \end{cases} \quad (2.7) \quad (2.8)$$

Ống thứ 3 hoàn toàn giống ống thứ 1 nên phương trình sóng cho ống thứ 3 cũng là phương trình sóng cho ống thứ 1. Với ống dẫn sóng 2 do chịu ảnh hưởng của hai ống 1 và 3. Với suy luận như trên ta có phương trình:

$$\begin{aligned} \nabla^2 E_2 + k_2^2 E_2 &= -(n_1^2 - n^2)(E_{11} + E_{12})k^2 - (n_3^2 - n^2)(E_{31} + E_{32})k^2 \\ &= -2(n_1^2 - n^2)(E_{11} + E_{12})k^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Giải các phương trình trên sau khi gần đúng bỏ qua $\frac{\partial^2 a_i}{\partial z^2}$ trước $\frac{\partial a_i}{\partial z}$ ta sẽ thu được hệ phương trình sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial a_{11}}{\partial z} = -jA_{11}a_{21}(z)e^{j\Delta\beta_1 z} \\ \frac{\partial a_{12}}{\partial z} = -jA_{12}a_{21}(z)e^{j\Delta\beta_3 z} \\ \frac{\partial a_{21}}{\partial z} = -jC_{21}a_{11}(z)e^{-j\Delta\beta_1 z} - jD_{21}a_{12}e^{-j\Delta\beta_3 z} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} A_{11} = \frac{\alpha(n_2^2 - n^2)k^2}{2\beta_{11}} \int_0^{d_1} u_{11}(y)u_{21}(y)dy \\ A_{12} = \frac{\mu(n_2^2 - n^2)k^2}{\beta_{12}} \int_0^{d_1} u_{12}(y)u_{21}(y)dy \\ C_{21} = \frac{\gamma(n_1^2 - n^2)k^2}{\beta_{21}} \int_{d_1+l_2}^{d_1+d_2+l_2} u_{11}(y)u_{21}(y)dy \\ D_{21} = \frac{\gamma(n_1^2 - n^2)k^2}{\beta_{21}} \int_{d_1+l_2}^{d_1+d_2+l_2} u_{12}(y)u_{21}(y)dy \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\beta_1 = \beta_{11} - \beta_{21} \\ \Delta\beta_3 = \beta_{12} - \beta_{21} \\ \gamma = 1 \end{array} \right.$$

3. Ảnh hưởng của các thông số cấu trúc sợi quan lên hiện tượng xuyên kênh.

Khoảng truyền L_0 là khoảng cách tính từ lúc ánh sáng đi vào ống dẫn sóng 1 đến khi công suất của nó truyền hết sang ống dẫn sóng 2 và 3 và ngược lại. Khoảng truyền L_0 được tính dựa trên việc giải bằng số hệ phương trình trên và là nơi có sự truyền hết công suất từ sợi này sang sợi kia. Để khảo sát ảnh hưởng của cấu tạo ống dẫn sóng lên khoảng truyền L_0 , ta sẽ xuất phát từ các hệ phương trình trên và sử dụng phần mềm Matlab. Để so sánh các kết quả thu được ta chọn 1 bộ thông số chuẩn như sau:

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 = 1.55 \mu m = \lambda_{21} \quad d_1 = d_2 = d_3 = 0.5 \mu m \quad \left. \begin{array}{l} n_1 = n_2 = n_3 = 1.5 \\ n = 1.4999 \end{array} \right\} \rightarrow \Delta n = 0.0001 \end{array} \right.$$

$$\Delta\lambda = 10^{-16} m \quad l_1 = l_2 = l_3 = 10^{-4} m$$

$$\lambda_{12} = \lambda_{11} + \Delta\lambda \quad \alpha = \mu = \frac{1}{2} \quad \gamma = 1 \quad k = 2\pi / \lambda_{21}; \quad \beta_{11} = n_1 k; \beta_{12} = n_1 k; \beta_{21} = n_2 k$$

$$u_{11} = Ae^{-\delta_{11}y} \quad u_{12} = Be^{-\delta_{12}y} \quad u_{21} = Ce^{-\delta_{21}y} \quad A = B = C = 1 \quad \delta_{11} = \delta_{12} = \delta_{21} = 1$$

3.1. Thay đổi bước sóng ánh sáng λ

Sử dụng 3 giá trị bước sóng bằng 1 giá trị các thông số chuẩn ở trên, chúng tôi thu được các kết quả thể hiện trên hình 2 và hình 3.

Hình 2 và 3 cho thấy khi bước sóng nhỏ thì ảnh hưởng xuyên kênh càng lớn, ngược lại với bước sóng càng lớn thì giảm được ảnh hưởng của hiện tượng xuyên kênh.

Bảng 1

$\lambda_2 (\mu m)$	1.33	1.55	1.62
$L_0 (m)$	13 898	17 169	18 175

độ phát tia: Liên tục, xung đơn, xung chuỗi, siêu xung...) và (ii) tìm kiếm các loại Laser mới để điều trị chuyên cho từng loại tổn thương (tác động chọn lọc).

Trong lĩnh vực phẫu thuật thẩm mỹ – tạo hình, công nghệ Laser là một hướng nghiên cứu ứng dụng ưu tiên và đầy hiệu quả của các bác sĩ cũng như của nhà vật lý, và công nghệ laser. Bảng 1 giới thiệu một số hệ thống Laser được ứng dụng phổ biến trong phẫu thuật tạo hình - thẩm mỹ (Theo J. Struat Nelson).

Tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 (BVTWQĐ108), các nghiên cứu ứng dụng Laser vào điều trị bệnh đã được tiến hành ngay từ những năm 1978–1979 của thế kỷ XX. Khởi đầu là sự kết hợp giữa các bác sĩ của Khoa Răng (BVTWQĐ 108) với các nhà vật lý thuộc Viện Vật lý – Viện Khoa học Việt Nam (nay là Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam). Họ đã sử dụng Laser He – Ne bước sóng 632,8 nm để điều trị một vài bệnh răng miệng như các nha chu viêm, viêm quanh cuống răng, viêm loét niêm mạc miệng... Các kết quả thu được là rất tốt [14]. Hiện nay kỹ thuật Laser đã và đang được ứng dụng một cách có hiệu quả vào nhiều chuyên khoa tại BVTWQĐ 108 (khoa Mắt, khoa Tai Mũi Họng, khoa Da liễu, khoa Vật lý trị liệu, khoa Sản phụ, khoa Tạo hình – Hàm Mặt, khoa Chấn thương - Chỉnh hình, khoa Y học thực nghiệm...) [15-17]. Đặc biệt kỹ thuật Laser được nghiên cứu ứng dụng sâu trong *phẫu thuật tạo hình và thẩm mỹ*. Các kết quả thu được là rất khả quan, đặc biệt với kỹ thuật Laser đã giải quyết tốt một số bệnh lý mà trước đây các phương pháp điều trị khác không thu được kết quả hoặc kết quả kém.

Bảng 1. Các Laser ứng dụng phổ biến trong phẫu thuật tạo hình – thẩm mỹ

Laser	Bước sóng (nm)	Hệ thống dẫn tia	Chế độ phát
CO ₂	10,600	Trục khuỷu	Liên tục, xung, siêu xung.
Argon (Ar)	488; 514	Quang sợi	Liên tục, xung
Nd-YAG	1064	Quang sợi mềm, dụng cụ cầm tay hoặc đầu sapphire	Liên tục, xung ngắn (ns, ps).
Q-Switched Ruby	694	Trục khuỷu	Xung
Laser màu bơm bằng đèn chớp (FLPPD)	400–1000	Quang sợi	Xung

2. Kết quả ứng dụng Laser trong Tạo hình - Thẩm mỹ tại BVTW QĐ 108

Các loại Laser được ứng dụng trong Tạo hình - Thẩm mỹ tại BVTW QĐ 108 gồm : Laser CO₂, laser Nd – YAG, laser màu. Bên cạnh đó, laser He-Ne cũng được sử dụng để hỗ trợ trong việc kích thích sinh học để làm lành vết thương nhanh và tránh để lại sẹo lồi.

2.1. Laser CO₂ (Carbon Dioxide Laser)

Thiết bị Laser CO₂ hiện đang được sử dụng tại BVTW QĐ 108 là sản phẩm công nghệ cao được các nhà vật lý kỹ thuật tại NACENTECH Việt Nam nghiên cứu và do Công ty LASERMET chế tạo hàng loạt, phục vụ cho nhu cầu của ngành y tế. Thiết bị Laser CO₂ phẫu thuật (Model: KC 01 –06/ 2MTC Super) có bước sóng

10600 nm. **Chế độ làm việc : 6 chế độ:** *Liên tục–Xung đơn–Xung chuỗi–Siêu xung liên tục–Siêu xung đơn–Siêu xung chuỗi* Công suất phát tối đa là 45W. Đặc biệt laser có thể hoạt động ở chế độ siêu xung (Superpulsed). Đây là một chế độ (phần mềm) rất quan trọng trong điều trị bệnh. Qua kết quả điều trị, phần mềm này được đánh giá tương đương với các thiết bị ngoại nhập. Với các kỹ thuật cắt (Cutting), bốc bay tổ chức (Vaporization), quang đông (Coagulation), mài da (Dermabrasion), tái tạo da (Resurfacing), v.v...chúng tôi đã sử dụng laser CO₂ chỉ định cho các bệnh sau:

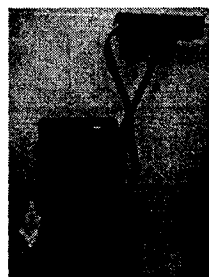
- Các u nhỏ trên da như: hạt cơm (Plantar and Common Warts), nang tuyến bã (Adenoma Sebaceum), u ống tuyến mồ hôi (Syringoma), u vàng (Xanthlasma), polyp da, u xơ mạch (Adenoma Sebaceum), u thần kinh (Neurofibromas).

- Một số loại sẹo bệnh lý của da: sẹo lồi (Keloid), sẹo quá phát (Hypertrophic scar), sẹo lõm do trứng cá (Acne Scar); Một số bệnh lý mạch máu trên da: Cherry hemangioma,

- Angiokeratoma...; Tạo hình mũi trong bệnh lý Mũi sưng to (Rhinophyma).

- Một vài bệnh lý sắc tố như: Nevus of Ota, cafe-au-lait, Xăm thẩm mỹ (Tattoos)...

Việc điều trị nhờ kỹ thuật laser đã loại bỏ tổn thương bệnh lý khá tốt, trả lại cho da một vẻ đẹp thẩm mỹ đạt yêu cầu.



Thiết bị laser CO₂ 40/45W của LASERME, VN; Laser Nd-YAG MEDILAS2 của MMB, Đức.

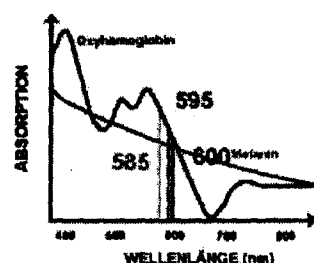
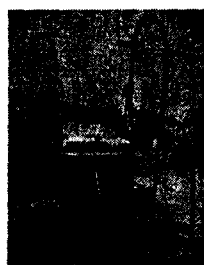
2.2. Laser Nd - YAG

Laser Nd-YAG MEDILAS2 của hãng MMB, CHLB Đức là laser phẫu thuật, bước sóng 1064 nm, chế độ hoạt động: liên tục, công suất phát tối đa: 120W. Tia Laser được dẫn truyền qua hệ thống quang sợi mềm vì vậy rất thuận tiện cho việc điều trị, đặc biệt là các tổn thương bệnh lý nằm trong các vùng khe, hốc của cơ thể. Laser này sử dụng rất tốt trong phẫu thuật nội soi. Bước sóng 1064 nm được Hemoglobin trong máu và sắc tố Melamin hấp thu mạnh. Do vậy, chúng tôi đã sử dụng Laser Nd-YAG trong điều trị một số bệnh lý sau : Các thể u mạch máu (Hemangiome), một số loại sẹo xấu như sẹo lồi (Keloids) sẹo quá phát (Hypertropic)...

2.3. Pulsed- Dye Laser (laser màu xung)

Laser màu chúng tôi đã sử dụng là Laser màu DERMOBEAM 2000 của hãng DEKA, Italia chế tạo. Đây là một loại Laser rất thích hợp cho ứng dụng phẫu thuật - thẩm mỹ. Bước sóng của laser này là 595 nm, độ dài xung có thể thay đổi từ 0,5 - 40 ms. Năng lượng cực đại: 3 J. Vì Laser này có bước sóng được hấp thu mạnh bởi

Hemoglobin và sắc tố Melamin, do vậy, nó được ứng dụng trong điều trị các bệnh lý có tăng sinh mạch máu như các loại u mạch máu phẳng (Port Wine Stain), các sẹo quá phát (Hypertrophic), sẹo lồi (Keloid), đặc biệt là các sẹo mới cắt chỉ sau phẫu thuật (dùng Laser màu để dự phòng sẹo lồi, sẹo xấu). Đặc biệt, Laser màu được sử



Laser màu DERMOBEAM2000

Đường cong hấp thụ của Melanin và Oxy-hemoglobin

dụng hiệu quả trong kỹ thuật làm giảm các nếp nhăn trên mặt (Wrinkle Reduction), giảm các sắc tố (Melasma)...

Trung bình mỗi năm chỉ riêng tại Khu điều trị Laser của BVTW QĐ 108 có khoảng 3000 người được sử dụng kỹ thuật Laser trong điều trị và làm thẩm mỹ. Còn Bảng 2 là số lượng bệnh nhân đến điều trị hàng năm. Tổng hợp các kết quả điều trị từ tháng 1/2005 đến tháng 6 năm 2006 được cho trên bảng 3. Cũng xin lưu ý là số lượng bệnh nhân những năm sau này tăng không nhanh là do hạn chế của số lượng thiết bị, cán bộ y tế và diện tích cơ sở điều trị chưa đáp ứng được nhu cầu điều trị bằng laser của quân nhân và nhân dân.

Bảng 2. Tổng hợp số bệnh nhân điều trị laser tại Khu điều trị Laser, BVTWQĐ 108, từ 1/2000 - 6/2006

Năm	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1/6/2006
Số bệnh nhân	1543	2763	3458	3469	3678	4334	3514

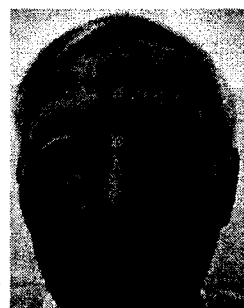
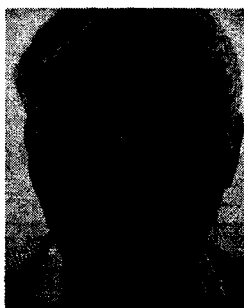
Bảng 3. Tổng hợp số liệu điều trị laser tại Khu điều trị Laser, BVTWQĐ 108, từ 1/2000 - 6/2006

STT	Mặt bệnh	Số bệnh nhân điều trị	khỏi (tốt)
1	Các u nhỏ trên da (hạt com, đồi mồi,...)	15.485	95-97
2	Các u vàng ở mí mắt	268	>90
3	U tuyến mồ hôi quanh mí mắt	597	>90
4	Các bệnh lý sắc tố da	941	>90
5	Các bệnh lý mạch máu da và niêm mạc (u máu, giãn mạch,...)	1308	>85
6	Bệnh lý về sẹo (lồi, quá phát, ve mắt, các sẹo xấu ác vùng,...)	1773	>85
7	Các bệnh về xăm trổ (xăm thẩm mỹ, xăm mình,...)	292	>80
8	Các tổn thương dày sừng (chai tay, chai chân,...)	190	>90
9	Bệnh lý phụ khoa, hoa liễu (xùi mào gà,...)	207	>90
10	Các phẫu thuật thẩm mỹ khác (tấy lông, sửa mũi sư tử,...)	93	>97

Nhận xét chung : Tác dụng điều trị bằng laser đã phát huy tối đa tác dụng trên các tổn thương sắc tố bẩm sinh hoặc mắc phải như: Bớt xanh đen (Nevus of Ota), tàn nhang (Freckle), ban vàng (Xanthelasma), vết màu cà phê sữa (Cafe au lait spot), các tổn thương mạch máu ở da bẩm sinh như u mạch máu (Hemangioma), bớt vang đỏ (Port-wine Stain) và một số tổn thương mạch máu da khác (Cutaneous Vascular Lesions). Theo y văn kinh điển, các tổn thương này cho đến nay là những bệnh khó điều trị bằng thuốc hoặc can thiệp ngoại khoa truyền thống. Kết quả điều trị cho khoảng 22.759 bệnh nhân trong 5 năm qua là khá tốt (từ 80 – 97 % tùy mặt bệnh). Đặc biệt, từ năm 2000 trở lại đây, với kỹ thuật Laser, chúng tôi đã giải quyết được một số mặt bệnh trước đây các phương pháp điều trị truyền thống thu được kết quả kém hoặc không kết quả. Điều này khẳng định một phần trình độ chẩn đoán, chọn laser phù hợp và phác đồ điều trị laser hợp lý của cán bộ Khoa y học thực nghiệm. Dưới đây là vài ví dụ khả quan của một số bệnh thường gặp nhờ điều trị laser phẫu thuật thẩm mỹ.



Bệnh nhân sẹo lõm dái tai điều trị bằng laser CO₂ (trước và sau điều trị)



Bệnh nhân điều trị Rinophyma bằng laser CO₂ (trước và sau điều trị)



Bệnh nhân u mạch máu phẳng điều trị bằng laser Nd-YAG (trước và sau điều trị)

3. Kết luận

Nhu cầu ứng dụng laser trong thẩm mỹ đang ngày càng phát triển ở Việt Nam (ở TP HCM hiện có hơn 1000 thẩm mỹ viện tư nhân sẵn sàng ứng dụng những công nghệ mới. Tại Hà Nội cũng có vài trăm phòng mạch như vậy). Để nâng cao hiệu quả điều trị, đồng thời phổ biến công nghệ laser trong điều trị phẫu thuật tạo hình – thẩm mỹ nói riêng hay trong y học nói chung, các nhà vật lý, công nghệ và các bác sĩ cần có những phối hợp nghiên cứu – ứng dụng chặt chẽ và lâu dài để phát triển thiết bị, công nghệ và tăng cường ứng dụng. Nhà nước cần quan tâm thích đáng cho phát triển nhân lực (đào tạo, bồi dưỡng bác sĩ, y tá về kỹ năng sử dụng laser,...) song song với việc đầu tư nghiên cứu chế tạo các thiết bị laser y tế hiện đại. Nhiều chế độ phát laser khác nhau (xung siêu dài, xung cực ngắn), các loại laser khác nhau (bước sóng, năng lượng) đang được các bác sĩ và bệnh nhân mong đợi ở các nhà công nghệ laser của Việt Nam. Công nghệ và thiết bị laser mới, các phác đồ điều trị laser mới cho nhiều mặt bệnh khác đang là hy vọng của rất nhiều người.

Tài liệu tham khảo

1. Alexandra Greeley, "Cosmetic Laser Surgery: A High-Tech Weapon in the Fight Against Aging Skin", FDA Consumer magazine, VOL. 34 NO. 3, May-June 2000, Ed: U.S. Food and Drug Administration.
2. Michel JL., "Treatment of hemangiomas with 595 nm pulsed dye laser dermobeam", Eur J Dermatol. 2003 Mar-Apr; 13(2):136-41.
3. Bailin P.L et al. "Laser therapy of the skin: A review of principles and application", Otolaryngol, Clin North. Am 1990; 23 (1), 123
4. Parrish J.A. "Laser medicine and laser dermatology". J.Dermatol. 1990, 17 (10): 587.
5. M. Waner, "Recent developments in lasers and the treatment of birthmarks", Arch. Dis. Child. 2003; 88: 372-374.
6. Osama B. Meawad, "Selective heat therapy in cutaneous leishmaniasis: a preliminary experience using the 585 nm pulsed dye laser", Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology 8 (1997), 241 – 244.
7. Huang Zhi-gang, Han De-min, Wang Tong, Yu Zhen-kun, Ni Kin, Chen Xiao-hong, "Oncologic outcome of CO2 laser surgery for glottic carcinoma", Chin. Med. J. 2006; 119 (6); 510-513.
8. Các Kỳ yếu của "Hội thảo Quốc gia Lần thứ 2 về Nghiên cứu ứng dụng Laser y học", Hà Nội, 10/1993; "Hội thảo Ứng dụng Laser và Điện từ trường trong y học Lần thứ 4", T.p. HCM, 1997; "Hội nghị Quốc tế về sự phát triển ngành kỹ thuật Y sinh ở Việt Nam Lần thứ Nhất, T.p. HCM, 7/2005.
9. Phạm Hữu Nghị và cộng sự. "Phẫu thuật các bệnh lý của da bằng Laser CO₂", Phẫu thuật tạo hình, Số 1, 1994.
10. Phạm Hữu Nghị, Nguyễn Bắc Hùng, Đỗ Duy Tính, Nguyễn Thế Hùng. "Nhân 32 trường hợp u mạch máu phẳng ở da vùng mặt cổ được điều trị bằng Laser CO₂". Y học thực hành, 1998 (Chuyên đề ứng dụng Laser và điện từ trường trong y học. LEMF' 4, 49 –51).
11. Nguyễn Thế Hùng, Phạm Hữu Nghị, Đỗ Thiện Dân, Nguyễn Bắc Hùng. "Khảo sát khả năng ứng dụng của Laser CO₂ phẫu thuật 10W". Y học thực hành, 1998 (Chuyên đề ứng dụng Laser và điện từ trường trong y học. LEMF' 87 –89).
12. Phạm Hữu Nghị, "Kết quả bước đầu ứng dụng laser Nd:YAG trong điều trị u mạch máu ở da trẻ em". Y học Việt Nam, 2004/Tập 303/Số đặc biệt tháng 10 (Chuyên đề: Răng hàm mặt và tạo hình).