

# CHƯƠNG 6: LASER PICO ALEXANDRITE

## VÀ THỜI GIAN THƯ GIÃN ÁP LỰC

### 6.1. Tổng quan về Laser Pico giây Alexandrite

Bước sóng của laser alexandrite pico giây là 755 nm, có hiệu quả trong điều trị sắc tố biểu bì nhờ hiệu ứng epidermal bypass và là bước sóng an toàn nhất (tham khảo Phần 2.7 trong Chương 2, Bảng 6.1). Tất nhiên, bước sóng 755 nm vẫn có thể thâm nhập sâu vào lớp trung bì và có thể được sử dụng để điều trị sắc tố trung bì và xoá xăm. Với độ rộng xung nhỏ hơn 700 ps, độ rộng xung này ngắn hơn khoảng 10 lần so với laser Nano giây, do đó áp lực kéo cực đại lớn hơn 100 lần (tham khảo Phần 6.4 trong Chương 6). Do đó, laser pico giây phá vỡ melanosome hoặc các hạt hình xăm tốt hơn so với laser Nano giây (Hình 6.1).

**Bảng 6.1 Thông số** pico giây alexandrite laser (Picowon, WONTECH Co. Ltd. Daejeon, Korea)

Bước sóng	755 nm
Loại Laser	Pico giây alexandrite laser
Năng lượng xung	230mJ
Độ rộng xung	<700ps
Năng lượng đỉnh	0.33GW ( 700ps )
Tần số phát xung	1 đến 5 Hz
Kích thước điểm	2,3,3.5,4,5,5.5,6,8 mm Zoom H/P, Fractional H/P

Khởi nguồn, laser pico giây được ứng dụng với hiệu ứng plasma bóc tác hoặc quang cơ với độ rộng xung khoảng vài chục pico giây. Nhưng vì các laser hiện đang được phát hành có độ rộng xung vài trăm pico giây, nên nó không phải là laser pico giây theo đúng nghĩa. Đây là lý do tại sao một số bài báo đặt tên cho laser pico giây hiện đang được phát hành là “laser pico giây giả” hoặc “laser dưới nano giây” [1].

Gần đây, các loại laser được trang bị thêm tay cầm vi điểm với laser Nano giây hoặc laser xung dài đang xuất hiện. Tôi nghĩ rằng việc sử dụng tay cầm vi điểm ở bước sóng mà xảy ra hiện tượng tán xạ, với mô đích không phải là nước thì không phù hợp với quá trình quang nhiệt vi điểm (tham khảo **Phần 10.1 trong Chương 10**). Đây là lý do tại sao tôi không sử dụng tay cầm fractional của laser pico giây cho mục đích điều trị sắc tố. Ngoài ra, khi điều trị sẹo bằng laser pico giây, hiệu ứng quang cơ được tạo ra bằng cách sử dụng tay cầm MLA (micro-lens array) hoặc DOE (diffractive optical elements). Tuy nhiên, ở bước sóng 755nm, mô đích là melanin trong thượng bì và việc điều trị sẹo phải diễn ra ở lớp trung bì, vì vậy tôi nghĩ rằng tia laser pico giây 755nm sẽ chỉ có tác dụng tối thiểu trong việc điều trị sẹo.



**Hình 6.1** Do Laser pico có độ rộng xung ngắn hơn 10 lần so với laser Nano giây, nó phá vỡ melanosomes hoặc mực xăm tốt hơn 100 lần. (Picowon, Wontech, Korea)

## 6.2. Chỉ định

Các chỉ định của laser alexandrite pico giây là điều trị sắc tố thượng bì, trung bì và xóa hình xăm, tương tự như laser alexandrite Nano giây hoặc laser Nano giây Ruby (tham khảo **Phần 4.3 trong Chương 4, Bảng 6.2**). Trong đó, laser pico giây được biết đến là loại laser vượt trội hơn hẳn so với laser nano giây trong việc xóa xăm.

Có bốn ưu điểm của laser pico giây 755nm so với laser nano giây trong xóa xăm (Bảng 6.3): Thứ nhất, số phiên điều trị ít hơn. Thứ hai, cần ít thời gian hơn để loại bỏ mực xăm hoàn toàn. Thứ ba, xóa sạch các hạt mực xăm các màu tốt hơn, đặc biệt là xanh dương, xanh lục và vàng. Và thứ tư, sau khi xóa hình xăm bằng laser nano giây, hình xăm mờ còn lại (hình xăm bóng ma) có thể được xóa bằng laser pico giây [2].

Khi xóa hình xăm, laser pico giây không chỉ có ưu điểm mà còn có cả nhược điểm [2]. **Đầu tiên**, hình thành bóng nước khá phổ biến. Nếu mực xăm nằm ở quá nông hoặc hình xăm ở chi dưới, trên 50% lần điều trị đầu tiên sẽ xuất hiện bóng nước. Cơ chế xảy ra vẫn chưa được biết. Tuy nhiên, nếu được điều trị đúng cách, nó sẽ giảm nhanh chóng mà không có biến chứng trong vòng 4-5 ngày. Có một số phương pháp được đề xuất để ngăn ngừa bóng nước: (1) sử dụng laser pico giây và laser vi phân CO2 cùng nhau, (2) chiếu laser bằng tay cầm vi điểm ngay sau khi chiếu laser pico giây, (3) bôi một lớp gel trước khi điều trị. **Thứ hai**, có những hình xăm không thể xóa được dù đã sử dụng tia laser pico giây. Do có thời gian thư giãn áp lực (SRT), có thể thấy rằng ngay cả tia laser pico giây cũng không thể loại bỏ tất cả các hình xăm (tham khảo **Phần 6.4 trong Chương 6**).

**Bảng 6.2** Chỉ định của laser pico alexandrite

Tổn thương sắc tố thượng bì	Tổn thương sắc tố trung bì	Hình xăm
1. Tàn nhang	1. Bớt Mông cổ (Mongolian Spot)	1. Màu đen
2. Đồi mồi	2. Nevus Ota	2. Màu xanh da trời
3. Bớt café sữa	3. Nevus Hori(ABNOM)	3. Màu xanh lá cây
4. Nevus Spilus	4. Nevus Ito	4. Màu vàng

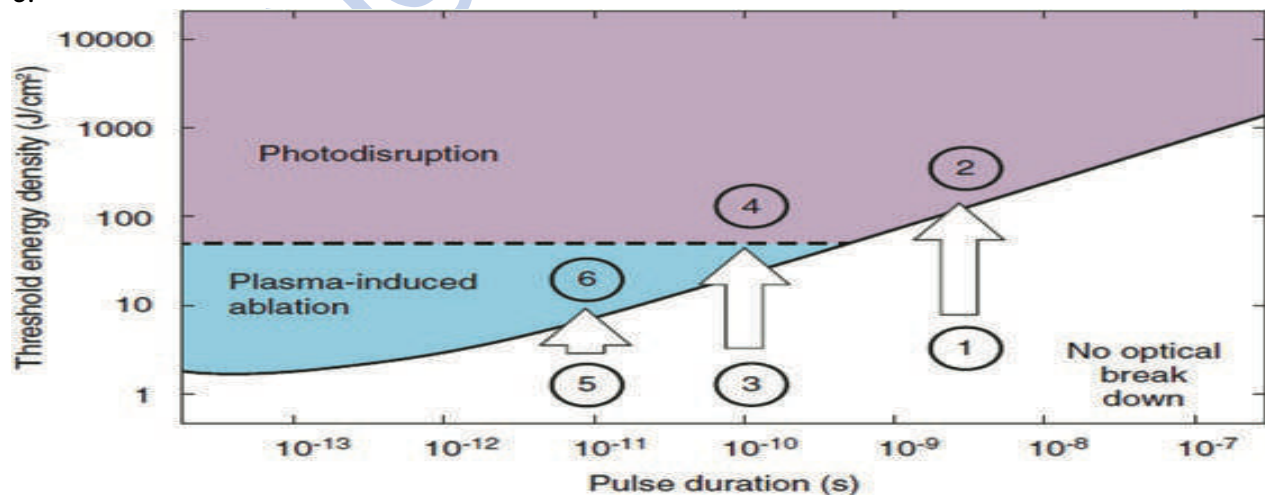
**Bảng 6.3** Lợi ích vượt trội của Laser Pico giây so với Laser Nano giây trong xoá xăm.

Lợi ích
1. Ít phiên điều trị hơn
2. Ít thời gian hơn để xoá sạch hình xăm
3. Xoá tốt hơn hầu hết các màu, đặc biệt là các màu xanh da trời, xanh lá cây và màu vàng
4. Xoá được các hình xăm còn mờ sau khi đã sử dụng laser nano mà không xoá sạch

### 6.3. Hiệu ứng quang bóc tách, quang cơ và quang âm

Hình 6.2 cho thấy vùng tạo ra hiệu ứng quang bóc tách(plasma-induced ablation) và quang cơ(photodisruption) dựa vào độ rộng xung và cường độ năng lượng. Đường cong biểu hiện ngưỡng plasma được hình thành. Vùng dưới đường cong là vùng xảy ra hiệu ứng quang âm trong đó plasma không được tạo ra [4].

Hãy nhìn kỹ. **Khu vực 1** là khu vực của laser Nano giây mà chúng ta hay sử dụng. Nghĩa là, trong khu vực này, plasma không được tạo ra và xảy ra các hiện tượng như tạo sóng xung kích, không bào hay hình thành phản lực. **Khu vực 2** là khu vực tạo ra plasma bằng cách sử dụng tay cầm hội tụ với laser Nano giây. Laser pico giây được phát hành hiện nay (laser pico giây giả, laser dưới nano giây) rơi vào **khu vực 3**. Điều này là do plasma không xảy ra trong quá trình điều trị sắc tố hoặc xoá xăm bằng laser pico giây. Ngày nay, laser pico giây được sử dụng để điều trị sẹo và nếp nhăn bằng tay cầm zoom. Khu vực này là **khu vực 4**. Chưa có tia laser cho khu vực 5 và 6.



Hình 6.2 Sự khác biệt giữa hiệu ứng Giới hạn bóc tách và hiệu ứng Giới hạn cơ dựa trên độ rộng xung và mật độ năng lượng. Mô tả từ [3]

#### 6.4. Thời gian thư giãn áp lực (SRT)

Laser Nano giây và laser pico giây hiện được lưu hành trên thị trường đều nằm trong vùng có hiệu ứng quang âm không tạo ra plasma. Vậy thì sự khác biệt giữa laser Nano giây và laser pico giây là gì?

Từ khóa trong thuyết quang nhiệt chọn lọc là thời gian thư giãn nhiệt (TRT). Nói cách khác, ý tưởng là “nếu năng lượng ánh sáng được chiếu xạ trong một khoảng thời gian thích hợp, thì năng lượng ánh sáng mà mô đích nhận được chỉ được sử dụng để tăng nhiệt độ của mô đích và không truyền nhiệt cho các mô xung quanh.” Nói cách khác, nhiệt bị giới hạn trong mô đích (hiệu ứng quang nhiệt). Tương tự như vậy, sự giới hạn của áp lực có thể được coi là áp lực bị giới hạn trong mô đích [5]. Nói cách khác, “nếu năng lượng ánh sáng được chiếu xạ trong một khoảng thời gian thích hợp, thì năng lượng ánh sáng mà mô đích nhận được chỉ được sử dụng để tạo áp lực và làm phá vỡ mô đích và không truyền áp lực cho các mô xung quanh.” (hiệu ứng quang cơ)

Hình 6.3 cho thấy vùng giới hạn nhiệt và vùng giới hạn áp lực với laser tương ứng. Vùng tương ứng với lý thuyết quang nhiệt chọn lọc là vùng giới hạn nhiệt. Mặt khác, có một vùng giới hạn áp lực bị ảnh hưởng bởi sóng xung kích và các tia laser tương ứng là laser Nd:YAG Nano giây 1064 nm và laser pico giây. Nói một cách đơn giản, laser Nd:YAG Nano giây 1064 nm và laser pico giây là laser phá vỡ mô đích. Các vùng này không được phân chia rõ ràng [7]. Ví dụ, laser Nano giây Nd:YAG có cả hiệu ứng cơ học và nhiệt. Nhưng tác dụng chính là cơ học.

Tương tự như thời gian thư giãn nhiệt (TRT), thời gian thư giãn áp lực (SRT) hoặc thời gian giới hạn áp lực có thể được xem xét trong vùng giới hạn áp lực. Công thức của SRT như sau [8]:

$$\tau_s = \frac{\Delta}{c_s}$$

$\tau_s$ : thời gian giới hạn áp lực

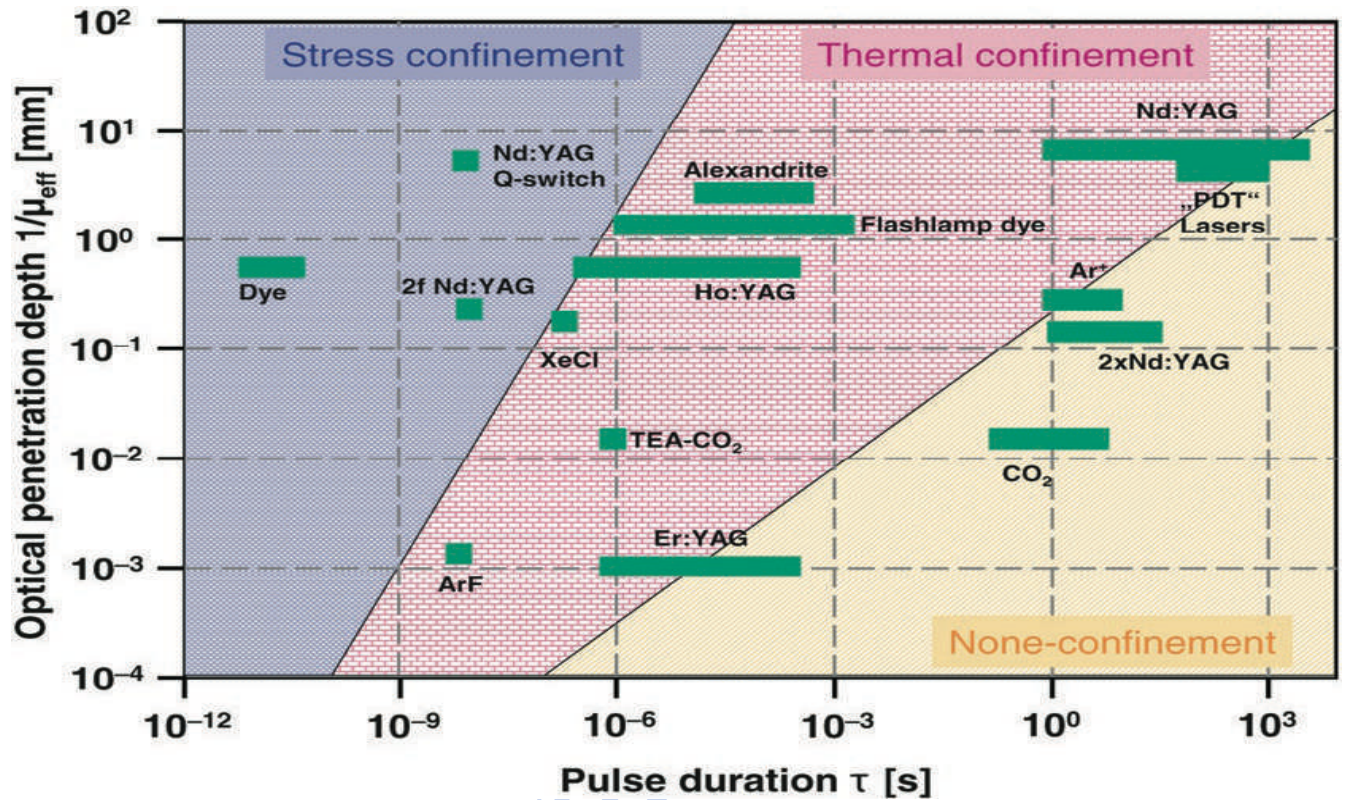
$c_s$ : vận tốc âm thanh bên trong hình xăm  $c_s \cong 4 \times 10^5 \text{ cm/s}$

$\Delta$ : chiều dài đặc trưng trong vật liệu mực xăm.

SRT là một khái niệm được sử dụng chủ yếu trong điều trị hình xăm để mô tả  $\Delta$  kích thước của các hạt hình xăm. Hãy xem SRT trong điều trị hình xăm. Kích thước của các hạt hình xăm thay đổi theo các y văn khác nhau, nhưng người ta biết rằng kích thước thường là từ 0,5 đến 5  $\mu\text{m}$  và nhỏ tới 25 nm (1  $\mu\text{m} = 1000 \text{ nm}$ ). SRT được tính từ 125 ps đến 1,25 ns và nhỏ nhất là 10 ps (1 ns = 1000 ps). Do đó, rất khó để điều trị các hình xăm ở mọi kích cỡ bằng laser Nano giây 1064 nm hoặc laser pico giây hiện đang được phát hành với độ rộng xung 450–750 ps.

Hãy xem xét hiệu quả điều trị của laser Nano giây và laser pico giây liên quan đến SRT của melanosome, đây là mục tiêu của điều trị sắc tố.





**Hình 6.3** Vùng giới hạn nhiệt và vùng giới hạn áp lực với laser tương ứng dựa trên độ rộng xung và độ xuyên sâu quang học.

Kích thước của hạt melanin và melanosome lần lượt là 15 nm và 0,5 μm, và SRT lần lượt là 10 ps và 300 ps [9]. Theo định nghĩa vùng giới hạn áp lực, cả hai loại laser QS và pico đều không thể điều trị melanin cũng như melanosome. Tóm lại, cả laser Nano giây Nd:YAG và laser pico giây đều là laser trong vùng giới hạn áp lực, nhưng có độ rộng xung lớn hơn SRT của một số mực xăm và melanosome nên không đạt được giới hạn áp lực hoàn hảo. Vậy thì sự khác biệt giữa hai loại laser này là gì?

Sự khác biệt giữa hai tia laser có thể được giải thích bằng áp lực kéo cực đại. Áp lực kéo cực đại được biểu thị bằng công thức sau:

$$\sigma = -3\gamma\mu F \left( \frac{\tau_a}{\tau} \right)^2$$

σ: áp lực kéo cực đại, thu được tại tâm của mực xăm,

- F: năng lượng laser (fluence).
- τ<sub>a</sub> và τ: thời gian vận chuyển âm thanh và độ rộng xung laser
- μ: hệ số hấp thụ của mô đích ở bước sóng laser
- γ: hằng số phụ thuộc vào đặc điểm của mô đích.

Công thức áp lực kéo cực đại cho thấy rằng mặc dù hệ số hấp thụ và năng lượng là quan trọng, độ rộng xung vẫn có ảnh hưởng rất đáng kể. Ví dụ, với laser pico giây có độ rộng xung 600 ps, gấp 10 lần so với laser Nano giây có độ rộng xung 6 ns và có áp lực kéo gấp 100 lần so với laser Nano giây. Nói cách khác, laser pico giây có khả năng phá vỡ tốt hơn 100 lần so với laser Nano giây. Tuy nhiên, tương tự như trong thuyết quang nhiệt chọn lọc, tác dụng phụ xảy ra khi độ rộng xung dài hơn TRT, tác dụng phụ có thể xảy ra do độ rộng xung dài hơn SRT. Tuy nhiên, vì laser pico giây có độ rộng xung ngắn, nên có thể đạt được hiệu quả tương tự với năng lượng thấp hơn so với laser Nano giây (mật độ năng lượng = năng lượng/độ rộng xung). Năng lượng là khái niệm về số lượng, và năng lượng của laser pico giây có nghĩa là vùng sóng xung kích. Do đó, vùng tác dụng phụ của laser pico giây nhỏ hơn so với laser Nano giây (Bảng 6.4).

**Bảng 6.4** So sánh Laser Nano giây YAG và laser dưới nano giây với mô đích melanosome

	Nano giây YAG laser	Laser pico 755
Độ rộng xung	5-10ns	450-750ps
TRT của melanosome(500ns)	TRT>độ rộng xung	TPT>>độ rộng xung
Tương tác mô	Vùng giới hạn nhiệt	Vùng giới hạn cơ
SRT của melanosome(300ps)	SRT<< độ rộng xung	SRT< độ rộng xung
Áp lực kéo đỉnh	Ít hơn	Nhiều hơn
Phạm vi sóng xung kích	Rộng	Nhỏ

Quan sát kỹ hơn. Kích thước của melanosome là 0,5  $\mu\text{m}$  và TRT là 0,5  $\mu\text{s}$  (500 ns). Độ rộng xung của laser Nano giây Nd:YAG là 5–10 ns ngắn hơn TRT của melanosome dẫn đến đồng tụ melanosome và không có tác dụng phụ (theo thuyết quang nhiệt chọn lọc). Tuy nhiên, do laser Nano giây Nd:YAG nằm trong vùng giới hạn áp lực nên hiệu quả đồng tụ không lớn và tác dụng chính là phá hủy melanosome bằng sóng xung kích. Do độ rộng xung của laser Nano giây Nd:YAG dài hơn so với SRT melanosome (300 ps) nên khả năng xảy ra tác dụng phụ cao trong khi hiệu quả tiêu diệt melanosome thì thấp. Tia laser pico giây cũng thuộc vùng giới hạn áp lực nên khi điều trị nám melanosome bị phá vỡ bởi sóng xung kích, tương tự như laser Nano giây. Vì độ rộng xung của laser pico giây dài hơn SRT nên vẫn có tác dụng phụ, nhưng độ rộng xung ngắn hơn so với laser Nano giây Nd:YAG, do đó tác dụng phụ ít xảy ra hơn và nó phá vỡ melanosome tốt hơn

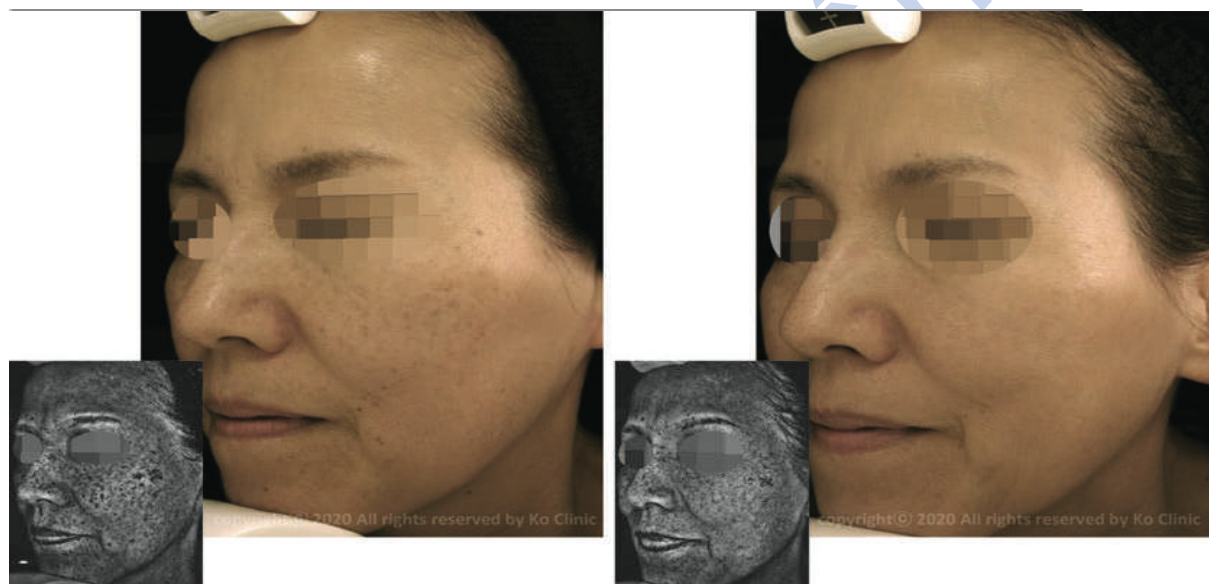
### 6.5. Thông số

Giống như laser Nano giây, laser pico giây có độ rộng xung cố định không thể điều chỉnh được, vì vậy bạn chỉ cần điều chỉnh độ năng lượng giữa ba thông số chính của quá trình quang nhiệt chọn lọc: bước sóng, độ rộng xung và mật độ năng lượng. Ngoài ra, làm mát biểu bì không ảnh hưởng đến kết quả của cả sắc tố biểu bì và sắc tố trung bì, vì vậy điều này có thể được bỏ qua (Bảng 6.5, Hình 6.4).

Trong trường hợp điều trị sắc tố trung bì, kích thước điểm càng lớn thì khả năng thâm nhập càng sâu, vì vậy tốt hơn là tăng kích thước điểm càng nhiều càng tốt. Tuy nhiên, nếu yêu cầu năng lượng phát tia cần cao mà vướn hạn chế của đầu ra, nên giảm kích thước điểm và tăng mật độ năng lượng. Ví dụ: với kích thước điểm là 3,5 mm, mật độ năng lượng có thể tăng lên tối đa là 2,4 J/cm<sup>2</sup>, do đó, để sử dụng mật độ năng lượng 2,5 J/cm<sup>2</sup>, kích thước điểm phải giảm xuống 3 mm.

**Bảng 6.5** Thông số điều trị sắc tố với Pico 755 (Picowon, WONTECH Co. Ltd. Daejeon, Korea)

Sang thương	Kích thước điểm	Năng lượng (J/cm <sup>2</sup> )	Tần số
Bớt café sữa	4	1.6	>2
Tàn nhang	3.5	>1.9	>2
Bớt Hori	3.5-4	1.9-2.4	>2
Bớt Ota,Ito. Blue nevus	3-4	2.0-2.5	>2
Mực xăm(chân mày)	3.5	>2.0	>2
Mực xăm( eyeliner)	3.5	>1.8	>2
Mực xăm (body)	3	>2.4	>2
Laser toning	8	0.4	10
	7	0.6	10



**Hình 6.4** Hình ảnh trước và sau điều trị tổn thương sắc tố với Laser 755 pico giây.

Laser sử dụng: Picowon, WONTECH Co. Ltd. Daejeon, Korea. Hình ảnh do Ko clinic, Nhật Bản cung cấp.

Mật độ năng lượng nên được cài đặt ở điểm cuối lâm sàng thích hợp, phù hợp với định nghĩa năng lượng cần để điều trị “tổn thương sẫm màu là yếu, tổn thương sáng là mạnh” (tham khảo Phần 4.4 trong Chương 4). Do laser pico giây chỉ cần mật độ năng lượng thấp hơn để có đáp ứng mô thích hợp so với laser Nano giây, nên kích thước của không bào gây ra bởi sóng xung kích trong laser pico giây nhỏ hơn nano giây. Do đó, trong laser pico giây, điểm kết thúc lâm sàng của sắc tố biểu bì không phải là làm trắng mà là “xám nhẹ”. Đối với sắc tố trung bì, điểm cuối lâm sàng được coi là “làm trắng nhẹ” và trong điều trị hình xăm, “làm trắng” được coi là điểm cuối lâm sàng. Mật độ năng lượng nên được điều chỉnh theo điểm cuối lâm sàng tương ứng. So với Nano giây laser, pico-second laser có điểm cuối lâm sàng chưa rõ ràng nên khó đưa ra tiêu chuẩn điều trị.



Phương pháp hội tụ cũng có thể được sử dụng trong laser pico giây đối với sắc tố trung bì như bớt Hori và mực xăm. Tuy nhiên, điểm kết thúc lâm sàng của laser pico giây là không rõ ràng. Ngoài ra, trong laser alexandrite pico giây, điểm kết thúc lâm sàng không thể được quan sát được ngay sau khi chiếu tia laser do kính bảo vệ mắt, và do đó, phương pháp hội tụ tia không được sử dụng trong laser alexandrite pico giây.

Tương tự như laser toning với laser nano giây, laser toning cũng có thể được thực hiện với pico laser alexandrite. Tay cầm zoom của laser Picowon (WONTECH Co. Ltd. Daejeon, Hàn Quốc) được thiết kế để phát tia với kích thước điểm lớn hơn 7 mm. Khi sử dụng Picowon để điều trị bằng laser, nên sử dụng kích thước điểm lớn hơn 7 mm vì tay cầm phải cách xa da trong quá trình điều trị bằng laser. Tham số là kích thước điểm 8 mm, 0,4 J/cm<sup>2</sup>, 10 Hz, 1500 xung toàn bộ khuôn mặt với ít hơn 500 xung mỗi bên má. Đối với bệnh nhân bị nám thì nên giảm một nửa số xung (750 xung toàn mặt và dưới 250 xung mỗi má). Nếu bạn muốn tăng hiệu quả trên bệnh nhân không bị nám và giảm số xung để điều trị nhanh, hãy tăng năng lượng lên 0,6 J/cm<sup>2</sup> và thực hiện điều trị với kích thước điểm là 7mm và 10Hz, nhỏ hơn 200 xung.

Đối với sắc tố biểu bì, việc điều trị được thực hiện cách nhau 2-4 lần do chu trình thay mới của biểu bì. ABNOM điều trị mỗi 1–2 tuần hoặc 4–8 tuần một lần, và trong trường hợp điều trị bớt Ota hoặc hình xăm, quá trình tái tạo da của lớp trung bì được xem xét và khoảng thời gian điều trị là 8–12 tuần một lần (tham khảo Mục 5.8 trong Chương .5). Laser toning sử dụng laser alexandrite pico giây được thực hiện 2–4 tuần một lần.

## References

1. Karsai S, Bäumlner W, Weiss C, Faulhaber J, Raulin C. Laser tattoo removal: do we already have picosecond lasers? *J Dtsch Dermatol Ges.* 2018;16(4):468–70.
2. Serup J, Bäumlner W. *Diagnosis and therapy of tattoo complications: with atlas of illustrative cases.* Karger Medical and Scientific Publishers; 2017.
3. Niemz M. *Laser-tissue interactions.* Springer International Publishing; 2019.
4. Allemann IB, Goldberg DJ. *Basics in dermatological laser applications.* Karger Medical and Scientific Publishers; 2011.
5. Goldman MP. *Cutaneous and cosmetic laser surgery.* Philadelphia: Mosby Elsevier; 2006.
6. Raulin C, Karsai S. *Laser and IPL technology in dermatology and aesthetic medicine.* Heidelberg: New York; 2011.
7. Niemz MH. *Laser-tissue interactions.* New York: Springer; 2007.
8. Ho DDM, London R, Zimmerman GB, Young DA. Laser-tattoo removal—a study of the mechanism and the optimal treatment strategy via computer simulations. *Lasers Surg Med.* 2002;30(5):389–97.
9. Strauss M, Amendt PA, London RA, Maitland DJ, Glinsky ME, Lin CP, et al., editors.



Computational modeling of stress transient and bubble evolution in short-pulse laser-irradiated melanosome particles. Laser-Tissue Interaction VIII; 1997: International Society for Optics and Photonics.

BS. Nguyễn Tuấn Anh