

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

TRỊNH TRẦN HỒNG DUYÊN

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT  
THẤP TRONG ĐIỀU TRỊ ĐAU VÙNG THẮT LƯNG DO  
THOÁI VỊ ĐĨA ĐỆM, ĐAU KHỚP GỐI DO GAI XƯƠNG  
GỐI VÀ ĐIỀU TRỊ TÁI TẠO XƯƠNG Ở VÙNG BỊ GẤY**

Ngành: Vật lý kỹ thuật

Mã số ngành: 62520401

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2022

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn 1: PGS.TS. Trần Minh Thái

Người hướng dẫn 2: GVC.TS. Trần Thị Ngọc Dung

Phản biện độc lập 1:

Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại

.....  
.....

vào lúc          giờ          ngày          tháng          năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM



## **Những công trình liên quan trực tiếp đến đề tài luận án**

### **A. Bài báo tạp chí**

1. Trinh Tran Hong Duyen, Tran Anh Tu, Simulating Low-Level Laser Propagation From Skin Surface to Lumbar Disc, Knee, Femur and Prostate Gland, American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), Vol 67 No 1 , 17-24, 2020
2. Trinh Tran Hong Duyen, Modeling Rehabilitation of Spine and Knee by Low-Level Laser Therapy, Journal Of Critical Reviews , Vol.07, Issue 11, 4185-4187, 2020

### **B. Bài báo hội nghị quốc tế**

1. Tran Minh Thai, Trinh Tran Hong Duyen, Phan Van To Ni, Luu Son Chau, Nguyen Tuan Kha, Pham Tran Tam Anh, Tran Thi Ngoc Dung, Tran Minh Thai, Ngo Thi Thien Hoa, Treatment for various types of bone fracture: the application of low power semiconductor laser, The 3rd Academic Conference on Natural Science for Master and PhD Students from Asean Countries, 406-410, 2014

### **C. Đề tài nghiên cứu khoa học**

1. Nghiên cứu ứng dụng laser bán dẫn công suất thấp trong điều trị gãy xương ở bệnh nhân đã được bó bột (T-KHUD-2014-23), thời gian thực hiện: tháng 01/2014 đến tháng 01/2015, kết quả nghiệm thu: khá.

## CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU

Trong số các loại mô cơ bản, mô liên kết là loại mô phổ biến nhất, nó có mặt ở hầu khắp mọi cơ quan, bộ phận của cơ thể. Xen vào giữa các mô khác, mô liên kết làm nhiệm vụ gắn bó các mô với nhau. Mô liên kết là loại mô có nhiều chất gian bào nên nó được coi như một trường bên trong cơ thể. Mô sụn, chất căn bản nhiễm cartilagein (chất sụn), có mật độ rắn vừa phải. Mô xương, chất căn bản nhiễm ossein và muối Ca, có mật độ rắn lớn hơn. Mô xương cùng với mô sụn đóng vai trò của một cái khung chống đỡ cho cơ thể, chịu lực tác động, vận động chính của cơ thể. Khi chúng bị thoái hoá, hoặc chịu lực tác động lớn, vận động sai tư thế sẽ làm giảm chức năng dẫn đến bệnh lý thường gặp: thoát vị đĩa đệm, thoái hoá khớp gối hoặc xương bị gãy do ngoại lực lớn tác động lên.

Sinh lý bệnh của đĩa đệm thoát vị được cho là sự kết hợp của sự chèn ép cơ học của dây thần kinh bởi các nhân lõi lên và sự gia tăng cục bộ các chemokine gây viêm. Các đĩa đệm bị thoát vị thường được nhìn thấy trên kết quả MRI của những bệnh nhân. Các thuốc chỉ có tác dụng điều trị triệu chứng mà không điều trị được thoái hoá cột sống thắt lưng, không làm hồi phục được các tổn thương thoái hoá. Các liệu pháp xoa bóp, chườm nóng có tác dụng giảm đau, chống co cứng cơ, giãn mạch, tăng chuyển hóa và dinh dưỡng tại chỗ. Khi việc điều trị nội khoa kéo dài không có hiệu quả hoặc bệnh nhân có diễn tiến bệnh nặng hơn, việc điều trị ngoại khoa được cân nhắc và thực hiện điều trị. Chi phí điều trị ngoại khoa còn cao, điều này sẽ gây khó khăn cho những bệnh nhân ở vùng sâu, vùng xa hoặc những bệnh nhân có điều kiện kinh tế eo hẹp.

Bên cạnh đó, thoái hóa khớp là tình trạng biến đổi hóa sinh học và cơ sinh học xảy ra mãn tính ở sụn khớp, làm vi cấu trúc của sụn bị hư hỏng dần không hồi phục, sụn mỏng dần, cuối cùng bị tiêu hủy. Điều trị đau khớp gối do gai xương khớp bằng việc sử dụng thuốc giảm đau cũng phải tuân theo hướng dẫn của bác sĩ. Khi điều trị lâu ngày bằng phương pháp này sinh ra các tác dụng phụ không mong muốn (viêm loét dạ dày, xuất huyết tiêu hóa, gây độc gan,...). Bên cạnh đó, điều trị bằng liệu pháp xoa bóp, chườm nóng, vật lý trị liệu cũng chỉ có tác

dụng giảm đau mà không thể phục hồi được sụn chêm, phục hồi được chức năng của khớp gối. Các biện pháp điều trị ngoại khoa được chỉ định khi điều trị nội khoa không có tác dụng, người bệnh bị hạn chế vận động mức độ nặng, khe khớp hẹp nặng, khớp bị biến dạng gây ra khuyết tật. Khi đó, bệnh nhân được khuyến nghị điều trị ngoại khoa.

Gãy xương là tình trạng xương bị gãy, giống như vết nứt hoặc gãy. Mức độ nghiêm trọng của gãy xương thường phụ thuộc vào lực gây ra gãy. Có nhiều loại gãy xương khác nhau. Các trường hợp gãy xương phổ biến bao gồm cổ tay, mắt cá chân và hông. Gãy xương hông thường xảy ra nhất ở những người lớn tuổi. Xương cần từ 4 đến 6 tuần để phục hồi hoàn toàn về độ chịu lực, khả năng vận động và độ nhạy. Những trường hợp gãy rạn, gãy xương không di lệch hoặc di lệch không đáng kể thì chỉ bó bột hoặc bó nẹp. Nếu việc bó bột không tốt, việc này dẫn đến những tai biến đáng tiếc. Việc điều trị vận động phục hồi chức năng cho bệnh nhân sau gãy xương chỉ dừng lại ở việc kết hợp xoa bóp, vật lý trị liệu. Chưa tìm được phương pháp nào giúp bảo toàn chức năng và hồi phục chi bị gãy, ít tổn kém cho bệnh nhân.

Điều trị bằng laser công suất thấp (LLLT) được phát hiện vào năm 1967 bởi Endre Mester tại Đại học Y khoa Semmelweis ở Hungary. Mester lập lại một thí nghiệm được thực hiện lần đầu tiên bởi Paul McGuff ở Boston Hoa Kỳ, người đã sử dụng thành công tia laser ruby để điều trị các khối u ác tính ở chuột. Ông đã quan sát thấy tốc độ mọc lông cao hơn và vết thương lành hơn ở những con chuột mà ông đã phẫu thuật cấy ghép các khối u. Từ năm 1981 đến nay, các kết quả nghiên cứu cơ chế điều chế sinh học của laser được tiến hành tại Nga bởi giáo sư Tiina Karu. Hiệu ứng quang hóa đã và đang tiếp tục đạt được những tiến bộ lớn trong việc nhận được sự công nhận từ các cơ quan có thẩm quyền. Các lớp mô ở vùng nông (da, mỡ) thường được điều trị bằng bước sóng từ 600 nm đến 700 nm. Các bước sóng từ 780 nm đến 980 nm được sử dụng để điều trị với những vùng mô, cơ quan nội tạng sâu hơn. Ở Việt Nam, có nhiều đơn vị nghiên cứu, chế tạo và ứng dụng laser trong y học. Trong nghiên cứu ứng dụng laser công suất thấp trong y học, phòng thí nghiệm Công nghệ

Laser bắt đầu nghiên cứu, chế tạo và ứng dụng từ năm 1979 do Phó Giáo sư Tiến sĩ Trần Minh Thái thành lập và dẫn dắt. Qua nhiều năm ứng dụng điều trị lâm sàng, các phương pháp trị liệu bằng laser chiếu ngoài, laser nội mạch, laser châm dãn được Bộ Y tế công nhận và đưa vào danh mục điều trị bệnh. Kết quả bước đầu trong việc điều trị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm bằng thiết bị laser bán dẫn công suất thấp đã được H.T Hòa trình bày tại Hội nghị Quang châm bằng laser năm 1999 đã điều trị cho 30 bệnh nhân có chẩn đoán thoái hóa – thoát vị đĩa đệm vùng thắt lưng tình nguyện tham gia. Ghi nhận được các kết quả khả quan như sau: thời gian điều trị thích hợp cho một trường hợp là 40 đến 60 ngày, có 86.67% bệnh nhân đã khỏi bệnh, 13.33% bệnh nhân có các triệu chứng giảm, không có phản ứng phụ có hại, kỹ thuật điều trị đơn giản. Cũng trong Hội nghị lần này, N.V Bộ đã trình bày những kết quả điều trị bệnh viêm khớp bằng laser bán dẫn công suất thấp. Kết quả sau khi điều trị ghi nhận được có 71.86% bệnh nhân đã khỏi bệnh, 21.6% điều trị giảm bệnh và chỉ có 6.54% bệnh nhân chưa giảm bệnh. Trong việc điều trị gãy xương bằng phương pháp laser bán dẫn công suất thấp, bước đầu nghiên cứu ứng dụng laser bán dẫn công suất thấp trong điều trị gãy xương chỏ, bằng việc sử dụng hiệu ứng đồng thời của bước sóng 780 nm và 940 nm tác động lên vị trí gãy xương từ bề mặt lớp bột bó, những con chó ở nhóm được chiếu laser có thời gian phục hồi vết gãy nhanh hơn các con chó ở nhóm đối chứng sau 21 thực hiện khảo sát nghiên cứu.

Mục tiêu của đề tài luận án nhằm điều trị bảo tồn chức năng của đĩa đệm vùng cột sống thắt lưng, bảo tồn chức năng khớp gối, phục hồi chức năng của chi sau gãy xương cho bệnh nhân, giúp họ nhanh chóng trở lại cuộc sống lao động, sinh hoạt cá nhân gần như bình thường, đơn giản hoá thao tác thực hiện điều trị lâm sàng cho người điều trị.

## **CHƯƠNG II CƠ SỞ VỀ ĐIỀU TRỊ BẰNG LASER CÔNG SUẤT THẤP**

Định luật quang sinh đầu tiên giải thích rằng ánh sáng nhìn thấy có công suất thấp, các photon phải được hấp thụ bởi các dải hấp thụ điện tử thuộc một số chất nhận quang phân tử - tế bào sắc tố. Sự hấp thụ và tán xạ ánh sáng trong mô đều cao hơn ở vùng quang phổ màu xanh lam so với màu đỏ. Do đó, việc sử dụng LLLT trên động vật và bệnh nhân hầu như chỉ sử dụng ánh sáng đỏ và hồng ngoại gần (600-1100 nm). Hiệu quả điều biến quang sinh học của tia laser công suất thấp do tia laser được mô hấp thụ thông qua các thụ thể ánh sáng, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hô hấp của ti thể, vận chuyển canxi, làm tăng sinh tế bào đáng kể giúp cho việc tái tạo các mô, hỗ trợ quá trình hồi phục thần kinh, xương, đường hô hấp và các chấn thương khác, giúp cho bệnh nhân hồi phục. Ti thể là bào quan nội bào rất quan trọng, có chức năng chính hoạt động như “nhà máy điện” của tế bào, tạo ra ATP - nguồn năng lượng chính cho hoạt động và trao đổi chất của tế bào. Các phản ứng nội bào xuôi dòng được điều khiển bởi quá trình truyền và khuếch đại quang tín hiệu để đáp ứng chủ yếu với sự thay đổi nồng độ ATP, ROS và NO. Những hiệu ứng này được nhìn thấy bên trong tế bào. Việc sử dụng LLLT đã giúp cho việc tái tạo hô hấp thông qua việc giải phóng NO bởi các ion sắt và đồng CCO, tái tạo oxy, sản xuất ROS và tăng sản xuất ATP. Dưới ảnh hưởng của LLLT, NO được giải phóng bởi các chất dự trữ năng lượng tế bào như các phân tử hemoglobin và myoglobin thu giữ NO. NO tự do có thể ổn định huyết áp toàn thân, tín hiệu thiếu oxy, các con đường tín hiệu phản ứng với sự căng thẳng, tương tác vi sinh, hệ miễn dịch và quá trình chết tế bào theo chương trình. Khi tập trung vào việc chữa lành vết thương, NO có thể kích thích sự giãn mạch và gián tiếp điều chỉnh quá trình phiên mã trên nhiều gen của động vật có vú. Trong nhiều năm, định luật Arndt – Schultz này đã được sử dụng như một khái niệm dùng để giải thích sự tương tác giữa tế bào và mô với ánh sáng. Định luật này, khi được áp dụng cho LLLT, ở mức chiếu laser rất thấp, các photon được hấp thụ bởi các tế bào sắc tố có mặt bên trong các bào quan nội bào, đặc biệt nhất là ti thể.



Hiện nay, Việt Nam đang hướng tới một hệ thống chăm sóc sức khỏe toàn dân nhằm giảm chi phí chăm sóc sức khỏe. Việc sử dụng các phương pháp đem lại hiệu quả với chi phí thấp, không có tác dụng phụ luôn được khuyến khích phát triển. Chính vì vậy, nghiên cứu điều trị đau vùng thắt lưng do thoát vị đĩa đệm (tình trạng đĩa đệm bị thoái hóa hoặc bị tổn thương, làm cho lượng nhân nhầy tồn tại trong đĩa đệm bị rị và thoát ra khỏi vị trí ban đầu. Khối nhân nhầy tác động, chèn ép vào dây thần kinh và mạch máu, làm cản trở quá trình lưu thông máu gây đau), đau khớp gối do gai xương gối (hậu quả của quá trình viêm gây thoái hóa làm mòn sụn khớp), điều trị tái tạo xương ở vùng bị gãy bằng phương pháp laser công suất thấp là điều cần thiết. Việc kết hợp chiếu trực tiếp laser công suất thấp lên vị trí đau và sử dụng laser công suất thấp nội tĩnh mạch với thời gian từ 40 phút đến 60 phút cải thiện các tính chất lưu biến của máu. Ngoài ra, việc sử dụng liệu pháp laser công suất thấp với chế độ điều biến tần số hiệu quả hơn so với cùng một hệ thống hoặc bước sóng được áp dụng ở chế độ liên tục sẽ giúp cho đĩa đệm mau hồi phục, giảm mức độ gai xương gối gây đau khớp gối, cũng như việc bó bột cố định ổ gãy và sử dụng laser công suất thấp tác động lên vị trí tổn thương từ bề mặt lớp bột nhằm rút ngắn thời gian liền xương, giúp bệnh nhân sớm trở lại cuộc sống sinh hoạt hàng ngày có ý nghĩa khoa học cũng như ý nghĩa thực tiễn cần được xem xét và tiến hành nghiên cứu và ứng dụng điều trị lâm sàng.

# CHƯƠNG III CƠ SỞ LÝ LUẬN CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU TRỊ ĐAU VÙNG THẮT DO THOÁT VỊ ĐĨA ĐỆM, ĐAU KHỚP GỐI DO GAI XƯƠNG GỐI VÀ ĐIỀU TRỊ TÁI TẠO XƯƠNG BẰNG LASER CÔNG SUẤT THẤP

## 3.1 Mô phỏng sự lan truyền ánh sáng trong mô

Phương pháp Monte Carlo được áp dụng cho việc vận chuyển bức xạ ánh sáng, có cơ sở là phương trình vận chuyển mô tả sự lan truyền các hạt trong cấu trúc phức tạp của các mô và những tính toán được mô phỏng về sự lan truyền photon trong môi trường hấp thụ và tán xạ. Phương pháp Monte Carlo được áp dụng trong mô phỏng lan truyền của ánh sáng vùng cận hồng ngoại trong sinh học. Thông số là các cấu trúc của các mô, tính chất quang học, và các chức năng tán xạ của mô (độ dày  $d$  (cm), hệ số hấp thụ  $\mu_a$  (cm<sup>-1</sup>), hệ số tán xạ  $\mu_s$  (cm<sup>-1</sup>), hệ số suy giảm  $\mu_t$  (cm<sup>-1</sup>), chiết suất  $n$  và hệ số bất đẳng hướng  $g$ ). Những thông số này được giả định là đồng nhất về số lượng vô cùng nhỏ của mô sinh học. Các chùm tia laser được giả định là một chùm cực kỳ hẹp, phân phối Gaussian, tiếp xúc vuông góc với một lớp mẫu mô sinh học.

Trong đề tài luận án, mô hình khảo sát đầu tiên là cấu trúc mô từ bề mặt da đến đĩa đệm vùng thắt lưng bao gồm: da ~ 0.3 cm; mỡ ~ 0.8 cm; cơ ~ 0.9 cm; cột sống thắt lưng ~ 3 cm. Độ sâu cần phải đạt được mà tại đó hiệu ứng kích thích sinh học xảy ra  $\geq 5$  cm. Ở mô hình khảo sát thứ hai, cấu trúc mô từ bề mặt da vùng đầu gối đến xương đầu gối, bao gồm: da ~ 0.2 cm; mỡ ~ 0.9 cm; cơ ~ 0.7 cm; xương ~ 1 cm. Độ sâu cần phải đạt được mà tại đó hiệu ứng kích thích sinh học xảy ra  $\geq 2.8$  cm. Ở mô hình khảo sát thứ ba, cấu trúc mô từ bề mặt da đến xương đùi bao gồm: da: ~ 0.3 cm; mỡ ~ 1.2 cm; cơ ~ 2 cm; xương đùi ~ 0.7 cm. Độ sâu cần phải đạt được mà tại đó hiệu ứng kích thích sinh học xảy ra  $\geq 4.2$  cm. Trong trường hợp mô hình khảo sát thứ tư, từ bề mặt lớp bột bó đến xương đùi, lớp bột bó trong trường hợp gãy xương theo hướng dẫn của bộ y tế phải đủ độ dày từ 5 đến 8 lớp. Do đó, trong mô hình này, bề dày lớp bột được lấy ~ 0.8

cm để thực hiện mô phỏng. Cấu trúc mô trong mô hình thứ tư bao gồm: lớp bột bó ~ 0.8 cm; da: ~ 0.3 cm; mỡ ~ 1.2 cm; cơ ~ 2 cm; xương đùi ~ 0.7 cm. Độ sâu cần phải đạt được mà tại đó hiệu ứng kích thích sinh học xảy ra  $\geq 5$  cm.

### **3.2 Phương pháp điều trị đau vùng thắt lưng do thoái vị đĩa đệm bằng laser bán dẫn công suất thấp**

Sử dụng hiệu ứng hai bước sóng đồng thời do hai loại laser có bước sóng 780 nm và 940 nm (với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút cho một lần điều trị) tác động trực tiếp lên vị trí đau nhất – vị trí đĩa đệm vùng thắt lưng bị thoát vị, vị trí này được xác định bằng kết quả chẩn đoán hình ảnh MRI. Việc điều trị này nhằm tăng cường vi tuần hoàn máu tới đầu xương đốt sống, xương xốp, hạn chế sự thoái hóa mất nước của đĩa đệm, điều trị giảm triệu chứng đau vùng thắt lưng, phục hồi được chức năng của đĩa đệm. Bên cạnh đó, kết hợp với việc sử dụng laser bán dẫn công suất thấp ở bước sóng 650 nm (tần số điều biến chùm tia 50Hz, với công suất 3mW 60 phút cho một lần điều trị) tác động lên dòng máu tĩnh mạch để cải thiện các tính chất lưu biến của máu và cung cấp dưỡng chất để tăng tính thẩm thấu đến nuôi dưỡng đĩa đệm, hạn chế sự thoái hóa và hồi phục chức năng của vòng sợi. Mỗi ngày điều trị một lần, liệu trình điều trị cho bệnh nhân được tuân thủ theo hướng dẫn của Bộ Y tế về “Quy trình kỹ thuật phục hồi chức năng” (*Quyết định số 5737/QĐ-BYT, ký ngày 22/12/2017*). 424 bệnh nhân bị đau vùng thắt lưng do thoái hóa - thoát vị đĩa đệm đồng ý điều trị bằng phương pháp laser bán dẫn công suất thấp. Trong số những bệnh nhân này, có 226 bệnh nhân bị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm nên được xếp vào nhóm 1; 198 bệnh nhân vừa bị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm và bị đau khớp gối do thoái hóa khớp gối nên những bệnh nhân này được xếp vào nhóm 2. Việc đánh giá hiệu quả điều trị bằng laser bán dẫn công suất thấp đối với hai nhóm này đáng được quan tâm và ghi nhận.

### **3.3 Phương pháp điều trị đau khớp gối do gai xương gối bằng laser bán dẫn công suất thấp**

Sử dụng hiệu ứng hai bước sóng đồng thời do hai loại laser có bước sóng 780 nm và 940 nm (với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút cho một lần điều trị) tác động trực tiếp lên vị trí phía trên xương bánh chè nối với đầu gân cơ tứ đầu đùi – vị trí này khi gặp chấn thương hay thoái hóa nếu không điều trị kịp thời sẽ tiến triển nặng, làm tổn thương đầu gối và để lại sẹo cũng như các di chứng. Khi tác động như vậy, nhằm tăng cường vi tuần hoàn máu tới đầu xương xốp, hạn chế sự thoái hóa của sụn chêm của khớp gối; điều trị giảm triệu chứng đau khớp gối, phục hồi được chức năng của sụn chêm và xương dưới sụn. Sử dụng laser công suất thấp bước sóng 650 nm (tần số điều biến chùm tia 50Hz, với công suất 3mW 60 phút cho một lần điều trị) tác động trực tiếp lên dòng máu nội tĩnh mạch nhằm tăng cường việc tưới máu đến vùng xương xốp dưới sụn, từ đó cải thiện được tính thấm trao đổi chất nuôi dưỡng sụn khớp gối; cải thiện các đặc tính lưu biến của máu, kích thích các tế bào máu, tăng cường hệ thống tự miễn dịch của cơ thể, cải thiện các quá trình trao đổi chất, quá trình tăng sinh được kích hoạt và tác dụng giảm đau tại vị trí tổn thương. Mỗi ngày điều trị một lần, liệu trình điều trị cho bệnh nhân được tuân thủ theo hướng dẫn của Bộ Y tế về “Quy trình kỹ thuật phục hồi chức năng” (*Quyết định số 5737/QĐ-BYT, ký ngày 22/12/2017*). Trong số những bệnh nhân có triệu chứng đau khớp gối và được chẩn đoán bị gai khớp gối, đa số bệnh nhân lựa chọn uống thuốc giảm đau và điều trị ở khoa ngoại chỉnh hình. Chỉ có 25 bệnh nhân đồng ý điều trị bằng phương pháp laser bán dẫn công suất thấp.

### **3.4 Phương pháp điều trị tái tạo xương ở vùng bị gãy bằng laser bán dẫn công suất thấp**

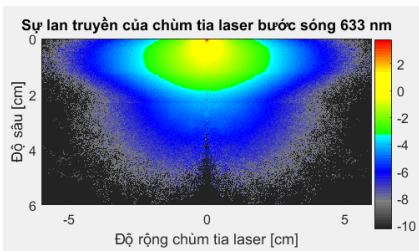
Sử dụng hiệu ứng hai bước sóng đồng thời do sự kết hợp của hai loại laser có bước sóng 780 nm và 940 nm (với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút cho một lần điều trị) tác động trực tiếp lên vị trí gãy xương – nơi tạo khối máu tụ - từ bề mặt lớp bó bột, vị trí này được xác định bằng kết quả chụp X-quang vị trí gãy của bệnh nhân. Dưới tác động của hiệu ứng này, tăng cường vi tuần hoàn máu tới vị trí ổ gãy, thúc đẩy quá trình các tế bào liên kết xâm nhập

vào khối máu tụ tạo dần thành một màng lưới tổ chức liên kết thay dần khối máu tụ, tăng cường trao đổi chất để tạo can xương, giúp cho màng xương, ống tủy nhanh chóng được thành lập lại, giúp xương mau liền lại. Mỗi ngày điều trị một lần, liệu trình điều trị cho bệnh nhân được tuân thủ theo hướng dẫn của Bộ Y tế về “Quy trình kỹ thuật phục hồi chức năng” (*Quyết định số 5737/QĐ-BYT, ký ngày 22/12/2017*). 26 bệnh nhân gãy xương đã bỏ bột đồng ý tham gia vào đề tài nghiên cứu này. Nhưng chỉ có 22 bệnh nhân đồng ý điều trị bằng phương pháp laser bán dẫn công suất thấp và 4 bệnh nhân chỉ muốn tự theo dõi tại nhà. Từ đó, bệnh nhân được chia làm hai nhóm: nhóm 1: 22 bệnh nhân đã bỏ bột và được điều trị bằng laser bán dẫn công suất thấp, nhóm 2: 4 bệnh nhân đã bỏ bột và để hồi phục tự nhiên, không điều trị bằng laser bán dẫn công suất thấp.

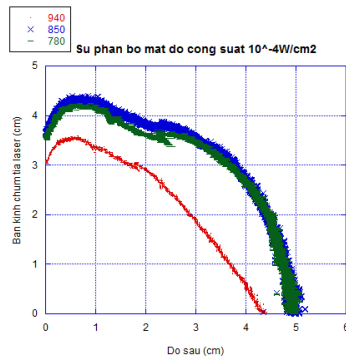
## CHƯƠNG IV KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

### 4.1 Kết quả mô phỏng sự lan truyền ánh sáng trong mô sinh học bằng phương pháp Monte-Carlo

Kết quả mô phỏng sự lan truyền của chùm tia laser từ bề mặt da đến đĩa đệm vùng thắt lưng: phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm được thể hiện ở hình 4.1. Kết quả cho thấy, bước sóng 633 nm chỉ lan truyền đến độ sâu khoảng 3 cm, không đủ để tạo ra hiệu ứng kích thích sinh học đối với mô hình khảo sát thứ nhất. Do đó, trong mô hình này thực hiện khảo sát với ba bước sóng 780 nm, 850 nm, 940 nm.



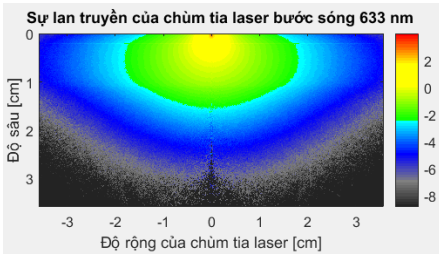
Hình 4. 1: Phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm



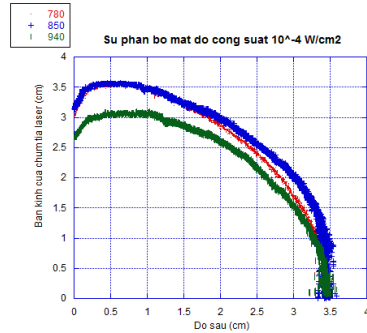
Hình 4. 2: Sự phân bố mật độ công suất  $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup> của bước sóng 780 nm, 850 nm và 940 nm ở mức năng lượng 4J.

Khi khảo sát ở mức năng lượng 4J từ bề mặt da đến đĩa đệm, ở mật độ công suất  $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup>, các kết quả từ hình 4.2 cho thấy khả năng lan truyền vào các mô ở bước sóng 780nm và 850 nm là sâu nhất (khoảng 5 cm) so với 940nm (khoảng 4.5 cm).

Kết quả mô phỏng sự lan truyền của chùm tia laser từ bề mặt da đến xương đầu gối: phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm được thể hiện ở hình 4.3. Kết quả cho thấy, bước sóng 633 nm chỉ lan truyền đến độ sâu khoảng 2 cm, không đủ để tạo ra hiệu ứng kích thích sinh học đối với mô hình khảo sát thứ hai. Do đó, tiếp tục thực hiện khảo sát với ba bước sóng 780 nm, 850 nm, 940 nm.



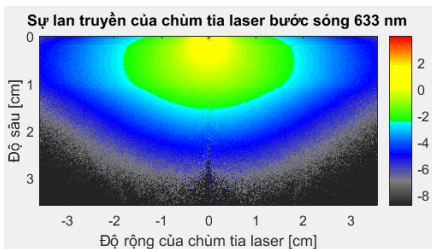
Hình 4. 3: Phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm



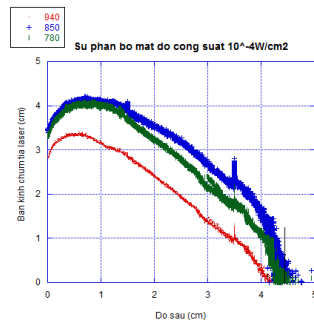
Hình 4. 4: Sự phân bố mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$  của bước sóng 780 nm, 850 nm và 940 nm ở mức năng lượng 1J.

Khi khảo sát ở mức năng lượng 1J từ bề mặt da đến đĩa đệm, ở mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$ , các kết quả từ hình 4.4 cho thấy khả năng lan truyền vào các mô ở bước sóng 780nm, 850 và 940nm đều đạt đến độ sâu khoảng 3.5 cm.

Kết quả mô phỏng sự lan truyền của chùm tia laser từ bề mặt da đến xương đùi: phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm được thể hiện ở hình 4.5. Kết quả cho thấy, bước sóng 633 nm chỉ lan truyền đến độ sâu khoảng 2.5 cm, không đủ để tạo ra hiệu ứng kích thích sinh học đối với mô hình khảo sát thứ ba. Do đó, tiếp tục thực hiện khảo sát với ba bước sóng 780 nm, 850 nm, 940 nm.



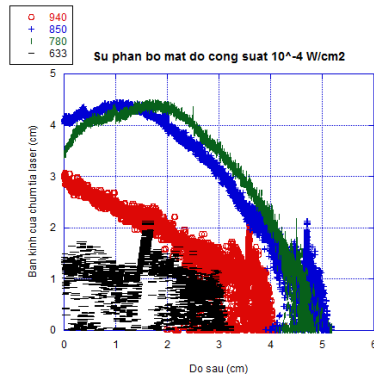
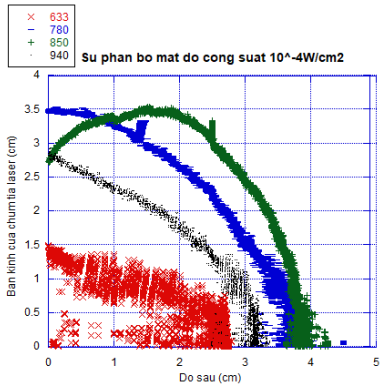
Hình 4. 5: Phân bố Gauss đối với sự lan truyền của chùm tia laser bước sóng 633 nm



Hình 4. 6: Sự phân bố mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$  của bước sóng 780 nm, 850 nm và 940 nm ở mức năng lượng 2J.

Khi khảo sát ở mức năng lượng 2J từ bề mặt da đến xương đùi, ở mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$ , các kết quả từ hình 4.6 cho thấy khả năng lan truyền vào các mô ở bước sóng 780nm và 850 nm là sâu nhất (khoảng 4.3 cm) so với 940nm (khoảng 4.1 cm).

Kết quả mô phỏng sự lan truyền của chùm tia laser từ bề mặt lớp bột bó đến xương đùi: khi mô phỏng ở mức năng lượng 2J từ bề mặt lớp bột bó đến xương đùi: ở mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$ , các kết quả ở hình 4.7 cho thấy khả năng lan truyền vào các mô ở bước sóng 780 nm và 850 nm gần bằng nhau (khoảng 4.2 cm – lớp cơ). Bước sóng 940 nm lan truyền vào mô trong trường hợp này khoảng 3.2 cm – lớp cơ. Chỉ có kết quả ở bước sóng 633nm lan truyền vào mô ít nhất (khoảng 2.8 cm). Các kết quả này cho thấy mức năng lượng 2J chưa đủ để lan truyền chùm tia laser từ bề mặt lớp bột đến xương đùi.



Hình 4. 7: Sự phân bố mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$  ở mức năng lượng 2J của các bước sóng 633nm, 780nm, 850nm, 940 nm.

Hình 4. 8: Sự phân bố mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$  ở mức năng lượng 16J của các bước sóng 633nm, 780nm, 850nm, 940 nm.

Khi mô phỏng ở mức năng lượng 16J từ bề mặt lớp bột bó đến xương đùi: ở mật độ công suất  $10^{-4} \text{ W/cm}^2$ , các kết quả ở hình 4.11 cho thấy khả năng lan truyền vào các mô ở bước sóng như sau: 780 nm và 850 nm - khoảng 5 cm) và 940nm - khoảng 4.1 cm. Chỉ có kết quả ở bước sóng 633nm lan truyền vào mô ít nhất - khoảng 3 cm. Các kết quả này cho thấy khi có lớp bột bó, mức năng lượng 16J có thể lan truyền chùm tia laser từ bề mặt lớp bột đến xương đùi.

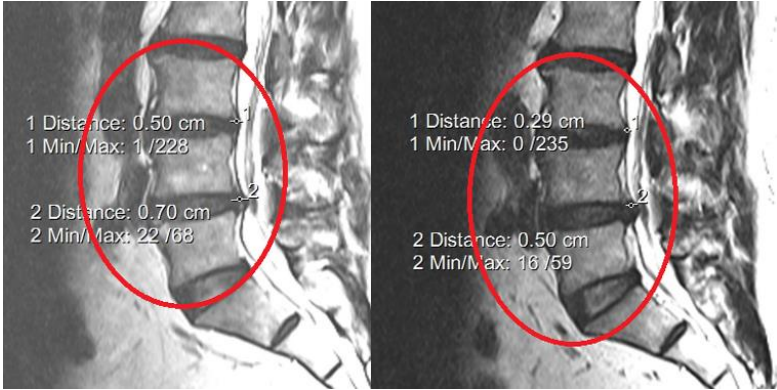


Từ kết quả mô phỏng cho thấy laser bán dẫn công suất thấp ở mật độ năng lượng ở  $10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup> - tại đó chùm tia laser vẫn có thể gây ra tác động sinh học kích thích mô. Kết quả mô phỏng sự lan truyền của bước sóng 780nm, 850nm và 940nm có thể tác động hoàn toàn đến các lớp mô ở cột sống thắt lưng, đầu gối và xương lớn như xương đùi, ngay cả sự lan truyền chùm tia laser qua lớp bột bó để vào đến mô sâu bên trong. Kết quả mô phỏng ở bước sóng 633nm đạt độ sâu nhỏ hơn các bước sóng còn lại, nó không phù hợp cho ứng dụng điều trị các mô sâu bên trong cơ thể. Bước sóng này phù hợp cho việc điều trị các vùng mô nông. Những kết quả mô phỏng này cho phép các nghiên cứu tiếp theo áp dụng các laser năng lượng thấp hoạt động ở các bước sóng 780nm, 850nm và 940nm trong điều trị tái tạo xương, gai khớp gối, thoát vị đĩa đệm vùng thắt lưng ở dạng không xâm lấn, tác động từ bề mặt da.

#### **4.2 Kết quả điều trị đau vùng thắt do thoát vị đĩa đệm, đau khớp gối do gai xương gối và điều trị tái tạo xương bằng laser công suất thấp**

Kết quả điều trị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm bằng laser bán dẫn công suất thấp cho 424 bệnh nhân cho thấy: việc sử dụng quang trị liệu bằng laser bán dẫn công suất thấp kết hợp với laser bán dẫn công suất thấp nội tĩnh mạch đã rút ngắn được thời gian điều trị cho bệnh nhân. Cụ thể ở nhóm 1, thời gian điều trị trung bình của những bệnh nhân ở nhóm này là  $16.62 \pm 0.74$  (ngày) với tỷ lệ giảm và khỏi 98.67%. Ở nhóm 2, thời gian điều trị trung bình của nhóm bệnh nhân này là  $23.44 \pm 1.11$  (ngày) với tỷ lệ giảm và khỏi 98.54%. Những bệnh nhân bị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm có kèm theo bệnh đau khớp gối do thoái hóa khớp gối sẽ làm kéo dài thời gian điều trị của bệnh nhân hơn so với nhóm chỉ bị thoát vị đĩa đệm. Sau khi kết thúc điều trị, mức độ đĩa đệm giảm thoát vị rất tốt; L5/S1 trước khi điều trị, độ thoát vị lớn nhất – trung bình 0.62 cm, nhưng sau khi điều trị bằng laser bán dẫn công suất thấp, mức độ thoát vị đã giảm đáng kể - chỉ còn 0.45 cm; L4/5 trước khi điều trị có mức độ thoát vị trung bình ở mức 0.57 cm, sau khi điều trị đã giảm xuống còn 0.42 cm. L3/4 cũng giảm đáng kể - trước khi điều trị, mức độ thoát vị trung bình là 0.51 cm, sau khi kết thúc điều trị chỉ còn 0.36 cm; còn vị trí

L2/3, lúc đầu cũng bị thoát vị tới 0.5 cm, sau khi điều trị giảm còn lại 0.29 cm. Trong quá trình điều trị, ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng

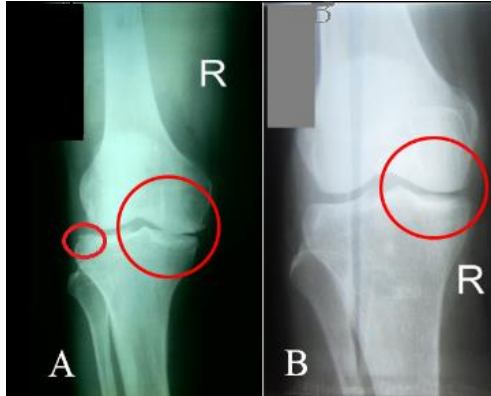


phụ có hại cho bệnh nhân.

Hình 4.9: Kết quả chẩn đoán hình ảnh của bệnh nhân 7 - ảnh bên trái: trước khi điều trị; ảnh bên phải: sau khi điều trị.

Nhận xét hình 4.9 trước khi điều trị, bệnh nhân 7 có mức độ thoát vị đĩa đệm L3/4 là 0.5 cm, L4/5 là 0.7 cm. Sau khi kết thúc điều trị, bệnh nhân có mức độ thoát vị đĩa đệm L3/4 giảm 0.21 cm và mức độ thoát vị đĩa đệm L4/5 giảm 0.2 cm.

Kết quả điều trị đau khớp gối do thoái hóa khớp gối bằng laser bán dẫn công suất thấp cho 25 bệnh nhân, cho thấy đa số bệnh nhân mắc bệnh này chủ yếu từ 50 tuổi trở lên, chiếm tỷ lệ 84%, ở độ tuổi này tốc độ lão hóa đã xuất hiện làm cho bệnh nhân dễ bị thoái hóa xương, khớp. Việc sử dụng quang trị liệu bằng laser bán dẫn công suất thấp kết hợp với laser bán dẫn công suất thấp nội tĩnh mạch đã rút ngắn được thời gian điều trị cho bệnh nhân. Thời gian điều trị trung bình của một bệnh nhân là  $(19.60 \pm 11.33)$  ngày với tỷ lệ giảm và khỏi 96%. Sau khi kết thúc điều trị, khe khớp được mở rộng và không còn quan sát thấy gai xương ở rìa khớp. Ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân trong suốt quá trình điều trị.

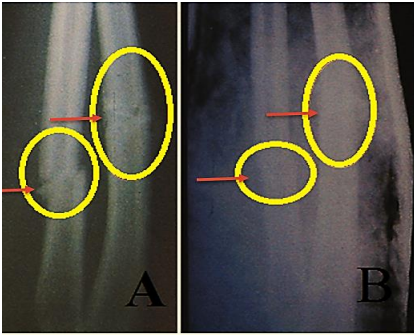


Hình 4.10: Kết quả X-quang khớp gối của bệnh nhân 2: trước khi điều trị - hình A; sau khi kết thúc điều trị - hình B

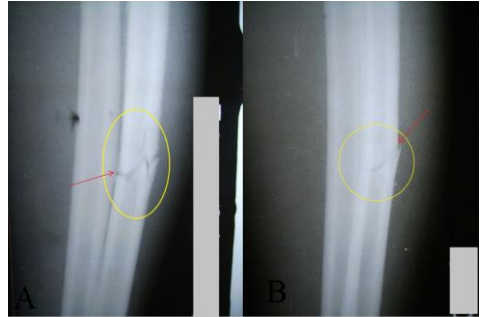
Hình 4.10 cho thấy trước khi điều trị (hình A), bệnh nhân bị hẹp khe khớp nặng, có sự xuất hiện gai xương ở hai rìa khớp; nhưng sau khi kết thúc điều trị (hình B) bằng laser bán dẫn công suất thấp, kết quả X-quang của bệnh nhân cho thấy không có gai xương ở hai đầu rìa khớp nữa, đồng thời khe khớp được mở rộng ra so với trước khi điều trị.

Bên cạnh đó, đề tài đã sử dụng hiệu ứng hai bước sóng kết hợp đồng thời (780 nm và 940 nm) với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút để điều trị tái tạo xương cho những bệnh nhân bị gãy xương. Kết quả điều trị gãy xương bằng laser bán dẫn công suất thấp cho thấy những bệnh nhân nữ cần thời gian hồi phục sau gãy xương lâu hơn so với những bệnh nhân nam, bởi vì nữ giới có sự thay đổi mạnh mẽ về nội tiết, sự thiếu hụt nội tiết tố nữ sẽ làm xương khớp dễ thoái hóa nhanh hơn so với nam giới. Thời gian điều trị trung bình của một bệnh nhân ở nhóm 1 là  $(28.64 \pm 14.19)$  ngày. Trong đó, nhóm bệnh nhân nữ có thời gian điều trị  $(32.13 \pm 17.55)$  ngày, thời gian điều trị này dài ngày hơn so với thời gian điều trị của nhóm bệnh nhân nam  $(26.64 \pm 12.15)$  ngày. Nhưng thời gian điều trị để xương liền lại ở các bệnh nhân này ngắn hơn so với thời gian liền xương của những bệnh nhân ở nhóm 2 (khoảng 60 ngày). Dưới tác động của hiệu ứng hai bước sóng đồng thời đã làm tăng cường vi tuần hoàn máu tại ổ gãy, thúc đẩy quá trình tạo can xương của những bệnh nhân ở nhóm 1

diễn ra nhanh hơn so với những bệnh nhân tự dưỡng tại nhà ở nhóm 2. Ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân trong suốt quá trình điều trị.



Hình 4.11: Kết quả chụp X-quang của bệnh nhân 21 (nhóm 1) – hình A: kết quả chụp X-quang trước khi điều trị; hình B: kết quả chụp X-quang sau khi kết thúc điều trị



Hình 4.12: Kết quả chụp X-quang của bệnh nhân 23 (nhóm 2) – hình A: kết quả chụp X-quang khi mới bó bột; hình B: kết quả chụp X-quang sau khi tái khám lại

Hình 4.11 là kết quả chụp X-quang của bệnh nhân 21 (nhóm 1 – bó bột, điều trị bằng LLLT) trước (hình A) và sau khi kết thúc điều trị (hình B) bằng laser công suất thấp. Bệnh nhân bị gãy 1/2 xương cẳng tay phải, can xương và phục hồi tốt, không có tác dụng phụ hoặc biến chứng bất lợi ảnh hưởng đến việc lành xương.

Kết quả chụp X-quang của bệnh nhân 23 (nhóm 2 – bó bột, tự dưỡng tại nhà) ở hình 4.12 khi mới bó bột (hình A) và sau khi tái khám lại (hình B). Bệnh nhân bị gãy 1/3 xương cẳng tay. Bệnh nhân mất khoảng 2 tháng để xương mới liền lại nhưng không can hoá xương diễn ra chậm, không mạnh mẽ, dù xương không di lệch.

## CHƯƠNG V KẾT LUẬN

Trong đề tài luận án này đã sử dụng hiệu ứng hai bước sóng kết hợp đồng thời (780 nm và 940 nm) với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút cho một lần điều trị. Bên cạnh đó, sử dụng laser công suất thấp nội tĩnh mạch, bước sóng 650 nm, tần số điều biến chùm tia 50Hz, với công suất 3mW 60 phút cho một lần điều trị. Hai phương thứ này dùng để điều trị cho những bệnh nhân bị đau vùng thắt lưng do thoát vị đĩa đệm và những bệnh nhân bị đau khớp gối do gai xương gối.

Kết quả điều trị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm bằng laser bán dẫn công suất thấp cho 424 bệnh nhân cho thấy: việc sử dụng quang trị liệu bằng laser bán dẫn công suất thấp kết hợp với laser bán dẫn công suất thấp nội tĩnh mạch đã rút ngắn được thời gian điều trị cho bệnh nhân. Cụ thể ở nhóm 1 (nhóm bị đau vùng thắt lưng do thoát vị đĩa đệm), thời gian điều trị trung bình của những bệnh nhân ở nhóm này là  $16.62 \pm 0.74$  (ngày). Ở nhóm 2 (nhóm bị đau vùng thắt lưng do thoát vị đĩa đệm và đau khớp gối do gai xương gối), thời gian điều trị trung bình của nhóm bệnh nhân này là  $23.44 \pm 1.11$  (ngày). Những bệnh nhân bị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm có kèm theo bệnh đau khớp gối do thoái hóa khớp gối sẽ làm kéo dài thời gian điều trị của bệnh nhân hơn so với nhóm chỉ bị thoát vị đĩa đệm. Sau khi kết thúc điều trị, mức độ đĩa đệm giảm thoát vị được thấy rõ trên kết quả chụp MRI; L5/S1 trước khi điều trị, độ thoát vị lớn nhất – trung bình 0.62 cm, nhưng sau khi điều trị bằng laser bán dẫn công suất thấp, mức độ thoát vị đã giảm đáng kể - chỉ còn 0.45 cm; L4/5 trước khi điều trị có mức độ thoát vị trung bình ở mức 0.57 cm, sau khi điều trị đã giảm xuống còn 0.42 cm. L3/4 cũng giảm đáng kể - trước khi điều trị, mức độ thoát vị trung bình là 0.51 cm, sau khi kết thúc điều trị chỉ còn 0.36 cm; còn vị trí L2/3, lúc đầu cũng bị thoát vị tới 0.5 cm, sau khi điều trị giảm còn lại 0.29 cm. Trong quá trình điều trị, ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân.

Kết quả điều trị đau khớp gối do gai xương gối bằng laser bán dẫn công suất thấp cho 25 bệnh nhân, cho thấy đa số bệnh nhân mắc bệnh này chủ yếu từ 50 tuổi trở lên, chiếm tỷ lệ 84%, ở độ tuổi này tốc độ lão hóa đã xuất hiện làm cho bệnh nhân dễ bị thoái hóa xương, khớp. Việc sử dụng quang trị liệu bằng laser bán dẫn công suất thấp kết hợp với laser bán dẫn công suất thấp nội tĩnh mạch đã rút ngắn được thời gian điều trị cho bệnh nhân. Thời gian điều trị trung bình của một bệnh nhân là  $(19.60 \pm 11.33)$  ngày. Sau khi kết thúc điều trị, khe khớp được mở rộng và không còn quan sát thấy gai xương ở rìa khớp. Ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân trong suốt quá trình điều trị.

Bên cạnh đó, đề tài đã sử dụng hiệu ứng hai bước sóng kết hợp đồng thời (780 nm và 940 nm) với tần số điều biến 50Hz, công suất 10 mW, 30 phút để điều trị tái tạo xương cho những bệnh nhân bị gãy xương. Kết quả điều trị gãy xương bằng laser bán dẫn công suất thấp cho thấy những bệnh nhân nữ cần thời gian hồi phục sau gãy xương lâu hơn so với những bệnh nhân nam, bởi vì nữ giới có sự thay đổi mạnh mẽ về nội tiết, sự thiếu hụt nội tiết tố nữ sẽ làm xương khớp dễ thoái hóa nhanh hơn so với nam giới. Thời gian điều trị trung bình của một bệnh nhân ở nhóm 1 (bệnh nhân được bó bột và điều trị bằng laser công suất thấp) là  $(28.64 \pm 14.19)$  ngày. Trong đó, nhóm bệnh nhân nữ có thời gian điều trị  $(32.13 \pm 17.55)$  ngày, thời gian điều trị này dài ngày hơn so với thời gian điều trị của nhóm bệnh nhân nam  $(26.64 \pm 12.15)$  ngày. Nhưng thời gian liền xương ở các bệnh nhân này ngắn hơn so với thời gian liền xương của những bệnh nhân ở nhóm 2 (bệnh nhân chỉ bó bột và tự dưỡng tại nhà có thời gian liền xương khoảng 60 ngày). Điều này cho thấy, dưới tác động của hiệu ứng hai bước sóng đồng thời đã làm tăng cường vi tuần hoàn máu tại ổ gãy, thúc đẩy quá trình tạo can xương của những bệnh nhân ở nhóm 1 diễn ra nhanh hơn so với những bệnh nhân tự dưỡng tại nhà ở nhóm 2. Ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân trong suốt quá trình điều trị. Từ những kết quả mô phỏng cho đến những kết quả điều trị lâm sàng của đề tài luận án cho thấy: việc sử dụng hiệu ứng hai bước sóng kết hợp đồng thời (780

nm và 940 nm) tác động trực tiếp lên vùng tổn thương, cùng với sự tác động của laser công suất thấp nội tĩnh mạch (bước sóng 650nm) đã hạn chế được sự thoái vòng sợi – được thể hiện qua hình ảnh MRI việc giảm thoát vị đĩa đệm, cũng như khe khớp gối giảm thoái hóa – được thể hiện qua phim X-quang khi so sánh trước và sau khi điều trị. Bên cạnh đó, hiệu ứng hai bước sóng kết hợp đồng thời (780 nm và 940 nm) tác động trực tiếp lên vị trí gãy xương, giúp tái tạo mô, xương, mạch máu. Phương pháp này đã bảo tồn chức năng của đĩa đệm vùng cột sống thắt lưng, bảo tồn chức năng khớp gối, phục hồi chức năng của chi sau gãy xương cho bệnh nhân, giúp họ nhanh chóng trở lại cuộc sống gần như bình thường. Ghi nhận được không có tai biến cũng như phản ứng phụ có hại cho bệnh nhân trong suốt quá trình điều trị.

Đề tài luận án đã mở ra một hướng đi mới cho việc sử dụng laser công suất thấp trong việc điều trị đau vùng thắt lưng do thoái hóa – thoát vị đĩa đệm, đau khớp gối do thoái hóa khớp gối và điều trị gãy xương. Laser công suất thấp hỗ trợ dẫn truyền liên quan đến vật liệu sinh học, hình thành xương mới, chữa lành xương, biểu hiện dấu ấn miễn dịch, tăng sợi collagen và giảm viêm cục bộ. Ngoài những vấn đề chính về điều trị đau ở vùng đĩa đệm thắt lưng, vùng sụn khớp, vùng xương bị gãy, việc đưa ra kết quả chẩn đoán và liệu điều trị thích hợp trước khi điều trị bệnh cơ – xương – khớp là điều cần thiết để tránh tác dụng phụ có hại cho bệnh nhân. Một thiết bị laser công suất thấp thông minh dùng để chẩn đoán và điều trị tình trạng của cơ – xương – khớp dựa trên ứng dụng học sâu và IoT nhằm đưa ra phát đồ điều trị, kết nối giữa thiết bị và ứng dụng điện thoại thông minh, nhằm cải thiện hiệu quả quá trình điều trị. Trong tương lai, khi công nghệ ngày càng phát triển, việc thiết kế và phát triển loại miếng dán phát ánh sáng trị liệu và không dây, cộng với nền tảng chăm sóc sức khỏe IoT sử dụng cho các ứng dụng chữa lành vết thương. Loại miếng dán phát ánh sáng linh hoạt sẽ được thiết kế với tiêu chí hiệu suất cao về độ ổn định nhiệt, tính đồng nhất của thiết bị và độ bền cơ học sẽ giúp cho việc ứng dụng quang trị liệu gắn vào da và sử dụng trong lâm sàng. Bên cạnh đó, việc áp dụng một ứng dụng điện thoại thông minh với nền tảng chăm sóc sức khỏe được kết

nổi IoT cho miếng dán ánh sáng trị liệu sẽ mở ra cơ hội lớn cho việc phát triển hệ thống chăm sóc sức khỏe từ xa với chi phí tiết kiệm, hiệu quả hơn.