

**SIMULATION OF HEAT DISTRIBUTION IN TISSUE  
GENERATED BY THERAPEUTIC ULTRASOUND**

**PAKANIT FUANGCHAN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING  
(BIOMEDICAL ENGINEERING)  
FACULTY OF GRADUATE STUDIES  
MAHIDOL UNIVERSITY  
2004**

**ISBN 974-04-5078-4  
COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

**SIMULATION OF HEAT DISTRIBUTION IN TISSUE GENERATED BY THERAPEUTIC ULTRASOUND**

PAKANIT FUANGCHAN 4137954 EGBE/M

M.Eng. (BIOMEDICAL ENGINEERING)

THESIS ADVISORS: CHAWALIT WONGSE-EK, M.Sc.(Physics), CHATCHAI NEATPISARNVANIT, Ph.D. (Electrical Engineering), PIROJANA SUVANASUTHI, M.Eng. (Electrical Engineering)

**ABSTRACT**

Ultrasonic energy can stimulate the healing process of tissue by bringing the temperature to the maximal tolerated level. Because the patient's sensation of temperature is not reliable as a guide in treating deep tissue, a standard ultrasound setting must be used in routine treatment. For this study, an ANSYS 5.4 (finite element software) command log file was written to perform and analyse heat distribution in any material sonicated by therapeutic ultrasound under conditions stipulated by the user in a simulation model. Heat distributions can be displayed in two-dimensional simulation, graphic displays, etc. In this study the focus was on fat, muscle, and bone tissue. The study confirmed that the increase in temperature depends not only on ultrasonic intensity but also on physical properties of the tissue, such as thermal conductivity. With increase in depth, the temperature of fat and muscle tissue decays exponentially but bone tissue temperature decays more rapidly. A model with three layers of tissue shows that peak temperature is attained inside the bone tissue within 25-30 seconds, then inside fat tissue, and finally shifts toward muscle tissue. After 165 seconds of application of ultrasound at an intensity of 1 W/cm<sup>2</sup>, the temperatures in the middle of muscle, fat, and bone tissue reach 43, 46.2, and 44.5° C, respectively. So, when muscle tissue temperature reaches the treatment range of 40 - 45°, pain is evoked in fat tissue. The therapist must adjust the application to obtain optimum treatment, such as by moving the sound applicator. The results obtained by using this command log file can be used to plan the appropriate procedure for various ultrasound treatments.

**KEY WORDS: THERAPEUTIC ULTRASOUND / HEAT DISTRIBUTION /  
COMPUTER SIMULATION / FINITE ELEMENT METHOD**

115 pp. ISBN 974-04-5078-4

ภาพจำลองทางคอมพิวเตอร์ของการกระจายความร้อนภายในเนื้อเยื่อที่เกิดจากการรักษาด้วยอัลตราซาวนด์ (SIMULATION OF HEAT DISTRIBUTION IN TISSUE GENERATED BY THERAPEUTIC ULTRASOUND)

ภคณีจ เพ็ญจันทร์ 4137954 EGBE/M

วศ.ม. (วิศวกรรมชีวการแพทย์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : ชาลิต วงษ์เอก, M.Sc.(Physics), นัตรชัย เนตรพิศาลวนิช, Ph.D.(Electrical Engineering), ไพโรจน์ สุวรรณสุทธิ, M.Eng.(Electrical Engineering)

บทคัดย่อ

อัลตราซาวนด์สามารถช่วยในการรักษาอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อได้ จากการเพิ่มอุณหภูมิเนื้อเยื่อไปถึงระดับที่ผู้ป่วยสามารถทนได้ แต่เนื่องจากระบบรับความรู้สึกของผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องอุณหภูมิโดยเฉพาะในบริเวณที่อยู่ลึกลงไปมากจากผิวหนังนั้น ไม่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการวางแผนการรักษาได้ ดังนั้นการรักษาจึงใช้อัลตราซาวนด์ในระดับเดิมตามแบบที่มักใช้อยู่เป็นประจำ งานวิทยานิพนธ์นี้ได้สร้าง Command log file ในโปรแกรม ANSYS 5.4 ขึ้นมาเพื่อใช้วิเคราะห์การกระจายความร้อนในวัสดุใดๆที่เกิดจากการรักษาด้วยอัลตราซาวนด์ โดยผู้ใช้กำหนดลักษณะแบบจำลองของวัสดุได้ตามต้องการ สามารถแสดงการกระจายความร้อนได้หลายรูปแบบ เช่น ภาพจำลองทางคอมพิวเตอร์แบบ 2 มิติและกราฟ เป็นต้น งานวิทยานิพนธ์นี้ได้วิเคราะห์ความร้อนที่เกิดขึ้นในไขมัน, กล้ามเนื้อและกระดูก พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับความเข้มอัลตราซาวนด์เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเนื้อเยื่อด้วยเช่น ค่า thermal conductivity อุณหภูมิของไขมันและกล้ามเนื้อลดลงแบบ Exponential ตามความลึกของเนื้อเยื่อ แต่อุณหภูมิของกระดูกจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อวิเคราะห์ความร้อนในเนื้อเยื่อ 3 ชั้นพบว่า อุณหภูมิสูงสุดในช่วง 20-30 วินาทีแรกอยู่ในกระดูก หลังจากนั้นพบในไขมันแล้วเลื่อนลงไปในกล้ามเนื้อ เมื่อรักษาด้วยอัลตราซาวนด์  $1 \text{ W/cm}^2$  เป็นเวลา 165 วินาทีพบว่าบริเวณกลางกล้ามเนื้อมีอุณหภูมิ  $43^\circ\text{C}$  ในขณะที่ไขมันและกระดูกมีอุณหภูมิ  $46.2$  และ  $44.5^\circ\text{C}$  ตามลำดับ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของกล้ามเนื้อเข้าสู่ช่วงที่ให้ผลการรักษาคือ  $40 - 45^\circ\text{C}$  ผู้ป่วยจะรู้สึกปวดที่บริเวณชั้นไขมัน ด้วยเหตุนี้ ผู้รักษาควรต้องปรับวิธีการเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดีที่สุด เช่นการเคลื่อนหัวอัลตราซาวนด์ เป็นต้น ผลที่ได้การวิเคราะห์โดยใช้ command log file สามารถนำมาใช้วางแผนการรักษาด้วยอัลตราซาวนด์ใน case ต่างๆที่หลากหลายได้