

**NONLINEAR AUTOREGRESSIVE MOVING AVERAGE BASED
MODELING OF AUTONOMIC CONTROL OF HEART RATE**

PIYAWAN MASSA-ARD

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
(BIOMEDICAL ENGINEERING)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2006**

**ISBN 974-04-7650-3
COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY**

การจำลองการควบคุมอัตราหัวใจเต้นโดยประสาทอัตโนมัติ ด้วยวิธีเคลื่อนที่แบบถดถอยในตัวเองโดยใช้สมการไม่เชิงเส้น

(NONLINEAR AUTOREGRESSIVE MOVING AVERAGE BASED MODELING OF AUTONOMIC CONTROL OF HEART RATE)

ปิยะวรรณ มาสสะอาด 4536774 EGBE/M

วศ.ม. (วิศวกรรมชีวการแพทย์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : วรากร เจริญสุข, Ph.D. (Electical Engineering),

วัฒนา วัฒนาภา, M.D., Ph.D. (Physiology)

บทคัดย่อ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่างระบบการหายใจและอัตราหัวใจเต้นมีความสำคัญต่อกลไกการทำงานและการประยุกต์ใช้ทางคลินิก ความสัมพันธ์เชิงเส้นไม่เพียงพอที่จะอธิบายคุณลักษณะของความสัมพันธ์นี้ เนื่องจากเป็นความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและไม่เชิงเส้นในการศึกษานี้ เราได้ศึกษาถึงความแปรผันของอัตราหัวใจเต้นในระหว่างการออกกำลังกาย จากผลที่ได้เราพบว่า *sympatho-vagal balance* (LF/HF ratio) เพิ่มขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย นอกเหนือจากนั้น เราได้ค้นคว้าแบบจำลองไม่เชิงเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการปรับสมดุลของระบบหัวใจและหลอดเลือดโดยใช้วิธีการเคลื่อนที่แบบถดถอยในตัวเองโดยใช้สมการไม่เชิงเส้น ความดันเลือดในหลอดเลือดแดง อัตราหัวใจเต้น และการหายใจ ถูกบันทึกจากอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีในท่านอน สัญญาณเหล่านี้ได้ถูกแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกและชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองวิธีเคลื่อนที่แบบถดถอยในตัวเองโดยใช้สมการไม่เชิงเส้นถูกประมาณค่าโดยการป้อนชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกให้แก่เครือข่ายจำลองระบบประสาท Normalized Mean Square Error (NMSE) และ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ถูกคำนวณเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง NMSE และ MAPE นั้นมีค่าต่ำมากเมื่อถูกเปรียบเทียบกับวิธีการก่อนหน้า (Nonparametric method, ARX model and Volterra-Weiner model) การค้นพบนี้เป็นการระบุว่า แบบจำลอง NARMA อาจมีประโยชน์ในการเติมเต็มกลไกการปรับสมดุลของระบบหัวใจและหลอดเลือด

99 หน้า ISBN 974-04-7650-3

NONLINEAR AUTOREGRESSIVE MOVING AVERAGE BASED MODELING
OF AUTONOMIC CONTROL OF HEART RATE

PIYAWAN MASSA-ARD 4536774 EGBE/M

M.Eng.(BIOMEDICAL ENGINEERING)

THESIS ADVISORS : WARAKORN CHAROENSUK, Ph.D.(ELECTRICAL
ENGINEERING), WATTANA B.WATANAPA, M.D.,Ph.D. (Physiology)

ABSTRACT

A mathematical model of the relationship between respiration and RR interval is important for understanding physiological mechanisms and in clinical practices. Linear approaches are not sufficient to characterize the interactions because these interactions are complex and nonlinear. In this study, heart rate variability was studied during handgrip exercise. As result, the sympatho-vagal balance (LF/HF ratio) was found to have increased during dynamic handgrip exercise. Moreover, the nonlinear model that assesses the dynamic changes in cardiovascular regulation was investigated by using Nonlinear AutoRegressive Moving Average (NARMA) method. Arterial blood pressure, respiration and electrocardiography (ECG) were recorded from healthy subjects in supine position. These signals were separated into training sets and test sets. Parameters of the NARMA model were estimated by applying the training set in an artificial neural network. Normalize Mean Square Error (NMSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) were computed to indicate the performance of the model. NMSE and MAPE were very low when compared with previous methods (nonparametric method, ARX model and Volterra-Weiner model). These findings indicated that the NARMA model may be useful to complete the cardiovascular regulation mechanism.

KEY WORDS : AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM/ ARTERIAL BLOOD
PRESSURE/ RESPIRATION/ RR INTETVAL/ NONLINEAR
MODEL/ NARMA MODEL

99 P. ISBN 974-04-7650-3