

รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์
รหัสโครงการ NT-B-06-4F-18-013

โครงการวิจัยเรื่อง

เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าชนิดลำดับก่อนหลังสำหรับรักษาผู้ป่วย
กลืนลำบาก

Sequential Stimulator for Dysphagic Patients

ผู้วิจัย

1. นายวิชูร ถีตามานิตย์
2. นายชูศักดิ์ ถิ่นสกุล
3. นายอดิณ กี่เตอร์



ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อจัดสร้างเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าชนิดลำดับก่อนหลังเพื่อช่วยการกลืนของผู้ป่วย ลักษณะเฉพาะของเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ จะทำงานต่อเมื่อมีการกลืนจริง และจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปกระตุ้นกล้ามเนื้อคอ (thyrohyoid) ให้หดตัว โดยคาดว่าเมื่อกลิ้งเนื้อคอหดตัวขณะกลืนจริงจะช่วยเปิดช่องคอของผู้ป่วยที่กลืนลำบากเนื่องจากกล่องเสียงยกตัวไม่ดี (reduced laryngeal elevation dysphagia) ให้เปิดกว้างออก ทำให้ผู้ป่วยกลืนอาหารได้สะดวก ไม่กลืนติด ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ทำงานขณะกลืนมาเป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ ได้แก่ กล้ามเนื้อขมับ กล้ามเนื้อลิ้น กล้ามเนื้อขากรรไกร พบว่ากล้ามเนื้อลิ้นมีความเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือกล้ามเนื้อขมับ ส่วนการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ใช้วิธีตรวจจับสัญญาณด้วยอิเล็กโทรดชนิดปิดผิวหนัง เนื่องจากผู้ป่วยกลืนลำบากจำเป็นต้องใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ หลายๆ ครั้งเป็นเวลานาน จึงไม่สะดวกและทรมานหากใช้อิเล็กโทรดชนิดเข็มหรือชนิดคะขอเกี่ยว จากนั้นเป็นการศึกษา algorithm ชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมในการประมวลผล เพื่อหาจุดเริ่มต้นกลืนในสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อลิ้นที่ตรวจจับด้วยอิเล็กโทรดชนิดปิดผิวหนัง Algorithm ในอุดมคติจะต้องสามารถตรวจพบจุดเริ่มต้นกลืนได้ไม่ผิดพลาดและต้องทำงานได้รวดเร็วแบบ real time จากการศึกษาพบว่าการใช้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของสัญญาณเป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยที่ความแม่นยำในการตรวจพบจุดเริ่มต้นกลืนจะอยู่ที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป และจะมี delay time นับจากจุดที่เริ่มต้นกลืนจริงจนถึงจุดที่ตรวจพบการกลืนเท่ากับ 60-120 msec ส่วนลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อได้เลือกสัญญาณพัลส์แรงดันสูงแบบ twin peak เป็นสัญญาณกระตุ้น โดยออกแบบให้สัญญาณ twin peak มีระยะห่างระหว่างพัลส์เท่ากับ 75 μ sec มีขนาดความกว้างของสัญญาณกระตุ้น 1 sec และมีกรอบแรงดันเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยมี ramp ที่ส่วนต้นของสัญญาณ การออกแบบวงจรของเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนวงจรคำนวณและตัดสินใจ และส่วนวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นกล้ามเนื้อ เมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อส่วนวงจรคำนวณและตัดสินใจจะคำนวณค่าแรงดันเฉลี่ยกำลังสอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงที่ตั้งไว้ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0-2 volt หากค่าแรงดันเฉลี่ยกำลังสองของสัญญาณที่คำนวณได้สูงกว่าแรงดันอ้างอิง จะมี output เป็น high และจะส่งสัญญาณทริกเกอร์ไปที่วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นกล้ามเนื้อให้ปล่อยสัญญาณพัลส์แรงดันสูงแบบ twin peak ที่มีแรงดันระหว่าง 0-150 volt ไปกระตุ้นกล้ามเนื้อ thyrohyoid ให้หดตัวเพื่อช่วยกลืน ได้ทดลองใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ ในการรักษาผู้ป่วยกลืนลำบากที่มีสาเหตุจากกล่องเสียงยกตัวไม่ดีจำนวน 23 ราย ระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาอยู่ระหว่าง 2-30 วัน เฉลี่ย 6วัน โดยเปรียบเทียบภาพเอกซเรย์ videofluoroscopy ก่อนและหลังการรักษาทุกราย พบว่าการรักษาได้ผลดี 20 ราย ไม่ได้ผล 3 ราย ผู้ป่วยที่รักษาได้ผลจะกลืนอาหาร

ได้ดีขึ้น ไม่มีอาการกลืนติดหรือสำลัก นำหนักขึ้นภายหลังการรักษา ผู้ป่วย 20 รายที่รักษาได้ผลมี 6 รายที่อาการฟื้นกลับแต่อาการดีขึ้นเมื่อให้การรักษาครั้งที่สอง ผู้ป่วย 3 รายที่ไม่ได้ผล 1 รายเป็นผู้ป่วยที่กลืนลำบากหลังการฉายแสงทำให้กล้ามเนื้อคอกลายเป็นพังผืด 1 รายเส้นเลือดแตกในสมอง และกล้ามเนื้อลิ้นไม่ทำงาน อีก 1 รายไม่ได้ผลเพราะเครื่องเลีย การรักษาผู้ป่วยทั้ง 23 รายด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าฯ ไม่พบภาวะแทรกซ้อนจากการใช้เครื่อง

Abstract

The objective of this research is to build the sequential stimulator for assisting the swallowing function in dysphagic patients. The typical character of this stimulator is its property of stimulating contraction of thyrohyoid muscle during deglutition. It is already known that in normal swallowing contraction of thyrohyoid will help opening the pharynx and cricopharyngeus. Therefore, the function of sequential stimulator alleviates the dysphagia symptom of the patients. This research also studied the possibility of using the myoelectrical activity (EMG) of those muscles function during swallowing as a trigger to the stimulator. The study included the EMG of temporalis, posterior tongue and masseter muscles and was found that EMG of the posterior tongue was the most appropriate while the second most was temporalis muscle. In recording the EMG, disc surface electrodes were used instead of needle and hook-wire electrodes because it is more convenience to the patients especially when using repeatedly for a long time. The next step was to find an algorithm having the property of detecting swallowing initiation in the recorded surface EMG. The ideal algorithm must have the property of real time processing with 100% accuracy. Thus many algorithms had been tried and found that the mean of the signal power 2 is the best one and provided 80% accuracy in swallowing detection and 60-120 msec delay time. The character of the stimulating pulse used in this study was twin-peak high voltage pulse. The twin-peak pulse was designed in the order that the time spacing between two consecutive pulses was 75 μ sec and the stimulation duration was 1 sec long with ramp at the beginning. The sequential stimulator is composed of two parts, the calculation/decision making part and the stimulating part. The function of the calculation/decision making part is to calculate the recorded EMG signal and compared it to the reference signal that can be adjusted from 0-2 volt. If the amplitude of the calculated signal is higher than the reference signal, the output will be high and the trigger will be sent to command the stimulating part to release the high voltage (1-150 volt) stimulating pulse to stimulate contraction of the thyrohyoid muscle in assisting swallowing. The sequential stimulator was used to treat 23 patients suffering reduced laryngeal elevation dysphagia. The treatment duration ranged from 2-30 days (mean 6 days). Videofluoroscopic examination was done to compare the result before

and after treatment in every patient. Twenty-patients had favorable outcome while three showed failure treatment. Patients with favorable outcome showed improved dysphagia symptom without difficulty swallowing, obstruction or aspiration. Six of this group showed relapse symptom after the first course of treatment and the second course was applied with favorable outcome. Of the three patients who showed failure treatment, one received radiation treatment for head and neck cancer with severe fibrosis of thyrohyoid muscle, one suffering multiple sites cerebrovascular accident with severe degree weakness of tongue. The other showed no improvement but after using the sequential stimulator it was found to have been inoperative. Neither complication nor adverse reaction was found in any treated patients using sequential stimulator.