

การคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ
เพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน
Selection of Features in Electromyogram for Detection of Swallowing



เฉลิมชัย แซ่ลิม
Chalermchai SaeLim

๒

เลขหมู่	GM 155 ๒74 2539 ค. ๒
Order Key	
Bib Key	103016
	๒๖ ต.ค. ๒๕๕๓

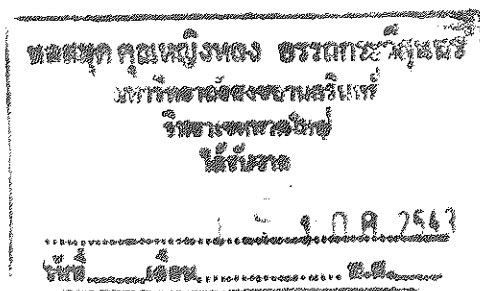
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Master of Engineering Thesis in Electrical Engineering
Prince of Songkla University

2539

ชื่อวิทยานิพนธ์ การคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่ม
 กลุ่มเนื้อเพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน
 ผู้เขียน นายเฉลิมชัย แซ่ลิ่ม
 สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
 ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึง การหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มเนื้อที่
 ใช้ในการกลืน ซึ่งก่อนที่จะหาลักษณะเด่น จำต้องพิจารณาหากลุ่มกล้ามเนื้อและบริเวณที่จะใช้
 เป็นที่ทำการตรวจจับสัญญาณ จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่า กลุ่มกล้ามเนื้อลึ้นนั้นมีความ
 เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าเพื่อหาลักษณะเด่น โดยทำการบันทึก
 สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากกิจกรรมการเคี้ยวและกลืน จากนั้นนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้มา
 วิเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน ซึ่งวิธีการทาง
 คณิตศาสตร์ที่ใช้ก็เป็นวิธีการที่ใช้กันในการวิเคราะห์สัญญาณสุ่มและอาศัยจากเอกสารอ้างอิงที่มี
 การทำวิจัยในลักษณะใกล้เคียงกัน วิธีวิเคราะห์ที่นำมาใช้จะเป็นวิธีที่มีสมการคณิตศาสตร์ที่ไม่
 ซับซ้อน เพื่อที่จะไม่เป็นอุปสรรคด้านเวลาที่ใช้ในการคำนวณเมื่อนำไปใช้ในการสร้างเครื่อง
 กระตุ้นกล้ามเนื้อสำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการกลืน ซึ่งจากการทดลองใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์
 ต่างๆ พบว่าการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจาก
 สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลึ้นที่มีกิจกรรมการเคี้ยวแล้วการกลืนได้ดี แต่ยังมีอาสาสมัคร
 บางคนที่ไม่สามารถใช้วิธีการนี้ในการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกจุดกลืนได้ ซึ่งได้นำเสนอแนว
 ทางแก้ไขไว้ในบทสรุปและข้อเสนอแนะของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



Thesis Title	Selection of Features in Electromyogram for Detection of Swallowing
Author	Chalermchai SaeLim
Major Program	Electrical Engineering
Academic Year	1995

Abstract

This thesis describes the selection of features in electromyogram for detection of swallowing. The muscles selected for swallowing electromyogram recording are tongue muscle group. Tongue activities recorded are chewing and swallowing. Each recorded electromyogram was analyzed in order to define the most appropriate mathematical model for discrimination between chewing and swallowing electromyogram and was found that the power average of electromyogram signal is most appropriate. However, there are some subjects whose electromyogram cannot be discriminated by this model and the possible solutions to the problem are also suggested and added in the conclusion.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.นายแพทย์
วิฑูร ลีสลามานิตย์ ผศ.บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมและดร.อลัน กี้เตอร์ ที่
ร่วมกรุณาให้คำชี้แนะตลอดทั้งความรู้ทั้งหลายทั้งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และทางด้านการ
แพทย์ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เกริกชัย ทองหนู และอาจารย์ปราโมทย์ จุฑาพร คณะกรรมการ
สอบและขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อปริญญาโท ขอ
ขอบพระคุณ คุณย่า บิดา มารดา และพี่ๆ ที่คอยให้กำลังใจและคอยสนับสนุนด้านต่างๆมาด้วยดี
ขอขอบคุณ ครูและบุคลากรในภาควิชาและบุคลากรในบัณฑิตวิทยาลัยที่คอยอำนวยความสะดวก
สะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ สวทช. ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์ ที่
ขาดมิได้ ขอขอบคุณ พี่ๆ และเพื่อนๆ ที่คอยสอบถามความสำเร็จเป็นระยะๆ

เฉลิมชัย แซ่ลิ่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(7)
รายการภาพประกอบ.....	(9)
ตัวย่อและสัญลักษณ์.....	(11)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	2
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การกลืนและการหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่บ่งบอก	
การกลืน.....	4
การหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่บ่งบอกการกลืน	4
3 ผลการทดลองการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์.....	21
ผลการทดลองจากการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์.....	28
ผลการทดลองโดยใช้ Fast Fourier Transform.....	35
ผลการกรองสัญญาณโดยใช้ตัวกรองความถี่.....	41
ผลการทดลองการใช้ Autoregressive.....	44
การใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ.....	47
4 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	54
บรรณานุกรม.....	59
ประวัติผู้เขียน.....	61

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2-1	17
3-1 ก	26
3-1 ข	27
3-1 ค	27
3-1 ง	27
3-2 ก	30
3-2 ข	30
3-2 ค	31
3-2 ง	32
3-2 จ	33
3-2 ฉ	33
3-2 ช	34
3-3	38
3-4	40

70-100 Hz และ 160-190 Hz

3-5	แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าหลังผ่านตัวกรองสัญญาณที่ความถี่ 70-100 Hz.....	42
3-6 ก	แสดงตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการใช้ Autoregressive.....	44
3-6 ข	แสดงผลการพิจารณาที่จะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ Autoregressive มาใช้ในการตรวจจับสัญญาณบ่งบอกการกลืน.....	45
3-7 ก	แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณจากอาสาสมัคร.....	49
3-7 ข	แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณจากอาสาสมัครที่เลือก.....	51
4-1	แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนผิดพลาดในช่วงการเคี้ยวและช่วงการกลืน.....	58

รายการภาพประกอบ

		หน้า
	ภาพประกอบ	
2-1	แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกลืน.....	5
2-2	แสดงกลไกของการกลืน.....	7
2-3	แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของสัญญาณ.....	10
2-4	แสดงสัญญาณไฟฟ้าของกลุ่มเนื้อที่ใช้ในการกลืนและหาค่าพารามิเตอร์ จากวิธีการข้างต้น.....	12
2-5	แสดงการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในช่วงเคี้ยวและการกลืน.....	13
2-6 ก	แสดงการเลือกช่วงสัญญาณก่อนการทำ FFT.....	15
2-6 ข	กราฟแสดงความหนาแน่นเชิงความถี่จากช่วงสัญญาณที่เลือก.....	15
2-7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับสัญญาณในอดีตที่เลือกไว้จากการทำ Autoregressive กับสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ.....	18
2-8	แสดงการนำข้อมูลสุ่มที่มาใช้ในการคำนวณ.....	19
2-9	แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยกับสัญญาณที่ใช้ในการคำนวณ ที่ N=300.....	20
3-1	แสดงแผนภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อบันทึกและวิเคราะห์ สัญญาณไฟฟ้างุ่มกล้ามเนื้อ.....	21
3-2 ก	แสดงอิเล็กทรอนิกส์และตำแหน่งการติดอิเล็กทรอนิกส์โทรบนอาสาสมัคร.....	22
3-2 ข	แสดงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการติดอิเล็กทรอนิกส์โทรที่ใบหูกับไตค้างทั้ง 2 ข้าง.....	23
3-3	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	23
3-4 ก	แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อขณะทำกิจกรรมต่างๆ ในอาสาสมัครคนที่ 1 และมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวต่ำ.....	24
3-4 ข	แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อขณะทำกิจกรรมต่างๆ ในอาสาสมัครคนที่ 1 และมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวสูง.....	26
3-5 ก	แสดงค่าของพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากการเลือกช่วงที่มีการเคี้ยว และการกลืน.....	29
3-6 ก	แสดงช่วงของสัญญาณไฟฟ้าจากช่วงการเคี้ยวที่เลือก.....	35

3-6 ข	แสดงแอมพลิจูดสเปกตรัมที่ได้จาก FFT ของสัญญาณไฟฟ้าจากช่วงการเคี้ยว ที่เลือกในภาพประกอบ 3-6 ก.....	36
3-7 ก	แสดงช่วงของสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนที่เลือก.....	36
3-7 ข	แสดงแอมพลิจูดสเปกตรัมที่ได้จาก FFT ของสัญญาณไฟฟ้าจากช่วงการกลืน ที่เลือกในภาพประกอบ 3-7 ก.....	37
3-8 ก	แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนก่อนผ่านการกรอง.....	41
3-8 ข	แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนหลังผ่านการกรองในช่วงความถี่ 70-100 Hz และจะมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวสูงขึ้นเมื่อเทียบกับขนาด สัญญาณไฟฟ้าจากการกลืน.....	41
3-8 ค	แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนก่อนผ่านการกรอง.....	41
3-8 ง	แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนหลังผ่านการกรองในช่วงความถี่ 70-100 Hz และจะมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวต่ำลงเมื่อเทียบกับขนาด สัญญาณไฟฟ้าจากการกลืน.....	42
3-9 ก	แสดงผลที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ.....	47
3-9 ข	แสดงผลที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณที่มีสัญญาณไฟฟ้า จากการเคี้ยวสูง.....	48
3-10	แสดงกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การตรวจจับผิดพลาดกับความล่าช้าในการ ตรวจจับสัญญาณ.....	52
3-11	แสดงกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การตรวจจับผิดพลาดกับความล่าช้าในการ ตรวจจับสัญญาณ.....	53
4-1	แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อในรูป A และสัญญาณไฟฟ้า จากขมับในรูป B.....	54
4-2	แสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณการตัดสินใจจากการใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่ม กล้ามเนื้อและสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ.....	55
4-3 ก	แสดงผลจากการใช้สัญญาณไฟฟ้ากลุ่มกล้ามเนื้ออย่างเดียว ซึ่งในหน้าต่าง C จะไม่มีรูปของสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ.....	56
4-3 ข	แสดงผลจากการใช้สัญญาณไฟฟ้ากลุ่มกล้ามเนื้อพร้อมกับสัญญาณไฟฟ้า จากขมับในการตัดสินใจ.....	57

ตัวย่อและสัญลักษณ์

FFT	=	Fast Fourier Transform
NLC	=	negative level crossing
PLC	=	positive level crossing
PPrate	=	positive peak rate
MWRT	=	mean wave rise time
MWRV	=	mean wave rise voltage
MNWD	=	mean negative wave duration
SD	=	Standard Deviation

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

ปกติมนุษย์ทุกคนจะมีกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกลืนตลอดวัน ไม่ว่าจะเป็นการกลืนน้ำลาย กลืนน้ำ หรือกลืนอาหาร ซึ่งผลจากการมีกิจกรรมเกี่ยวกับการกลืนนานๆ เข้า อาจจะทำให้เกิดการเสื่อมสมรรถภาพของการกลืนได้ ซึ่งเรียกว่า ดิซฟาเกีย (dysphagia) โดยคำว่า ฟาเกีย (phagia) แปลว่า กลืน และคำว่า ดิซ (dys) แปลว่า ลำบาก ดังนั้นรวมความแล้วหมายถึง กลืนลำบาก ซึ่งการผิดปกติของกลไกการกลืนนั้นมีทั้งกลไกตามความตั้งใจและกลไกของรีเฟล็กซ์ (reflex) การเสื่อมสมรรถภาพของการกลืนนั้น อาจเกิดขึ้นได้ทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะผู้สูงอายุ จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มาก ในการรักษาที่ผ่านมาของ ผศ.นายแพทย์วิฑูร ลีลามานิตย์ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ได้ทำการช่วยเหลือผู้ป่วย โดยทำการฟื้นฟูสมรรถภาพของการกลืน ซึ่งมีสาเหตุจากกล้ามเนื้อคอเสื่อมสมรรถภาพ ด้วยวิธีกายภาพบำบัดโดยใช้เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อคอของผู้ป่วย ซึ่งสามารถให้ผลพอใจระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อนั้นมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ผู้ป่วยจะต้องมาโรงพยาบาลเพื่อรับการรักษาทุกอาทิตย์ ซึ่งจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและการ กระตุ้นดังกล่าวจะเป็นการกระตุ้นที่ไม่มี การกลืน เป็นต้น ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่ว่า จะประดิษฐ์เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วยกลืนลำบากโดยเฉพาะขึ้น จึงทำให้เกิดโครงการวิจัยและประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างคณะแพทยศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ขึ้น โดยร่วมมือระหว่าง ผศ.นพ.วิฑูร ลีลามานิตย์ ภาควิชาโสต นาสิกและลาริงก์ ดร.อลัน กีเตอร์ หน่วยระบาดวิทยาและ ดร.ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย โดยจะทำการศึกษาในส่วนการคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่บ่งบอกการกลืน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าสำหรับผู้ป่วย โดยจะให้เครื่องทำงานกระตุ้นกล้ามเนื้อคอขณะที่ผู้ป่วยกำลังกลืน เพื่อให้การกลืนเป็นปกติตามลำดับขั้นตอนตามธรรมชาติ และช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพของกล้ามเนื้อคอ ซึ่งหลักการในการสร้างเครื่องกระตุ้นไฟฟ้านั้น ก่อนอื่นจะต้องหาวิธีการทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในกิจกรรมการกลืนออกมา จากนั้นก็จะมี การส่งสัญญาณกระตุ้นไปยังเครื่องมือที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าที่จะนำไปกระตุ้นกล้ามเนื้อคอ ดังนั้นจะ

ส่งสัญญาณกระตุ้นไปยังเครื่องมือที่สร้างสัญญาณไฟฟ้าที่จะนำไปกระตุ้นกล้ามเนื้อคอ ดังนั้นจะเห็นว่าสิ่งสำคัญที่สุดคือ จะต้องหาวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่จะทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในกิจกรรมการกลืน ซึ่งจะเป็นเนื้อหาของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อเพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการกลืนของคนไทยในช่วงอายุ 15-30 ปี ช่วงอายุ 30-45 ปี และอายุมากกว่า 45 ปี ทั้งชายและหญิง โดยศึกษาจากคนปกติที่ไม่มีโรคที่เกี่ยวข้องกับการกลืน
2. จับสัญญาณไฟฟ้าจากอาสาสมัครที่มีกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืน การกลืนน้ำลาย การกลืนน้ำคำเล็ก การกลืนน้ำคำโต การพูด

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหาตำแหน่งที่สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ ที่เป็นจุดเริ่มต้นของการผลักอาหารผ่านช่องคอ
2. บันทึกลักษณะของสัญญาณต่างๆจากคนปกติเช่น กลืนน้ำลาย กลืนน้ำคำเล็ก กลืนน้ำคำโต เคี้ยวแล้วกลืน พูด เป็นต้น
3. เปรียบเทียบสัญญาณต่างๆข้างต้น ว่าสัญญาณเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กับสัญญาณการกลืนอย่างไร
4. หาลักษณะเด่นจากสัญญาณไฟฟ้า เพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่แสดงจุดเริ่มต้นของกิจกรรมการกลืนกับกิจกรรมอื่นๆ เช่น การเคี้ยวอาหาร การพูด เป็นต้น
5. บันทึกลักษณะสัญญาณต่างๆของอาสาสมัคร

6. ในการหาลักษณะเด่นจะต้องนำวิธีการทางคณิตศาสตร์ มาตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน จากสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่ได้จากกิจกรรมการกลืนและสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกิจกรรมอื่นๆ เช่น การเคี้ยว การพูด เป็นต้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกลืน และวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับ การวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่ใช้เพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน
2. สามารถนำเอาวิธีการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้หาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อสำหรับการกลืน นำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนาเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าชนิดลำดับก่อนหลังสำหรับผู้ป่วยกลืนลำบาก
3. สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สนใจ จะทำการวิจัยในลักษณะที่ใกล้เคียงกันต่อไป
4. สรุปผลและทำรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

การกลืนและการหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจาก กลุ่มกล้ามเนื้อที่บ่งบอกการกลืน

1. การกลืน

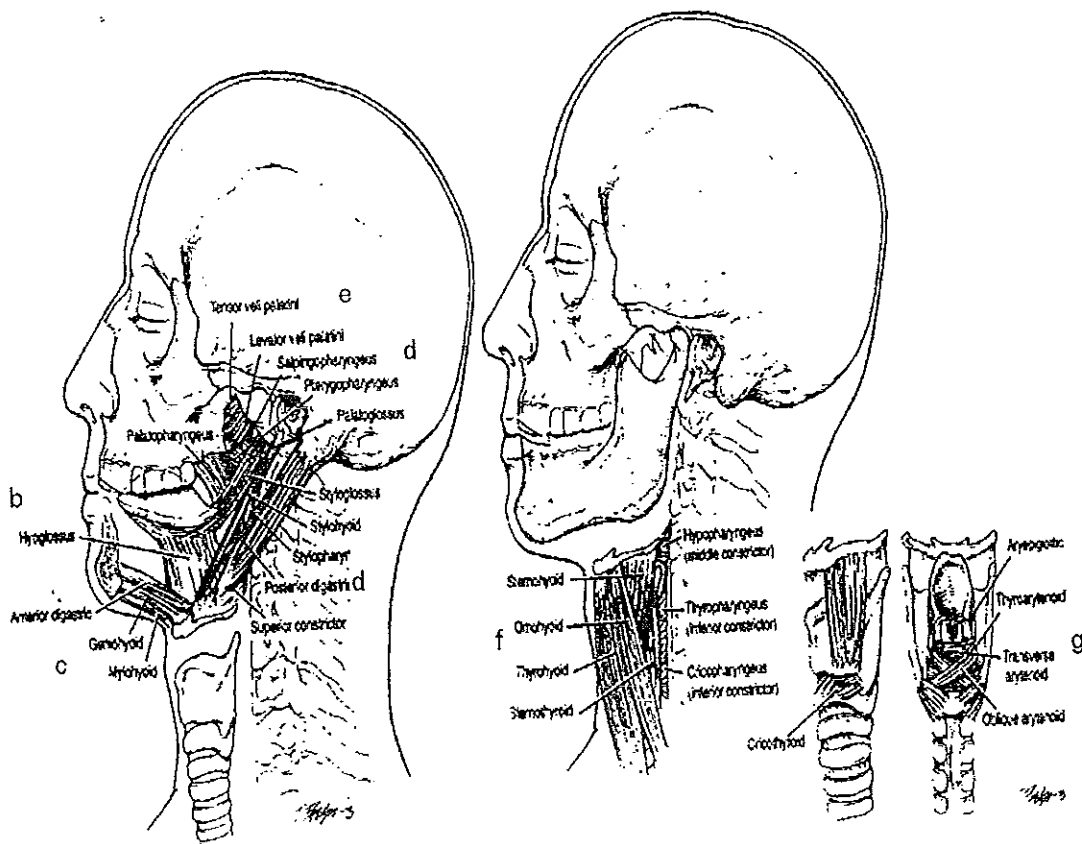
ร่างกายมนุษย์มีความจำเป็นต้องได้รับอาหาร เพื่อการดำรงชีวิต อาหารถูกนำเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านเส้นทางลำเลียงอาหาร ได้แก่ ช่องปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ ซึ่งเป็นส่วนที่มีการย่อยและดูดซึมสารอาหารเข้าสู่ร่างกาย เพื่อไปเลี้ยงเซลล์เนื้อเยื่อของร่างกาย จากนั้นส่วนที่เหลือซึ่งเป็นกากอาหาร ก็จะผ่านเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และผ่านออกจากร่างกายทางทวารหนักต่อไป สำหรับในช่องปาก เมื่อรับประทานอาหาร อาหารเหล่านั้นจะผ่านกระบวนการบดเคี้ยวหรือย่อยให้ขนาดอาหารเล็กลงก่อน หลังจากกระบวนการบดเคี้ยวที่ยุ่งยากซับซ้อนแล้ว กระบวนการที่นำอาหารที่บดเคี้ยวแล้วผ่านจากช่องปากไปสู่กระเพาะอาหาร ก็เป็นกระบวนการที่สำคัญของร่างกายอีกอันหนึ่ง ซึ่งก็คือการกลืน (บุญเลิศ ภูเกียรติตระกูล, 2538) อันเป็นพฤติกรรมที่มีมาตั้งแต่ในครรภ์ แม้จะใช้เวลาในการเกิดวงจรการกลืนแต่ละครั้งน้อยมาก แต่ก็ เป็นกระบวนการที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานซึ่งผสมผสาน และมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีของ อวัยวะต่างๆหลายอวัยวะร่วมกัน การรับประทานอาหารของคนเรานั้น จะเริ่มจากการนำอาหารเข้าไปในปาก จากนั้นพื้นหน้าก็จะมีหน้าที่จับก้อนอาหารและฉีกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย พื้นหลังก็จะทำการบดอาหารให้ละเอียด ขณะเดียวกันลิ้นก็จะทำหน้าที่จับอาหารคลุกเคล้ากับน้ำลาย จากนั้นน้ำลายเริ่มย่อยสารคาร์โบไฮเดรต เรียกก้อนอาหารนี้ว่า โบลัส (bolus) แปลว่า ก้อนก้อน และการกระทำที่จะกลืนก้อนโบลัสนี้ลงสู่คอ เรียกว่า ดิกลูทิตัน (deglutition)

อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกลืน และจะทำงานอย่างสัมพันธ์กันในการกลืน มีดังต่อไปนี้

- | | |
|--|--------------------------------|
| - ริมฝีปาก (Lips) | - หลอดอาหาร (Esophagus) |
| - เยื่อบุช่องปาก (Oral mucosa) | - ฝาปิดกล่องเสียง (Epiglottis) |
| - ฟัน (Teeth) | - กล่องเสียง (Larynx) |
| - ลิ้น (Tongue) | - กระดูกไฮลอย (Hyoid bone) |
| - เพดานแข็งและเพดานอ่อน (Hard&soft palate) | |
| - ช่องคอ (Pharynx) | - กลุ่มกล้ามเนื้อคอต่างๆ |

การกลืนเกิดขึ้นประมาณ 2400 ครั้งต่อวัน และในช่วงระหว่างการเคี้ยวอาหาร จะเกิดขึ้น 300 ครั้งต่อชั่วโมง โดยวงจรการกลืนจะเกิดขึ้นได้ ต้องมีการบีบตัว (contraction) และการคลายตัว (relaxation) ของกล้ามเนื้อหลายๆกลุ่มด้วยกัน เพื่อผลักดันอาหารในช่องปาก เข้าสู่ช่องคอ หลอดอาหาร และกระเพาะอาหาร ตามลำดับ กล้ามเนื้อต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกลืนได้แก่

- กล้ามเนื้อของริมฝีปากและกล้ามเนื้อข้างแก้ม (Muscles of mouth)
- กล้ามเนื้อลิ้น (Muscles of tongue) แทนด้วยอักษร b ในภาพประกอบ 2-1
- กล้ามเนื้อของการบดเคี้ยว (Muscles of mastication)
- กล้ามเนื้อของกระดูกไฮออยด์ (Suprahyoid muscles) แทนอักษร c ในภาพประกอบ 2-1
- กล้ามเนื้อของช่องคอ (Muscles of the pharynx) แทนอักษร d ในภาพประกอบ 2-1
- กล้ามเนื้อที่ยกเพดานอ่อน แทนด้วยอักษร e ในภาพประกอบ 2-1
- กล้ามเนื้อที่ยกกล่องเสียง แทนด้วยอักษร f ในภาพประกอบ 2-1
- กล้ามเนื้อที่เปิดทางเข้ากล่องเสียง แทนด้วยอักษร g ในภาพประกอบ 2-1



ภาพประกอบ 2-1 แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกลืน (E.T. Cunningham, 1991)

การกลืน เป็นขบวนการที่สลับซับซ้อนจะเกี่ยวข้องทั้งกลไกที่ทำตามความตั้งใจ และ กลไกของ รีเฟลคซ ซึ่งสามารถแบ่งกลไกของการกลืนออกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

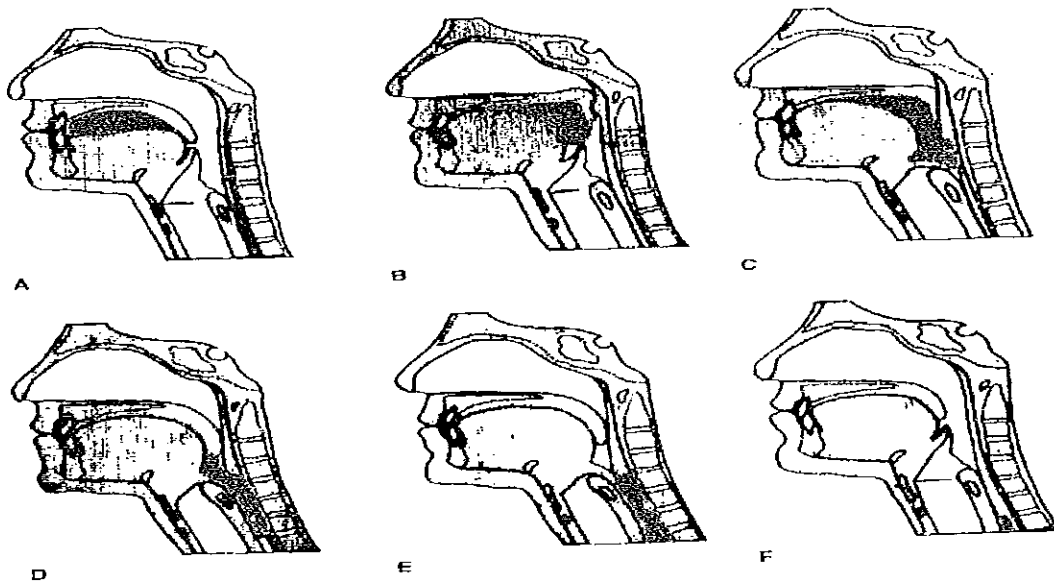
1. ขั้นตอนการนำอาหารเข้าปาก (Preoral stage) ขั้นตอนนี้เป็นการนำอาหารหรือน้ำ เข้าปาก ดังรูป A ภาพประกอบ 2-2

2. ขั้นตอนการเคี้ยวอาหารในปาก (Oral stage) เป็นการทำงานของฟันและลิ้น โดยฟัน จะทำหน้าที่ฉีกและบดอาหาร และลิ้นจะทำหน้าที่คลุกเคล้าอาหารในช่องปากกับน้ำลายให้เป็น โปล်ซ์ เพื่อให้เหมาะสมกับการกลืน จากนั้นก้อนโปล်ซ์จะถูกส่งจากช่องปากเข้าสู่ช่องคอ โดยลิ้น จะเป็นตัวขับโปล်ซ์ ในระยะนี้โปล်ซ์จะถูกรวบรวมไว้ที่ร่องบริเวณส่วนหลังของลิ้น ซึ่งทำตัว เหมือนช้อนรองรับก้อนโปล်ซ์ไว้ ร่องที่เกิดจากการแ่นตัวของลิ้นเรียกว่า Central groove การที่ลิ้น สามารถรองรับก้อนโปล်ซ์ไว้ได้โดยไม่รั่วไหลออกจาก Center groove เพราะมีการผนึกของลิ้นกับ อวัยวะโดยรอบภายในช่องปากที่เรียกว่า peripheral seal เช่น ด้านหน้า (anterior seal) ปลายลิ้น จะผนึกแนบกับบริเวณเยื่อบุเพดานปาก บริเวณด้านข้าง (lateral seal) ขอบข้างของลิ้นจะผนึก แนบกับส่วนของพินดานในและเยื่อบุเพดาน ทางด้านหลัง (posterior seal) โคนลิ้นจะผนึก แนบกับเพดานอ่อนซึ่งเคลื่อนตัวต่ำลงขณะที่โคนลิ้นยกตัวสูงขึ้น เมื่อโปล်ซ์ถูกรวบรวมและพร้อมที่จะ เคลื่อนเข้าสู่ช่องคอ จะมีการทำลาย peripheral seal โดยเฉพาะ posterior seal โดยที่ส่วน โคนลิ้นจะถูกกดให้ต่ำลง ซึ่งเกิดจากการหดตัวและคลายตัวของ extrinsic muscles of the tongue ในขณะที่เดียวกันนั่นเอง เพดานอ่อนจะถูกยกขึ้นโดย levator muscle และ tensor veli palatini โดย จะเคลื่อนไปชิดกับ posterior pharyngeal wall ทำให้ nasopharynx ถูกปิดไว้ เป็นการป้องกันก้อน โปล်ซ์ไม่ให้หลุดเข้าไปใน nasopharynx การปิดจะสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเมื่อ posterior pharyngeal wall เคลื่อนตัวมาข้างหน้า โดยการหดตัวของ superior constrictor muscle การที่เพดานอ่อนถูกยกขึ้น ทำให้ posterior seal เปิดออก ในขณะที่ริมฝีปากจะปิด ฟันบนและฟันล่างเคลื่อนเข้าหากัน โดยการกระทำของ levator muscle ของขากรรไกรล่าง ส่วนหน้าของลิ้นจะเคลื่อนไปชิดกับเพดาน ปาก ทำให้เกิดการผลักดันก้อนโปล်ซ์ไปข้างหลังผ่านส่วนโคนของลิ้นและ pillars of the fauces เข้าสู่ช่องคอ ดังรูป B และ C ในภาพประกอบ 2-2

3. ขั้นตอนการกลืนอาหารผ่านช่องคอ (Pharyngeal stage) ซึ่งจะมีเหตุการณ์สองอย่าง เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันคือ ก้อนโปล်ซ์จากช่องปากจะเคลื่อนผ่านบริเวณช่องคอ แล้วถูกผลักดัน ต่อไปยังหลอดอาหารและการหายใจจะหยุดลงชั่วคราวเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ก้อนโปล်ซ์ หลุด เข้าไปในทางเดินหายใจ เมื่อก้อนโปล်ซ์เคลื่อนมาถึงบริเวณช่องคอส่วนล่าง (hypopharynx) กระ ดุกไฮออย (hyoid bone) และกระดูกกล่องเสียง (laryngeal cartilage) จะมีการยกตัวขึ้นสูงและไป

ข้างหน้า ขณะที่หูรูดหลอดอาหารส่วนบน (upper esophageal sphincter) เกิดการคลายตัว การยกของกระดูกไฮอยและกล่องเสียง มีผลทำให้ผนังส่วนหน้าของหูรูดหลอดอาหารส่วนบนถูกยัดออก มีผลทำให้ช่องว่างบริเวณ ช่องคอส่วนล่างกว้างขึ้น ทำให้ก้อนโบลัสสามารถผ่านช่องคอและหูรูดหลอดอาหารส่วนบนลงสู่หลอดอาหารได้สะดวก ขณะเดียวกัน กล้ามเนื้อกลุ่ม pharyngeal constrictors จะเกิดการหดตัวอย่างเป็นลำดับ เป็นผลทำให้เกิดการบีบรัดต่อก้อนโบลัส ทำให้เกิดแรงผลักดันก้อนโบลัสจากช่องคอสู่หลอดอาหารส่วนต้นแบบที่เรียกว่า การเคลื่อนที่แบบบีบรัด (peristaltic movement) ดังรูป D และ E ในภาพประกอบ 2-2

4. ขั้นตอนการนำอาหารสู่กระเพาะอาหารทางหลอดอาหาร (Esophageal stage) จากขั้นตอนการกลืนอาหารผ่านช่องคอดังกล่าวข้างต้น เมื่อก้อนโบลัสเข้าสู่หลอดอาหารแล้ว pharyngeal muscles จะคลายตัวและกล่องเสียงจะเคลื่อนตัวลงต่ำ ก้อนโบลัสเคลื่อนตัวไปตามหลอดอาหารโดยวิธีการ การเคลื่อนที่แบบบีบรัด ซึ่งกินเวลาประมาณ 8 วินาที ดังรูป F ในภาพประกอบ 2-2 ในการผลักดันให้ก้อนโบลัสเคลื่อนไปจนถึงหูรูดหลอดอาหารส่วนล่าง (Lower esophageal sphincter) ก็จะมีการคลายตัวของหูรูดทำให้ก้อนโบลัสเคลื่อนเข้าสู่กระเพาะอาหาร ซึ่งอัตราเร็วในการเคลื่อนของก้อนโบลัสจะไม่เท่ากันตลอดความยาวของหลอดอาหาร ส่วนบนของหลอดอาหารจะมีกล้ามเนื้อเป็นแบบ voluntary muscle จะมีอัตราเร็วกว่าส่วนล่างซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบ involuntary muscle เกือบตลอด ดังนั้นเมื่อก้อนโบลัสอยู่ในบริเวณหลอดอาหารส่วนบนทำให้สามารถขย้อนกลับออกมาได้



ภาพประกอบ 2-2 แสดงกลไกของการกลืน (E.T. Cunningham, 1991)

จากกลไกปกติของการกลืนนั้น จะอาศัยแรงบีบรัดของกล้ามเนื้อ เพื่อไล่อาหารจากช่องปากสู่ช่องคอและลงสู่หลอดอาหาร และขณะเดียวกันอวัยวะบริเวณคอ อันได้แก่ กระดูกไฮออย (Hyoid) และกระดูกอ่อนไทรอย (Thyroid cartilage) ก็จะมีการเคลื่อนตัว เพื่อเตรียมที่จะให้ก้อนโบลัสเคลื่อนผ่านไป ได้สะดวก การเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้ยังช่วยการคลายตัวของกล้ามเนื้อ Cricopharyngeus ซึ่งทำหน้าที่เป็นหูรูดกั้นระหว่างช่องคอส่วนล่าง(hypopharynx) และหลอดอาหาร การยกตัวและการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าของกระดูกไฮออยและกระดูกอ่อนไทรอย ต้องอาศัยกล้ามเนื้อลิ้นและกล้ามเนื้อทั้งส่วนที่อยู่เหนือกระดูกไฮออยและใต้กระดูกไทรอย หากกล้ามเนื้อเหล่านี้ทำงานไม่ดีหรืออ่อนแรง ก็จะทำให้การยกตัวและเคลื่อนไปข้างหน้าของกระดูกไฮออยและกระดูกอ่อนไทรอยไม่ดี(ลด Compliance) ซึ่งทำให้อาหารผ่านลงสู่หลอดอาหารไม่สะดวก เกิดอาการกรืนลำบากและถ้ารุนแรงอาจเกิดการสำลัก(Aspiration and penetration) ซึ่งอาการกรืนลำบากนี้พบมากในคนสูงอายุ

จากขั้นตอนการกลืนปกติ 4 ขั้นตอน จะเห็นว่าขั้นตอนที่ 3 คือการกลืนอาหารผ่านช่องคอจะเริ่มต้นที่การผลักดันอาหารผ่านช่องคอ การยกตัวและเคลื่อนไปข้างหน้าของกระดูกไฮออยและกระดูกอ่อนไทรอยจะเกิดขึ้นหลังจากการผลักดันก้อนโบลัสจากช่วงคอลงสู่หลอดอาหารส่วนต้น โดยเวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่อาหารเริ่มถูกผลักดันผ่านช่องคอลงสู่หลอดอาหารส่วนต้นประมาณ 1 วินาที ดังนั้นจะเห็นว่า การตรวจจับจุดเริ่มต้นของการกลืน ก็จะต้องตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นของขั้นตอนที่ 3 และหลังจากนั้นก็ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์เพื่อจำแนกลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้านี้

2. การจำแนกลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการกลืน

เนื่องจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยตรงนั้นไม่มี ดังนั้นจะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่มีใช้กันอยู่ในการศึกษาด้าน Electromyogram(EMG) ซึ่งจะมีดังต่อไปนี้

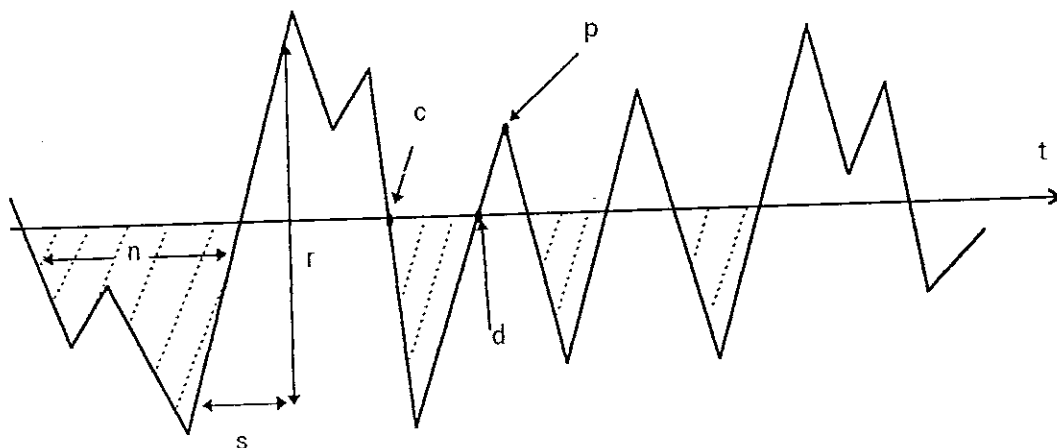
- บทความของ R.D. Fusfeld เรื่อง Classification of the Electromyogram by a Pattern-recognition method ลงตีพิมพ์ในวารสาร Med. & Bio. Eng. & Comput. ปี 1982 ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ขั้นตอนวิธีจำรูปแบบ เพื่อใช้จัดแบ่งคนปกติและผู้ป่วย โดยจะใช้พารามิเตอร์หลายตัวในการจัดแบ่ง เช่น negative level crossing, positive peak rate เป็นต้น

- บทความของ Kazuhiko Seki และคณะ เรื่อง Surface Electromyogram Spectral Characterization and Motor Unit During Voluntary Ramp Contraction in Men ลงตีพิมพ์ในวารสาร Eur J Appl Physiol ปี 1991 ศึกษาเกี่ยวกับ การนำเอา Fast Fourier Transform(FFT) และ Autoregressive มาใช้ศึกษาการหดตัวของหน่วยกล้ามเนื้อจากสมองสั่งงานในคน
- บทความของ D.G. Wastell และ G.R. Barker เรื่อง Spectral Analysis of the Electromyogram: a Microcomputer System for Use in the Clinic and Laboratory ลงตีพิมพ์ในวารสาร J. Dent. ปี 1988 ศึกษาเกี่ยวกับ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูดสเปคตรัมก่อน และหลังอาการเหนื่อยของอาสาสมัคร
- บทความของ G.R. Barker และคณะ เรื่อง Spectral Analysis of the Masseter and Anterior Temporalis: an Assessment of Reliability for Use in the Clinic Situation ลงตีพิมพ์ในวารสาร Journal of Oral Rehabilitation ปี 1989 ศึกษาเกี่ยวกับ การศึกษาประเมินผลความน่าเชื่อถือของการใช้ FFT ในทางคลินิก
- บทความของ Masuo Muro และคณะ เรื่อง Surface EMG Power Spectral Analysis of Neuro-muscular Disorder During Isometric and Isotonic Contractions ลงตีพิมพ์ในวารสาร American Journal of Physical Medicine ปี 1982 ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้ Power Spectral วิเคราะห์ความแตกต่างของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท ระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Isometric และ Isotonic ของคนปกติกับผู้ป่วย
- บทความของ H.J. Hermens และคณะ เรื่อง The Clinical Use of Surface EMD(1) ลงตีพิมพ์ในวารสาร Electromyogr. clin. Neurophysiol ปี 1984 ได้ศึกษารวบรวมวิธีการใช้ Surface EMG ในทางคลินิก ซึ่งจะใช้พารามิเตอร์หลายตัว เช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย และการหา Power Spectral เป็นต้น
- บทความของ Ahmet Baykal และคณะ เรื่อง Predicting the Ventricular Fibrillation Duration by Autoregressive Modeling ลงตีพิมพ์ในวารสาร IEEE Transactions on Biomedical Engineering ปี 1994 ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้ Autoregressive ทำนายช่วงจังหวะการทำงานที่ผิดปกติของหัวใจ
- บทความของ S.W.H. Yuen และคณะ เรื่อง EMG Power Spectral Patterns of Anterior Temporal and Masseter Muscles in Children and Adults ลงตีพิมพ์ในวารสาร J Dent Res ปี 1989 ศึกษาเกี่ยวกับ รูปแบบความแตกต่างของกล้ามเนื้อ Anterior Temporal และ Masseter ในเด็กกับผู้ใหญ่ โดยพิจารณาจาก Power Spectral

จากบทความดังกล่าวข้างต้นนั้น จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาสัญญาณไฟฟ้าทั้งในแกนของเวลาและแกนของความถี่ ดังนั้นในการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาคัดเลือกหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อเพื่อตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนนั้น จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ทั้งในแกนของเวลาและแกนของความถี่ โดยพิจารณาถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายและไม่ซับซ้อนก่อนเพื่อมิให้เป็นปัญหาในการนำไปใช้สำหรับการตัดสินใจเพื่อให้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าสำหรับกล้ามเนื้อ ซึ่งจะมีเวลาในการคำนวณและตัดสินใจประมาณ 300 มิลลิวินาที ก่อนที่จะมีการผลัดก้อนโบลัสของคอ ซึ่งจะมีวิธีการทางคณิตศาสตร์ดังต่อไปนี้

2.1 จากเอกสารที่นำมาศึกษา ซึ่งเขียนโดย R.D. Fustfeld ใช้ขั้นตอนวิธีการรู้จำรูปแบบ (pattern-recognition method) เพื่อใช้ในการจัดแบ่งคนปกติและผู้ป่วย โดยพิจารณาในแกนเวลา ซึ่งจะใช้พารามิเตอร์ (parameter) หลายตัวในการจัดแบ่ง เช่น negative level crossing, mean negative wave duration, positive peak rate เป็นต้น (Fustfeld, R.D., 1982) ดังนั้นจึงนำเอาพารามิเตอร์เหล่านี้มาทดลองใช้กับสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและการกลืน เพื่อให้สามารถบ่งบอกการกลืน โดยพารามิเตอร์ที่จะนำมาทดลองใช้จะมีดังต่อไปนี้

- การตัดผ่านสัญญาณในระดับบ้างอิง (negative level crossing) เป็นการนับจำนวนครั้งที่สัญญาณตัดผ่านระดับสัญญาณที่กำหนด โดยจะนับช่วงขาลงของสัญญาณ ดังแสดงในภาพประกอบ 2-3 โดยตัวอักษร c ที่อยู่ในภาพประกอบ จะแสดงถึงจุดที่สัญญาณตัดผ่านระดับสัญญาณที่กำหนด โดยพิจารณาในช่วงขาลงของสัญญาณ



ภาพประกอบ 2-3 แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของสัญญาณ

- การตัดผ่านสัญญาณเหนือระดับอ้างอิง (Positive level crossing) เป็นการนับจำนวนครั้งที่สัญญาณตัดผ่านระดับสัญญาณที่กำหนด โดยจะนับช่วงขาขึ้นของสัญญาณ ดังภาพประกอบ 2-3 ตัวอักษร d ในภาพประกอบ จะแสดงถึงจุดที่สัญญาณตัดผ่านระดับสัญญาณที่กำหนด โดยพิจารณาในช่วงขาขึ้น

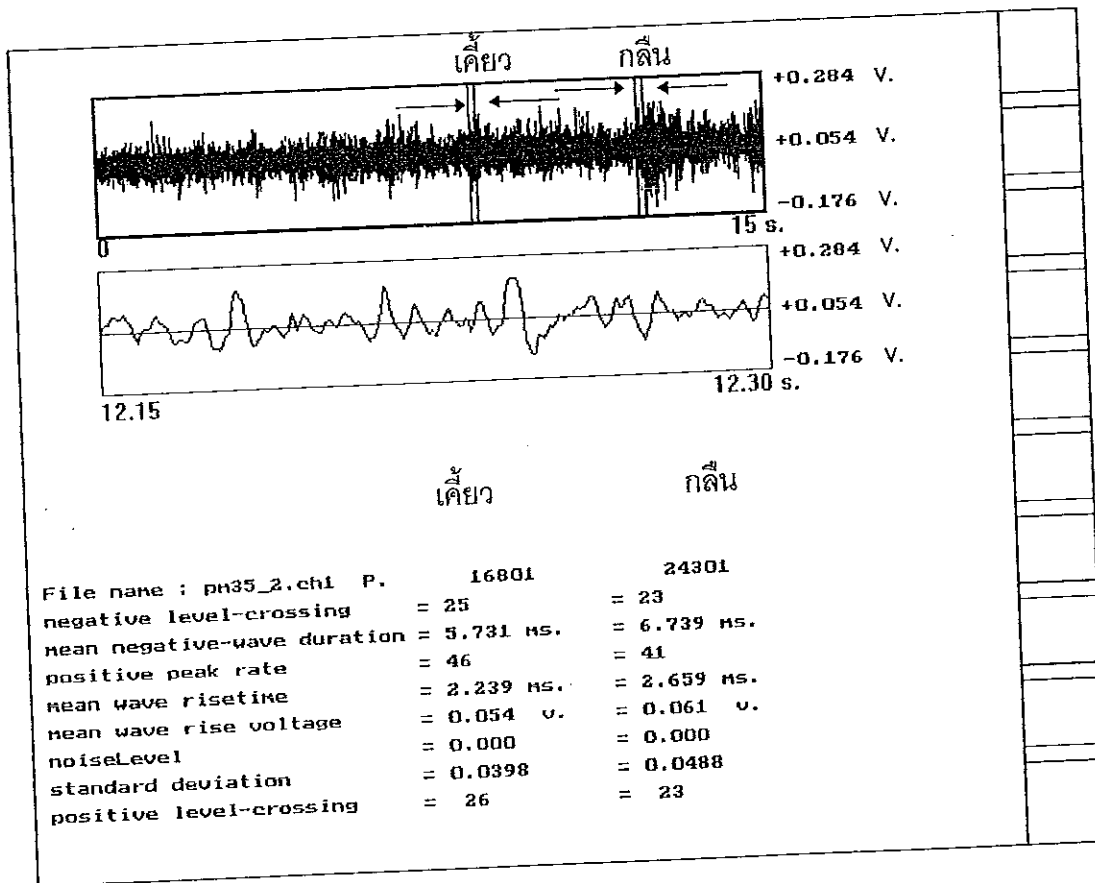
- การหาค่าเฉลี่ยช่วงสัญญาณที่อยู่ใต้ระดับสัญญาณที่กำหนด (Mean negative wave duration) จะเป็นการหาเวลาเฉลี่ยของสัญญาณที่อยู่ใต้ระดับที่กำหนด ในช่วงเวลาที่กำหนด ดังภาพประกอบ 2-3 ตัวอักษร n ในภาพประกอบแสดงถึง ช่วงสัญญาณที่อยู่ใต้ระดับสัญญาณที่กำหนด

- การหาอัตราที่สัญญาณสูงสุดเหนือระดับสัญญาณที่กำหนด (Positive peak rate) เป็นการหาอัตราที่สัญญาณจะมียอดสูงสุดได้ก็ยอดต่อหน่วยเวลา ดังภาพประกอบ 2-3 ตัวอักษร p แสดงจุดที่เป็น ยอดเหนือระดับสัญญาณที่กำหนด

- การหาค่าเฉลี่ยเวลาที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้น (Mean wave rise time) จะเป็นการหาค่าเฉลี่ยของเวลาขาขึ้น (Rise time) โดยจะพิจารณาช่วงของสัญญาณที่มีความชันเป็นบวก โดยการหาเวลาขาขึ้น (Rise time) หาได้จากช่วงเวลาขาขึ้นของสัญญาณที่อยู่ในช่วง 10-90 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงสัญญาณขาขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2-3 ตัวอักษร s แสดงถึง ช่วงที่เป็นเวลาขาขึ้น

- การหาค่าเฉลี่ยของขนาดที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้น (Mean wave rise voltage) เป็นการหาค่าเฉลี่ยของแอมพลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณในช่วงเวลาขาขึ้นดังอธิบายลักษณะในข้อ 6 ข้างต้น ซึ่งตัวอักษร r ในภาพประกอบ 2-3 แสดงถึง ขนาดสัญญาณที่อยู่ในช่วงขาขึ้น

ในการประยุกต์นำมาใช้กับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกลืน โดยจะทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้ตัวแปลภาษา Turbo C V2.0 ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานเพิ่มข้อมูลที่ใช้กำหนด จากนั้นก็จะให้ผู้ใช้งานทำการเลือกช่วงข้อมูลและขนาดข้อมูล ที่จะทำการคำนวณค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น หลังจากนั้นโปรแกรมก็จะทำการคำนวณผลและแสดงผล ซึ่งผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ในภายหลัง สำหรับการหาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกลืนนั้น จะทำการเลือกช่วงสัญญาณไฟฟ้าในช่วงของการเคี้ยวและการกลืนมาทำการคำนวณ ดังจะเห็นในภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกลืน และหาค่าพารามิเตอร์จากวิธีการข้างต้น

2.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ในการศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ EMG ซึ่งจะมีลักษณะสัญญาณเป็นสัญญาณสุ่ม ดังนั้นการวิเคราะห์จะใช้วิธีการทางสถิติ ซึ่งอาจวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล หรือพิจารณาถึงค่าความแตกต่างของตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่งวิธีการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นวิธีที่ใ้กันมากวิธีหนึ่ง ดังนั้น จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการกลืน โดยจะหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากสมการดังต่อไปนี้ (เสนห์ ผดุงญาติ, 2523)

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

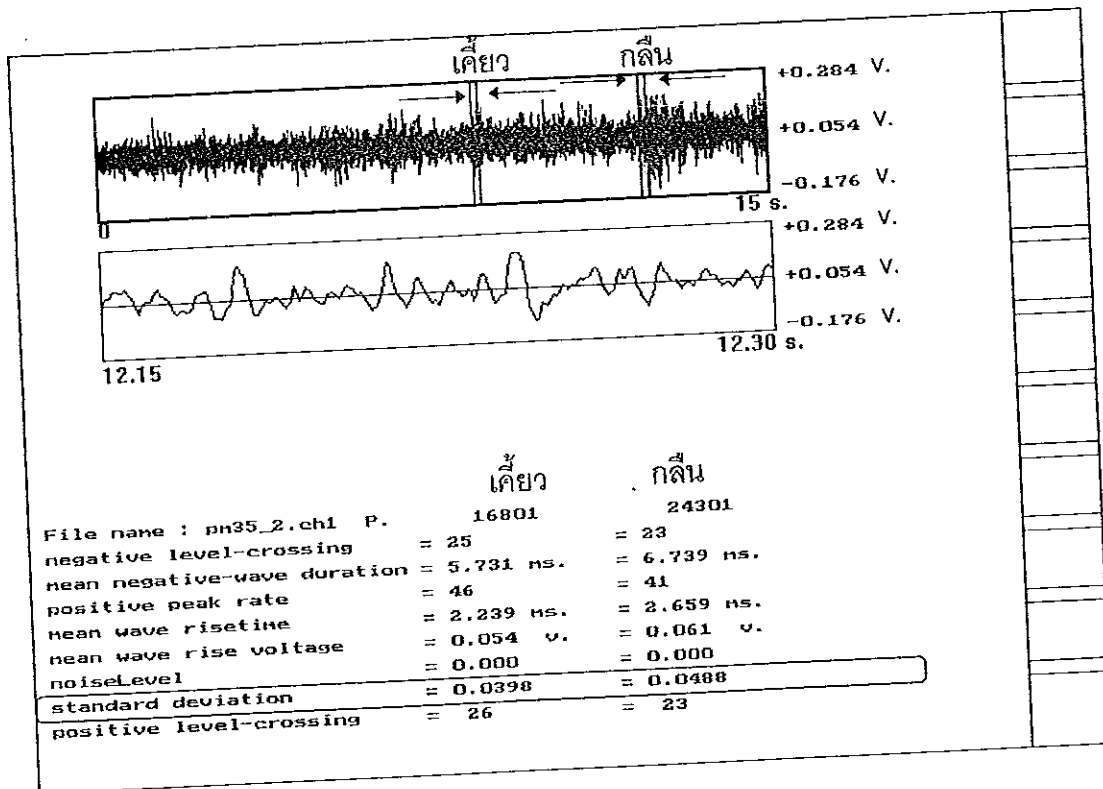
กำหนดให้

\bar{X} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

X_i = ข้อมูลลำดับที่ i

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ซึ่งการนำมาใช้ จะเป็นการเขียนฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติมจากโปรแกรมที่ได้กล่าวมาข้างต้น ดังจะเห็นจากภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2-5 แสดงการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในช่วงเคี้ยวและการกลืน

2.3 การวิเคราะห์โดยใช้ Fast Fourier Transform(FFT) จากการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าโดยทั่วไปนั้น นอกจากการวิเคราะห์สัญญาณเชิงเวลา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึง แอมพลิจูด(Amplitude) ช่วงเวลาขาขึ้น(rise time) และการวิเคราะห์เชิงสถิติ เป็นต้น ยังมีการวิเคราะห์ในเชิงความถี่ โดยพิจารณาถึงความแตกต่างของสัญญาณในเชิงความถี่ ซึ่งสามารถบอกได้ว่า สัญญาณที่พิจารณา นั้นประกอบด้วยสัญญาณไซน์ซออย (Sinusoid) ที่ความถี่อะไรบ้าง จากการศึกษาด้าน

Electromyography(EMG) นั้น ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงความถี่เช่นกัน เช่น การศึกษาความหนาแน่นของความถี่ของอาสาสมัครก่อนและหลังเกิดการกลืนลำบาก เป็นต้น ดังนั้นจึงทดลองนำมาวิเคราะห์กับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกลืน และสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวว่าประกอบด้วยความถี่อะไรบ้าง มีความหนาแน่นของความถี่เป็นอย่างไร โดยสามารถหา FFT ของสัญญาณได้ดังสมการต่อไปนี้(Embree, Paul M., 1991)

$$F_n = \sum_{n=0}^{N-1} f_n e^{-j2k\pi n/N}$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} f_n W^{nk}$$

กำหนดให้

$$N = \text{จำนวนข้อมูลที่ต้องการอยู่ในรูปของ } 2^l$$

$$l = \text{จำนวนเต็มบวก}$$

$$f_n = \text{ข้อมูลลำดับที่ } n$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

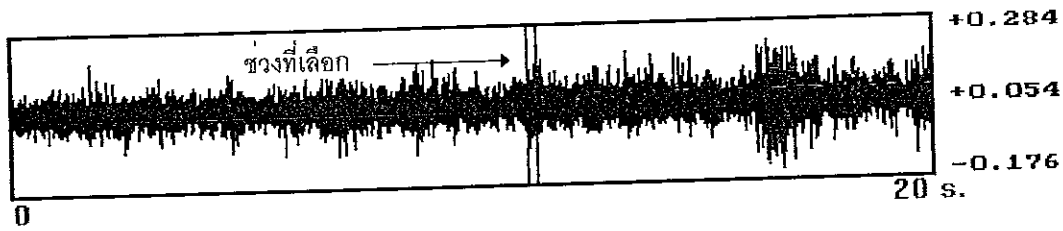
โดยที่

$$W = e^{-j2\pi/N}$$

$$W^0 = W^N = 1$$

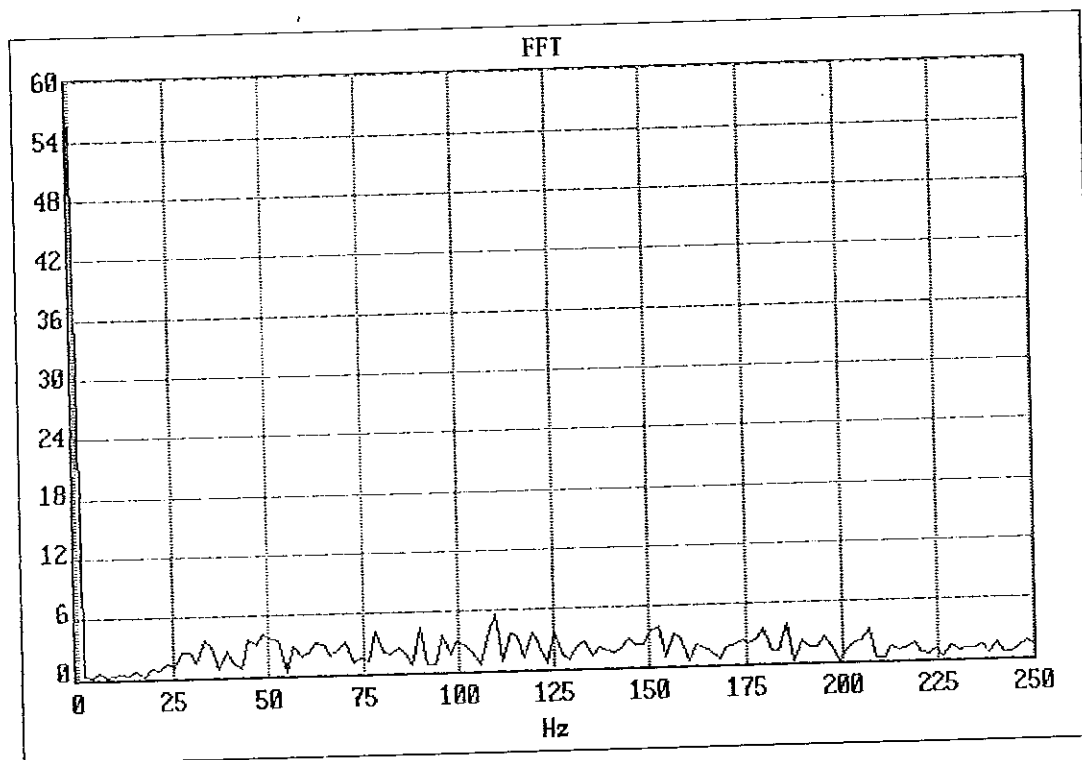
$$W^{N+nk} = W^{nk}$$

ในการวิเคราะห์โดยใช้ FFT จะเป็นการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมจากข้างต้นและการเรียกใช้ฟังก์ชันการคำนวณ FFT จากโปรแกรม LabWindow และแสดงกราฟความหนาแน่นเชิงความถี่ของข้อมูลที่เลือกหลังจากการใช้ FFT ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการเลือกช่วงข้อมูลที่จะทำ FFT ดังภาพประกอบ 2.6 ก



ภาพประกอบ 2-6 ก แสดงการเลือกช่วงสัญญาณก่อนการทำ FFT

จากภาพประกอบ 2.6 ก ได้ทำการเลือกช่วงที่จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ FFT หลังจากเลือกช่วงได้แล้ว ก็ทำการคำนวณและแสดงกราฟความหนาแน่นเชิงความถี่ ดังภาพประกอบ 2.6 ข



Press any key to continue (F10 for hardcopy)...

ภาพประกอบ 2-6 ข กราฟแสดงความหนาแน่นเชิงความถี่จากช่วงสัญญาณที่เลือก

2.4 การวิเคราะห์โดยใช้ Autoregressive ในการวิเคราะห์โดยใช้ Autoregressive จะเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้จากการใช้ Autoregressive โดยจะเลือกเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับของสัญญาณในอดีตที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณปัจจุบันจากนั้นใช้ Autoregressive อีกครั้ง โดยใช้เฉพาะลำดับสัญญาณในอดีตที่เลือกไว้กับข้อมูลเดิมอีกครั้ง ซึ่งจะคำนวณข้อมูลเป็นช่วงๆ แล้วเก็บค่าสัมประสิทธิ์จากลำดับสัญญาณในอดีตที่ได้จากการคำนวณ จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ นำมาวาดกราฟและพิจารณาความแตกต่างบริเวณที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและการกลืน การวิเคราะห์โดยใช้ Autoregressive สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Shanmugan, K. Sam, 1988)

$$X_n = \sum_{i=1}^p a_i X_{n-i} + e_n$$

กำหนดให้

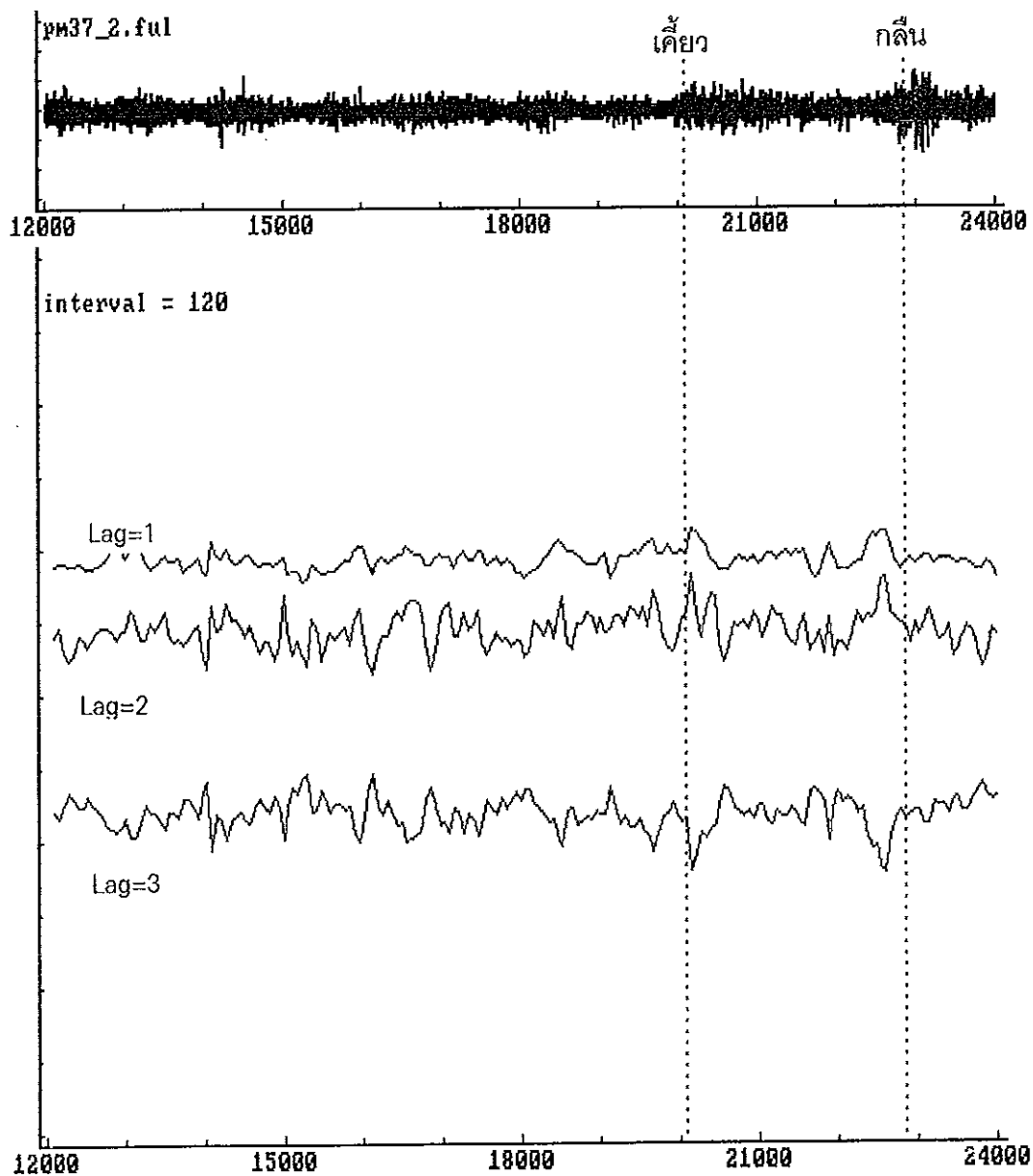
X_n	=	ข้อมูลที่ n
a_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลที่ i
X_{n-i}	=	ข้อมูลในอดีตที่ $n-i$
e_n	=	สัญญาณรบกวนที่ข้อมูล n
p	=	จำนวนข้อมูลที่ต้องการคำนวณ

ในการคำนวณนั้นจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ SPIDA ซึ่งมีฟังก์ชันการหา Autoregressive อยู่ ซึ่งในการทำ Autoregressive ครั้งแรกจะใช้จุดกลืนเป็นสัญญาณปัจจุบัน และเลือกลำดับสัญญาณในอดีต เลือกช่วงข้อมูลในการคำนวณ หลังจากการทำ Autoregressive ก็จะได้แสดงผลการคำนวณ ดังภาพประกอบต่อไปนี้

ตาราง 2-1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ Autoregressive

Lag	Coeff	StErr	p-value
0	-0.006	0.003	0.065
1	1.674	0.138	0.000
2	-1.493	0.273	0.000
3	1.069	0.339	0.003
4	-0.491	0.368	0.188
5	-0.201	0.373	0.592
6	0.316	0.370	0.398
7	-0.313	0.373	0.404
8	0.399	0.373	0.289
9	-0.141	0.375	0.708
10	-0.363	0.373	0.335
11	0.372	0.374	0.324
12	-0.282	0.376	0.455
13	-0.167	0.361	0.646
14	0.498	0.296	0.099
15	-0.325	0.155	0.041

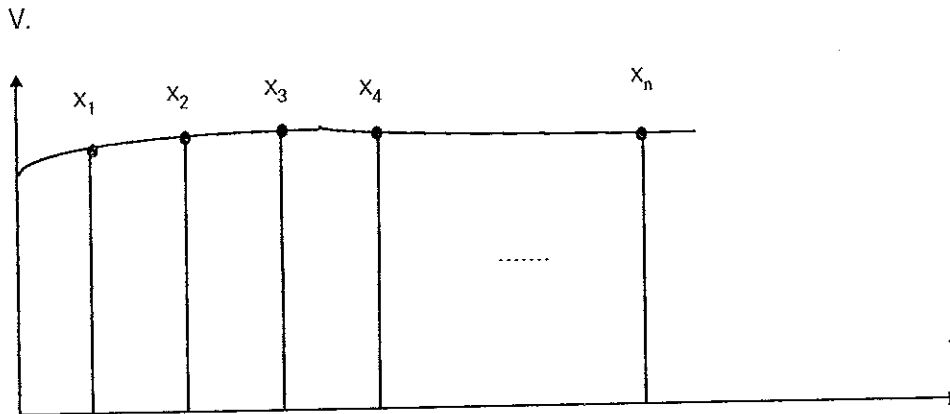
จากตาราง 2-1 แสดงผลที่ได้จากการทำ Autoregressive ซึ่งค่า Lag คือค่าลำดับของสัญญาณในอดีต และค่า Coeff เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ลำดับสัญญาณในอดีต ค่า p-value เป็นค่านัยสำคัญที่บ่งบอกถึงความสำคัญของสัญญาณในอดีตที่มีผลต่อสัญญาณปัจจุบัน โดยค่า p-value มีค่า 0 หรือใกล้เคียง 0 จะมีความสำคัญต่อข้อมูลในปัจจุบันมาก จากตารางจะเห็นว่าที่ Lag เท่ากับ 1 2 และ 3 จะมีความสำคัญกับสัญญาณปัจจุบัน หลังจากที่ได้ลำดับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อสัญญาณปัจจุบันแล้ว จากนั้นทดลองทำ Autoregressive อีกครั้งโดยใช้ลำดับของอดีตที่เลือกไว้กับสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและการกลืน โดยจะทำการคำนวณเป็นช่วงๆ โดยกำหนดช่วงสัญญาณตามที่ต้องการ จากนั้นเก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้นำมาวาดกราฟ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2-7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของลำดับสัญญาณในอดีตที่เลือกไว้จากการ
ทำ Autoregressive กับสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ

2.5 การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ (Power average of signal) ในการวิเคราะห์สัญญาณสุ่ม
ซึ่งการวิเคราะห์โดยใช้การหาค่ากำลังของสัญญาณ เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งอาจจะบ่งบอกถึงพารามิเตอร์
ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณสุ่ม การวิเคราะห์โดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ โดยจะ

พิจารณาถึงความแตกต่างของสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและการกลืนหลังจากการหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณ ซึ่งจะหาได้จากสมการดังต่อไปนี้



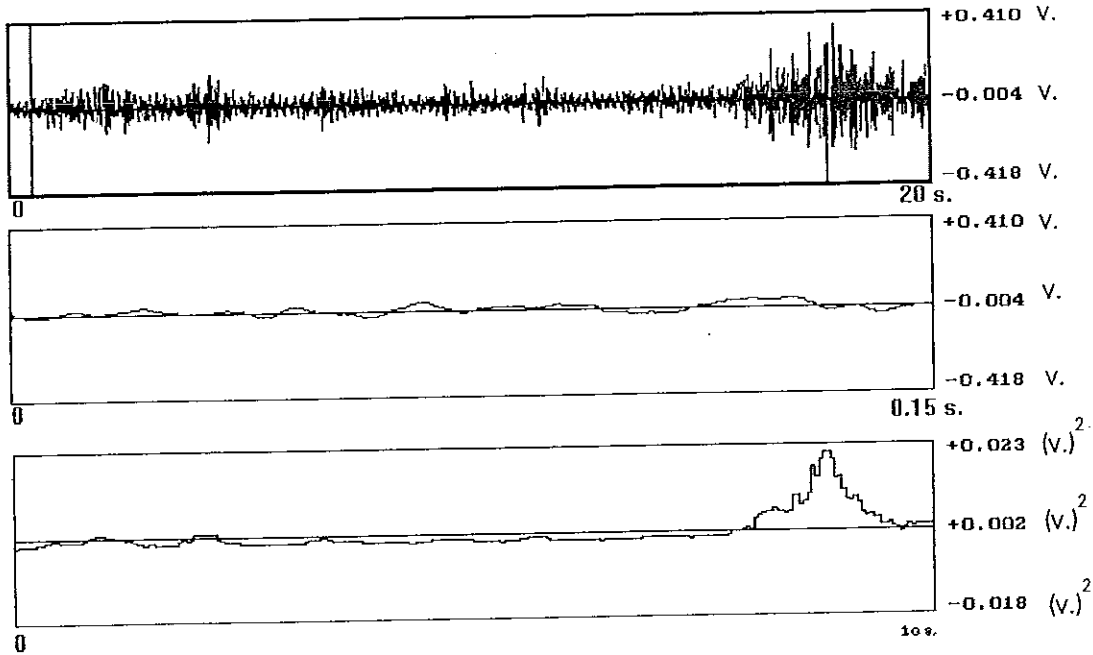
ภาพประกอบ 2-8 แสดงการนำข้อมูลสุ่มที่นำมาใช้ในการคำนวณ

$$\overline{X^2} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N}$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} \overline{X^2} &= \text{ค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ} \\ X_i^2 &= \text{ค่ากำลังของข้อมูลที่ } i \\ N &= \text{จำนวนข้อมูล} \end{aligned}$$

ในการนำมาใช้กับสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและการกลืนนั้น จะเป็นการเขียนโปรแกรม เพิ่มเติมจากโปรแกรมเดิม ซึ่งจะทำการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยตามจำนวนข้อมูลที่กำหนด โดยคำนวณตลอดทั้งสัญญาณ และค่าที่ได้จากการคำนวณนำมาวาดกราฟ ดังภาพประกอบ 2-9



File name :	pm1_7.txt	P.	1	1
Trigger Level =	0.0100	(V.) ²	0.0100	(V.) ²
Trigger Power =	0.0010	(V.)	0.0010	(V.)
Moving Points =	50		50	

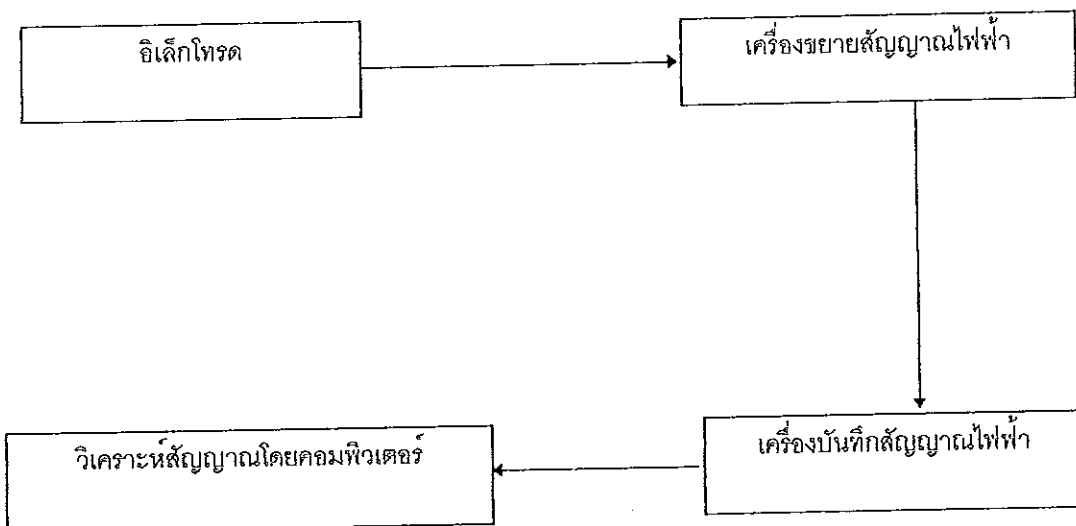
ภาพประกอบ 2-9 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยกับสัญญาณที่ใช้ในการ
 คำนวณที่ N=300

จากวิธีการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นนั้น จะนำมาวิเคราะห์กับสัญญาณไฟฟ้า
 การเคี้ยวและการกลืน ซึ่งผลจากการทดลองใช้วิธีการดังกล่าวจะนำเสนอในบทต่อไป

บทที่ 3

ผลการทดลองการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

ปกติมนุษย์จะใช้ปากในการทำกิจกรรมต่างๆมากมาย เช่น การพูด การกลืนน้ำลาย กลืนอาหาร การเคี้ยว หัวเราะ กลืนน้ำ เป็นต้น จากการตรวจผู้ป่วยของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในผู้ป่วยที่เสื่อมสมรรถภาพการกลืน ปรากฏว่า ในคนไข้บางกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นของผู้ป่วยยังทำงานได้อยู่ และสามารถผลักดันอาหารเพื่อที่จะทำการกลืนต่อไป แต่เนื่องจากกล้ามเนื้อส่วนที่ทำหน้าที่เปิดของคอเสื่อมสมรรถภาพจึงจำเป็นต้องกระตุ้นให้ช่องคอเปิดกว้างขึ้น ดังนั้นในการสร้างเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อ จะใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นเพื่อเป็นสัญญาณกระตุ้นให้เครื่องทำงาน ก่อนที่จะนำสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้น มาเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเครื่องกระตุ้นนั้น จะต้องพิจารณาถึงการทำงานของกล้ามเนื้อลิ้นในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะพิจารณากิจกรรมดังต่อไปนี้ การพูด การเคี้ยวแล้วกลืนอาหาร การกลืนน้ำลาย การกลืนน้ำคำเล็ก การกลืนน้ำคำโต จากนั้นก็ทำการจัดหาอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง เพื่อทดลองว่ากลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นสามารถนำมาใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นการทำงานของเครื่องกระตุ้นได้หรือไม่ ดังจะเห็นจากภาพประกอบ 3-1



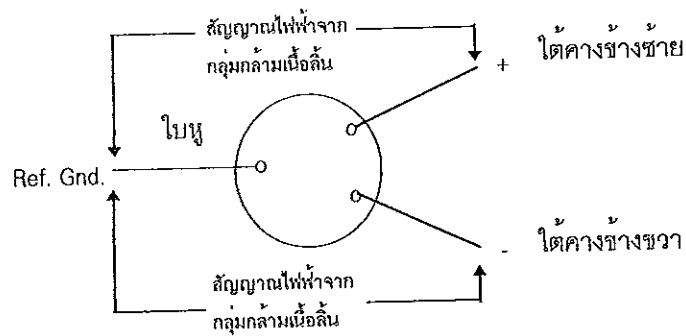
ภาพประกอบ 3-1 แสดงแผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองบันทึก และวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากลุ่มกล้ามเนื้อลิ้น

จากภาพประกอบ 3-1 แสดงอุปกรณ์และวิธีการทดลอง ซึ่งในขั้นที่หนึ่งใช้อิเล็กโทรดเป็นตัวรับสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ ซึ่งจะใช้อิเล็กโทรดชนิดติดผิวหนังรูปวงกลม ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 มิลลิเมตร และติดบนผิวหนังบริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้น โดยใช้สาร EC2 Electrode cream ของ GRASS INSTRUMENT ทาลงบนอิเล็กโทรดก่อนที่นำไปติดลงบนผิวหนัง เพื่อช่วยให้การนำไฟฟ้าดีขึ้น ดังภาพประกอบ 3-2



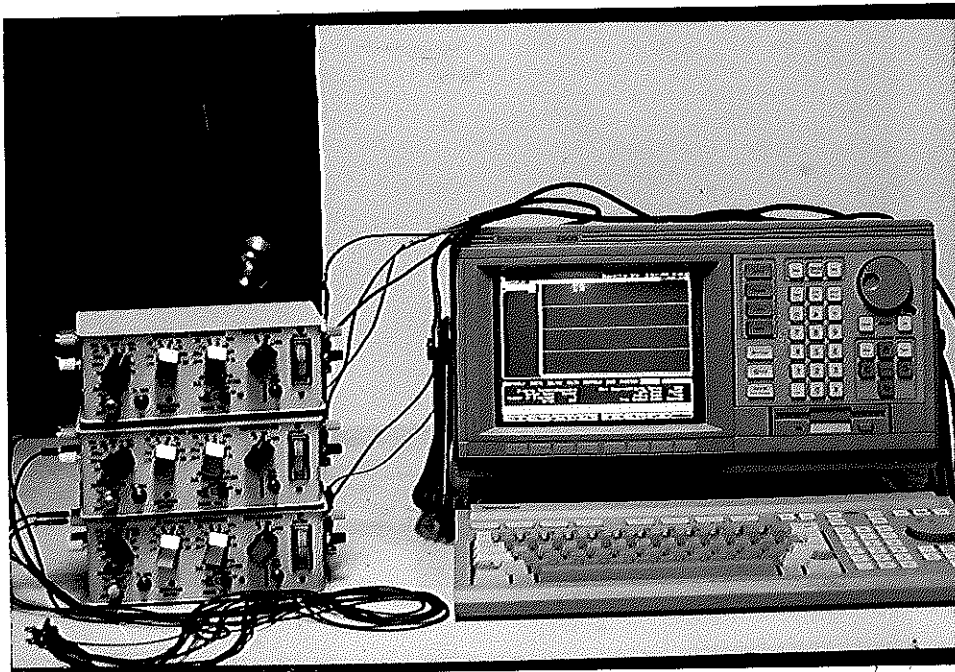
ภาพประกอบ 3-2 ก แสดงอิเล็กโทรดและตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดบนอาสาสมัคร

จากภาพประกอบ 3-2 ก จะแสดงตำแหน่งที่ทำการติดอิเล็กโทรดลงบนผิวหนังที่บริเวณขมับ ไตคาง และใบหู ทำการติดอิเล็กโทรดที่ใบหูและที่ไตคางทั้งทางซ้ายและทางขวา โดยที่ใบหูจะเป็นตำแหน่งของสัญญาณไฟฟ้าอ้างอิง ดังภาพประกอบ 3-2 ข ไตคางทั้งทางซ้ายและขวาจะเป็นตำแหน่งที่ตรวจรับสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้น ดังภาพประกอบ 3-2 ข



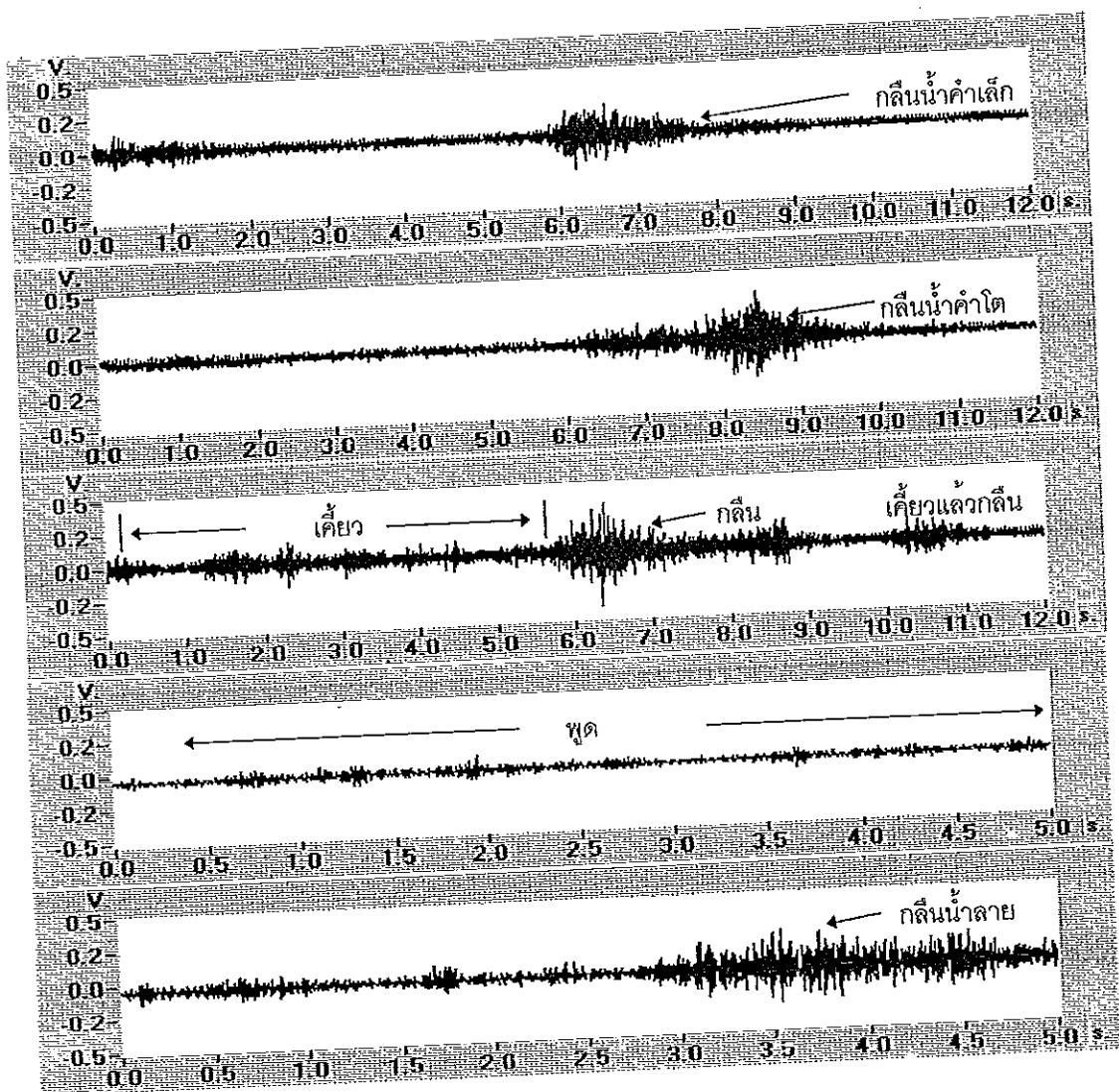
ภาพประกอบ 3-2 ข แสดงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากการติดอิเล็กโทรดที่ไบพูกับใต้คาง ทั้ง 2 ข้าง

หลังจากนั้นสัญญาณไฟฟ้าจากอิเล็กโทรดที่ติดบนขมับและใต้คาง ก็จะไปยังเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า โดยจะใช้ A.C Preamplifier ของ GRASS P15 ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าจะถูกขยายด้วยอัตราขยายสัญญาณ 1000 เท่า และใช้ตัวกรองสัญญาณที่ความถี่ 3-1000 Hz ดังภาพประกอบ 3-3 หลังจากผ่านเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณจะถูกบันทึกโดยเครื่องบันทึกสัญญาณ Tektronix 2050 Digital Oscilloscope ใช้ความเร็วในการสุ่มสัญญาณ 2000 Hz และบันทึกข้อมูลสูงสุด 40000 ข้อมูล ดังภาพประกอบ 3-3 จากนั้นจะทำการถ่ายข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ โดยใช้ตัวประมวลผลเบอร์ 80386 SX-25

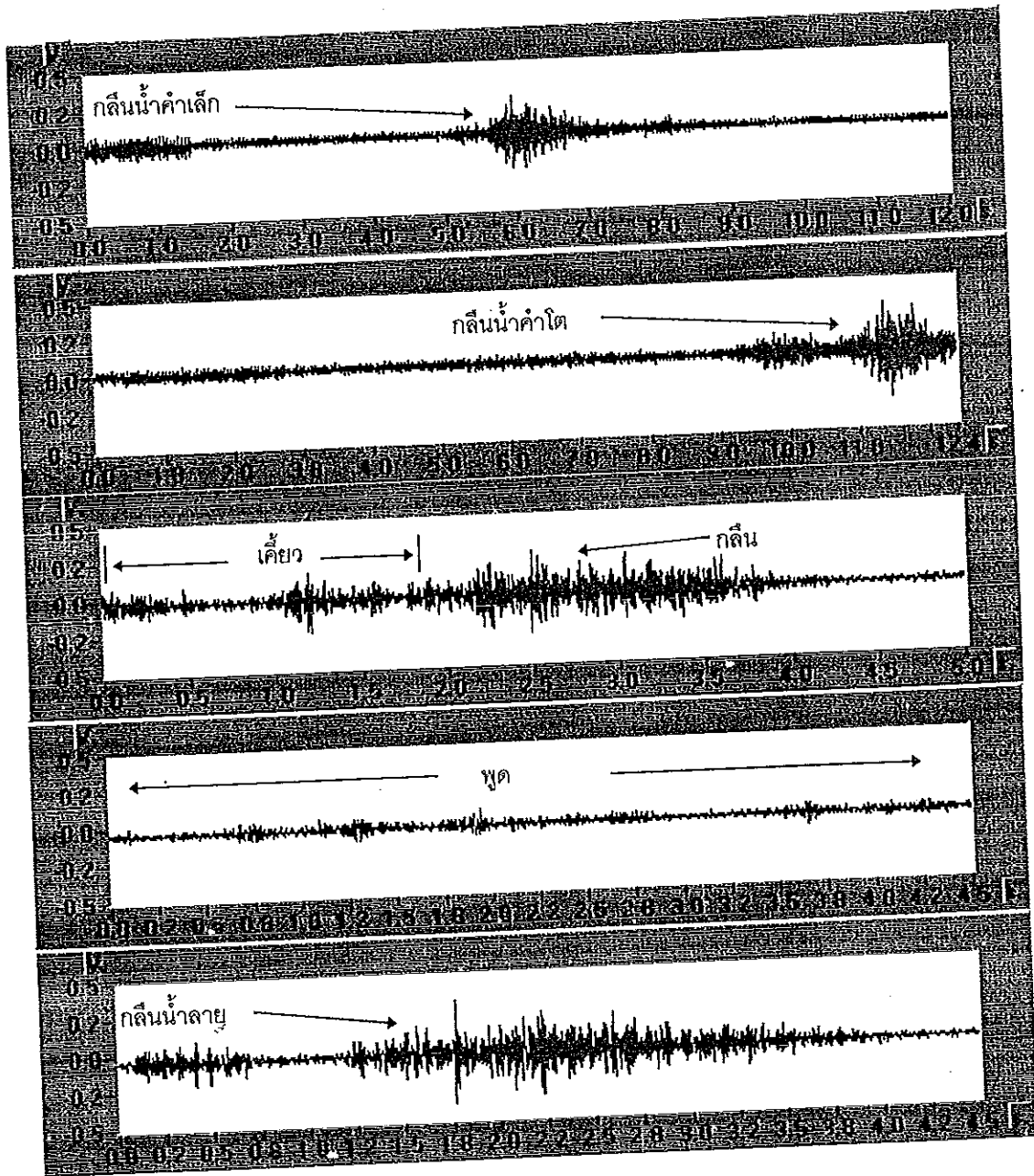


ภาพประกอบ 3-3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ซึ่งในเบื้องต้นจะทำการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ โดยจะมีวิธีการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าดังนี้ จะทำการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าของ การกลืนน้ำคำเล็กซึ่งจะให้กลืนน้ำครั้งละจำนวน 5 มิลลิลิตร กลืนน้ำคำโตจะให้กลืนน้ำครั้งละ 10 มิลลิลิตร การพูด โดยจะให้พูดว่า“คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์” และการเคี้ยวแล้วกลืน โดยจะให้เคี้ยวแล้วกลืนเมล็ดลิ้นขนาดเล็กรั้งละครั้งขึ้น ซึ่งทำการบันทึกกิจกรรมละ 3 ครั้งต่ออาสาสมัครหนึ่งคน ดังตัวอย่างของกิจกรรมที่บันทึกจากอาสาสมัคร ดังแสดงในภาพประกอบ 3-4 ก และ 3-4 ข



ภาพประกอบ 3-4 ก แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆในอาสาสมัครคนที่ 1 และมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวต่ำ



ภาพประกอบ 3-4 ข แสดงการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆในอาสาสมัครคนที่ 1 และมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวสูง

สัญญาณไฟฟ้าในภาพประกอบ 3-4 ก และ ข แสดงถึงสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนน้ำคำเล็ก สัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนน้ำคำโต สัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวแล้วกลืน สัญญาณไฟฟ้าจากการพุด และสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนน้ำลาย ตามลำดับ ซึ่งจากการ

พิจารณาในช่วงต้นนั้น การกลืนน้ำทั้งค่าเล็กและค่าโตและการกลืนน้ำลาย จะมีสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนเท่านั้นที่มีขนาดของสัญญาณไฟฟ้าสูงชัดเจน สำหรับสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวแล้วกลืนนั้น สัญญาณไฟฟ้าจากทั้งสองกิจกรรมจะมีขนาดใกล้เคียงกัน และสำหรับการพูดนั้น จะมีสัญญาณไฟฟ้าต่ำเมื่อเทียบกับสัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมอื่นๆ ดังนั้นเมื่อมีการพูดขณะที่มีกิจกรรมการกลืนน้ำค่าเล็ก กลืนน้ำค่าโต กลืนน้ำลาย เคี้ยวแล้วกลืน ก็ยังสามารถตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่เป็นสัญญาณบ่งบอกการกลืนได้ จากนั้นจะนำสัญญาณของกิจกรรมที่เหลือ มาทำการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ โดยจะใช้การตั้งระดับสัญญาณอ้างอิงเป็นตัวตัดสินว่าสัญญาณดังกล่าวเป็นสัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมการกลืนหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบค่าของสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนกับค่าจากการตั้งระดับสัญญาณอ้างอิงดังนี้ ถ้าหากค่าของสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืนสูงกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิงและค่าของสัญญาณไฟฟ้าในช่วงก่อนหน้าที่จะเกิดการกลืนขึ้นมีค่าต่ำกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิง แสดงว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ โดยจะใช้อาสาสมัครจำนวน 5 คน บันทึกกิจกรรมการกลืนคนละ 3 ครั้ง ซึ่งจะได้ผลดังตาราง 3-1

ตาราง 3-1 ก แสดงจำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้และไม่ได้ของกิจกรรมกลืนน้ำค่าเล็ก

อาสาสมัครคนที่	ระดับสัญญาณอ้างอิง (โวลท์)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนของกิจกรรมกลืนน้ำค่าเล็ก (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
1	0.150	3	0
2	0.150	3	0
3	0.150	3	0
4	0.100	3	0
5	0.100	3	0

ตาราง 3-1 ข แสดงจำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้และไม่ได้ของ
กิจกรรมกลืนน้ำคำโต

อาสาสมัคร คนที่	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (โวลท์)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืนของกิจกรรมกลืนน้ำคำโต (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
1	0.250	3	0
2	0.150	3	0
3	0.200	3	0
4	0.100	3	0
5	0.150	3	0

ตาราง 3-1 ค แสดงจำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้และไม่ได้ของ
กิจกรรมเคี้ยวแล้วกลืน

อาสาสมัคร คนที่	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (โวลท์)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืนของกิจกรรมเคี้ยวแล้วกลืน (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
1	0.200	3	0
2	0.150	0	3
3	0.150	3	0
4	0.150	2	1
5	0.200	3	1

ตาราง 3-1 ง แสดงจำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้และไม่ได้ของ
กิจกรรมกลืนน้ำลาย

อาสาสมัคร คนที่	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (โวลท์)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืนของกิจกรรมกลืนน้ำลาย (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
1	0.150	3	0
2	0.150	3	0

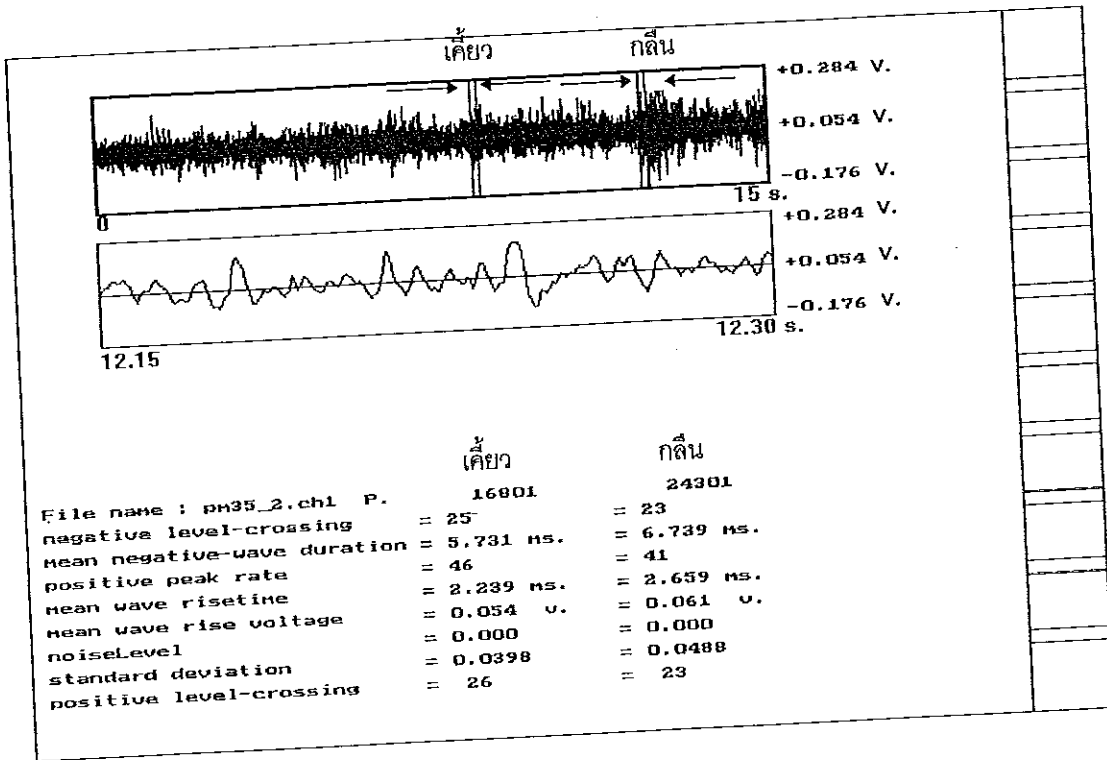
ตาราง 3-1 ง (ต่อ)

อาสาสมัคร คนที่	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (โวลต์)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืนของกิจกรรมกลืนน้ำลาย (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
3	0.100	3	0
4	0.100	3	0
5	0.100	3	0

จากตาราง 3-1 ก ตาราง 3-1 ข และตาราง 3-1 ง จะเห็นว่า ในกิจกรรมการกลืนน้ำลาย กลืนน้ำคำเล็ก กลืนน้ำคำโต จะสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้หมดทั้ง 15 ครั้ง ดังนั้นสามารถนำสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นมาใช้ได้ แต่สำหรับสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อของกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนนั้น สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากทั้งสองกิจกรรมจะมีขนาดใกล้เคียงกันทำให้ตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 10 ครั้ง และไม่ได้ 5 ครั้ง ดังนั้นถ้าจะใช้สัญญาณไฟฟ้าของกลุ่มกล้ามเนื้อเป็นสัญญาณจุดเริ่มต้นของการกลืนสำหรับเครื่องกระตุ้น ก็จำเป็นต้องหาวิธีการที่จะตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากกิจกรรมการเคี้ยวและการกลืนให้ได้ ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะเป็นการศึกษาตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากกิจกรรมทั้งสองด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

1. ผลการทดลองจากการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

ซึ่งการวิเคราะห์สัญญาณ จะการเขียนโปรแกรมมาทำการวิเคราะห์ในแกนเวลาและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยจะทำการคำนวณดังวิธีที่กล่าวมาในบทที่ 2 ในข้อที่หนึ่งและสองของหัวข้อที่ 2.2 กับสัญญาณที่ได้ โดยเลือกช่วงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและการกลืนจำนวน 300 จุดมาคำนวณ และบันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณ ดังแสดงในแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3-5 ก แสดงค่าของพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากการเลือกช่วงที่มีการเคี้ยวและการกลืน

ภาพประกอบที่ 3-5 ก แสดงถึงการคำนวณค่าในช่วงสัญญาณการเคี้ยวและสัญญาณการกลืน โดยค่าที่ปรากฏในสดมภ์ที่สองและสาม จะแสดงค่าของพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ของสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและการกลืนตามลำดับ จากนั้นจะทำการเลือกช่วงสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเคี้ยวและการกลืน จากผู้เชี่ยวชาญ ในกิจกรรมการเคี้ยวและกลืนจากอาสาสมัครจำนวน 5 คน ซึ่งมีการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าคนละ 3 ครั้ง มาคำนวณค่าของพารามิเตอร์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3-2 ก แสดงจำนวนครั้งของการตัดผ่านสัญญาณไต่ระดับอ้างอิงในช่วงของการ
เคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		จำนวนครั้งของการตัดผ่านสัญญาณไต่ระดับอ้างอิงในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
1	1	15	19
	2	15	19
	3	13	17
2	1	14	16
	2	15	15
	3	16	16
3	1	20	19
	2	15	11
	3	13	16
4	1	15	14
	2	16	16
	3	22	16
5	1	18	18
	2	15	18
	3	12	13

ตาราง 3-2 ข แสดงค่าเฉลี่ยช่วงสัญญาณที่อยู่ไต่ระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงของ
การเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		ค่าเฉลี่ยช่วงสัญญาณที่อยู่ไต่ระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (m.sec.)	ช่วงการเคี้ยว (m.sec.)
1	1	9.44	9.43
	2	14.15	8.58
	3	14.58	9
2	1	11.12	11.57
	2	11.75	10.43
	3	9.26	11.2

ตาราง 3-2 ข (ต่อ)

อาสาสมัคร		ค่าเฉลี่ยช่วงสัญญาณที่อยู่ใต้ระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (m.sec.)	ช่วงการเคี้ยว (m.sec.)
3	1	8.44	6.32
	2	7.75	8
	3	10.22	6.9
4	1	12.27	12.41
	2	9.19	9
	3	8.67	6.44
5	1	6.83	7.5
	2	8.69	7.88
	3	8.2	7.64

ตาราง 3-2 ค แสดงจำนวนอัตราที่สัญญาณสูงสุดเหนือระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงของการเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		จำนวนอัตราที่สัญญาณสูงสุดเหนือระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
1	1	13	18
	2	19	18
	3	15	17
2	1	14	14
	2	17	11
	3	18	16
3	1	19	15
	2	16	10
	3	12	14
4	1	15	12
	2	13	15
	3	22	9

ตาราง 3-2 ค (ต่อ)

อาสาสมัคร		จำนวนอัตราที่สัญญาณสูงสุดเหนือระดับสัญญาณที่กำหนดในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
5	1	13	19
	2	12	17
	3	6	14

ตาราง 3-2 ง แสดงค่าเฉลี่ยเวลาที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้นในช่วงของการเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		ค่าเฉลี่ยเวลาที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้นในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (m.sec.)	ช่วงการเคี้ยว (m.sec.)
1	1	5.79	5.19
	2	5.52	5.95
	3	5.57	5.27
2	1	6.61	5.86
	2	6.4	6.22
	3	6.22	7.15
3	1	6.59	5.79
	2	7.11	7.12
	3	6.65	6.38
4	1	5.95	8.47
	2	5.76	6.78
	3	4.62	5.41
5	1	5.05	5.28
	2	6.75	5.27
	3	5.94	5.65

ตาราง 3-2 จ แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้นในช่วงของการเคี้ยวและช่วงของการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		ค่าเฉลี่ยของขนาดที่สัญญาณอยู่ช่วงขาขึ้นในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (mV.)	ช่วงการเคี้ยว (mV.)
1	1	115	103.9
	2	157.6	111.2
	3	133.9	97.8
2	1	145.3	127.1
	2	139.9	117.2
	3	101.6	149.9
3	1	169.3	128.1
	2	191.1	124
	3	158.9	142
4	1	144.4	115
	2	147.1	94.6
	3	104.2	67.3
5	1	105.8	118.4
	2	127.5	162.7
	3	120.9	132.2

ตาราง 3-2 ฉ แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงของการเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (mV.)	ช่วงการเคี้ยว (mV.)
1	1	53.5	48.3
	2	90	51.2
	3	69.7	44.7
2	1	72.7	71.8
	2	75.2	57.9
	3	56.8	69.8

ตาราง 3-2 ข (ต่อ)

อาสาสมัคร		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
3	1	77.5	62.2
	2	100.4	57.6
	3	81.3	63.4
4	1	71.5	47.6
	2	60.9	39.9
	3	54.2	30.8
5	1	80.7	56.2
	2	69.4	82
	3	85.8	59.5

ตาราง 3-2 ข แสดงค่าการตัดผ่านสัญญาณเหนือระดับอ้างอิงในช่วงของการเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก

อาสาสมัคร		จำนวนครั้งการตัดผ่านสัญญาณเหนือระดับอ้างอิงในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
1	1	11	10
	2	15	8
	3	14	13
2	1	10	11
	2	9	9
	3	12	12
3	1	12	7
	2	4	1
	3	6	1
4	1	10	8
	2	10	7
	3	11	5

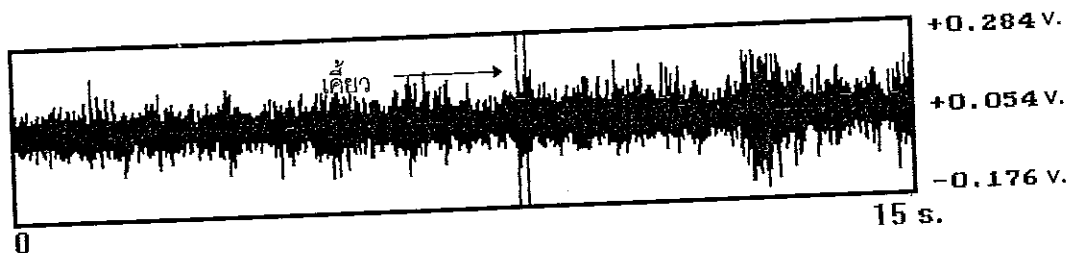
ตาราง 3-2 ข (ต่อ)

อาสาสมัคร		จำนวนครั้งที่สัญญาณตัดผ่านไต่ระดับอ้างอิงในช่วงที่เลือก	
คนที่	ครั้งที่	ช่วงการกลืน (ครั้ง)	ช่วงการเคี้ยว (ครั้ง)
5	1	1	7
	2	2	4
	3	2	3

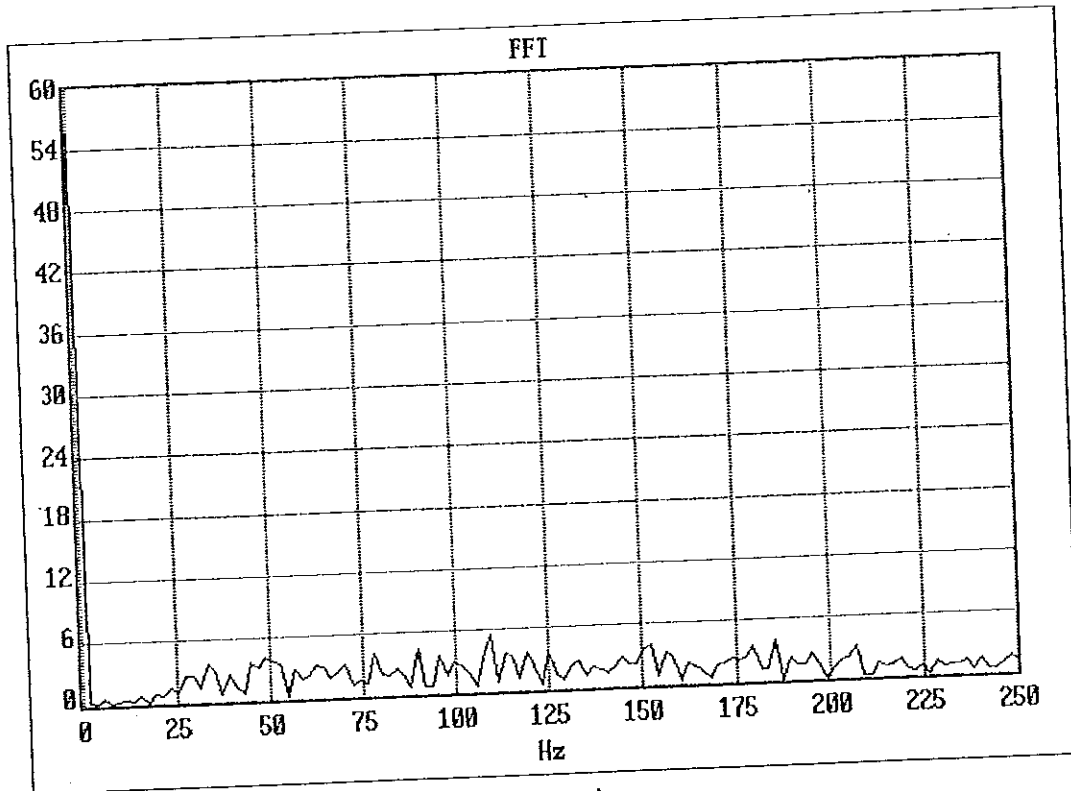
จากตาราง 3-2 ก จะเห็นว่าจำนวนครั้งที่สัญญาณตัดผ่านไต่ระดับสัญญาณอ้างอิงของช่วงการกลืนที่เลือกในอาสาสมัครทั้ง 5 คนนั้น กลุ่มค่าจำนวนครั้งที่ได้จากช่วงการกลืนและช่วงการเคี้ยวไม่แยกออกจากกันโดยชัดเจน ซึ่งจะไม่สามารถนำไปใช้ในการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อในกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืน จากตาราง 3-2 ข ถึงตาราง 3-2 ช ก็เช่นเดียวกันที่กลุ่มของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการเลือกช่วงของการเคี้ยวและการกลืนไม่แยกออกจากกันโดยชัดเจน

2. ผลการทดลองโดยใช้ Fast Fourier Transform (FFT)

ในการทดลองนี้จะใช้ FFT ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากช่วงการเคี้ยวและการกลืนเพื่อดูความหนาแน่นเชิงความถี่ของสัญญาณทั้งสองกิจกรรม โดยใช้จำนวนจุดในการคำนวณ 1024 จุดและตัวอย่างผลการคำนวณ FFT ของอาสาสมัครคนที่ 35 ในช่วงการเคี้ยวและช่วงการกลืนที่เลือก ดังแสดงดังภาพประกอบ 3-6 และ 3-7

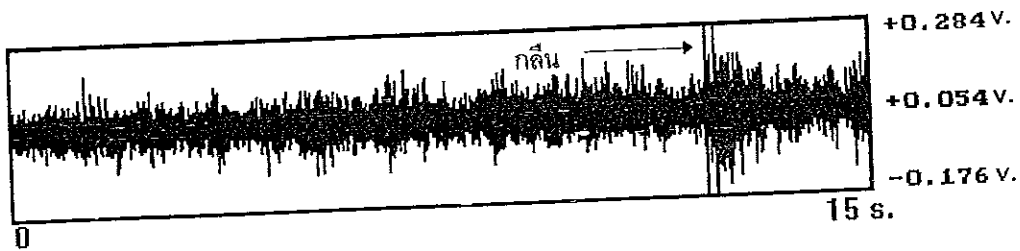


ภาพประกอบ 3-6 ก แสดงช่วงของสัญญาณไฟฟ้าจากช่วงการเคี้ยวที่เลือก

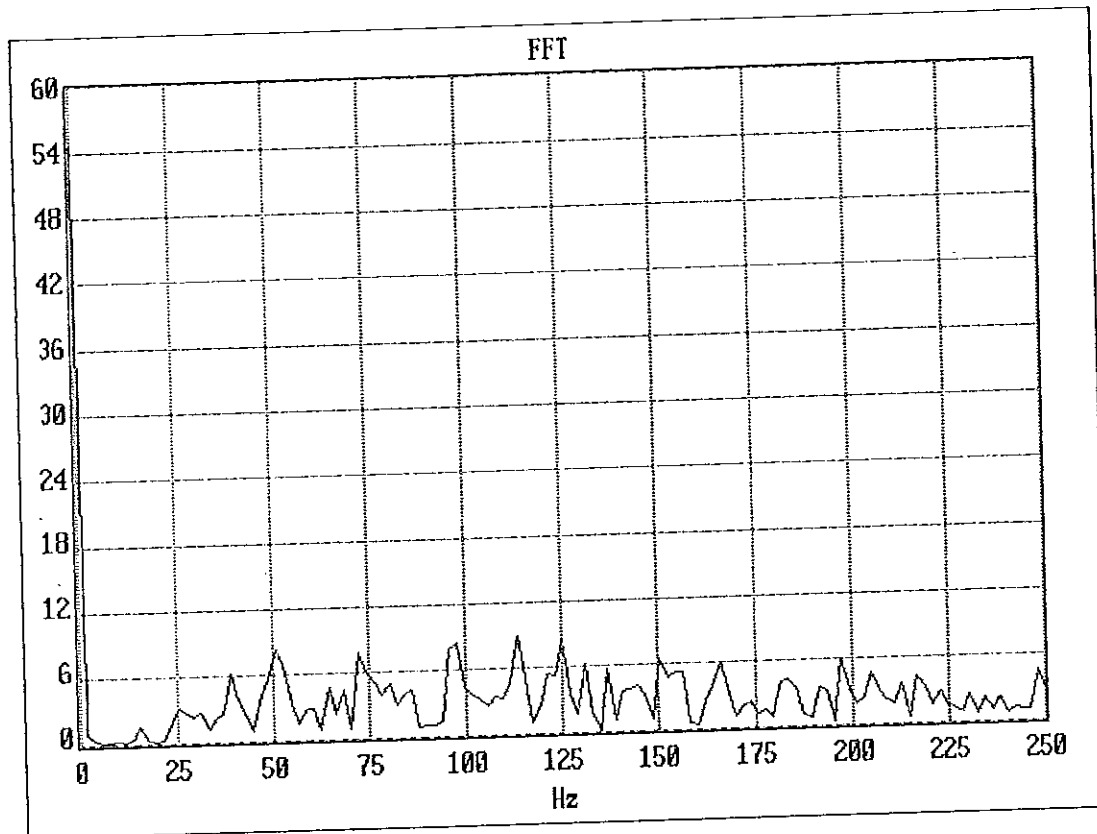


Press any key to continue (F10 for hardcopy)...

ภาพประกอบ 3-6 ข แสดงแอมพลิจูดสเปกตรัมที่ได้จาก FFT ของสัญญาณไฟฟ้า
จากช่วงการเคี้ยวที่เลือกในภาพประกอบ 3-6 ก



ภาพประกอบ 3-7 ก แสดงช่วงของสัญญาณไฟฟ้าการกลืนที่เลือก



Press any key to continue (F10 for hardcopy)...

ภาพประกอบ 3-7 ข แสดงแอมพลิจูดสเปกตรัมที่ได้จาก FFT ของสัญญาณไฟฟ้า
จากช่วงการกลืนที่เลือกในภาพประกอบ 3-7 ก

จากภาพประกอบ 3-6 ก และ 3-7 ก แสดงการเลือกช่วงสัญญาณการเคี้ยวและการ
กลืนมาทำ FFT และภาพประกอบ 3-6 ข และ 3-7 ข แสดงแอมพลิจูดสเปกตรัมของสัญญาณ
การเคี้ยวและการกลืนตามลำดับ ในการทดลองจะใช้อาสาสมัครจำนวน 11 คน ที่มีการบันทึก
สัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมการเคี้ยวและการกลืนคนละ 3 ครั้ง จากนั้นนำช่วงของสัญญาณ
ไฟฟ้าจากการเคี้ยวและการกลืนที่ได้จากการเลือกของผู้เชี่ยวชาญ มาทำ FFT จากนั้นนำแอมพลิ
จูดสเปกตรัมที่ได้จากการใช้ FFT ของกิจกรรมการเคี้ยวและการกลืน มาทำการพิจารณาเลือกช่วง
ความถี่ที่มีแอมพลิจูดสเปกตรัมจากการกลืนสูงกว่าการเคี้ยว ซึ่งสามารถแบ่งช่วงความถี่ได้ 5
ช่วง ดังตาราง 3-3

ตาราง 3-3 แสดงช่วงความถี่ที่มีแอมพลิจูดสเปคตรัมจากการกลืนสูงกว่าการเคี้ยว

อาสาสมัคร		ช่วงความถี่ที่แอมพลิจูดสเปคตรัมจากการกลืนสูงกว่าการเคี้ยว (Hz)				
คนที่	ครั้งที่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่
		70-100	100-130	130-160	160-190	200-220
1	1	-	100-120	130-160	165-190	200-220
	2	80-95	100-120	125-140	175-195	195-220
	3	75-85	105-120	135-160	-	200-210
2	1	85-95	-	120-145	165-175	-
	2	-	105-125	-	150-165	-
	3	-	100-115	130-140	-	-
3	1	-	-	130-160	165-175	-
	2	70-90	-	-	-	200-220
	3	70-80	-	145-150	170-185	-
4	1	-	115-130	-	160-175	-
	2	75-90	95-115	-	185-200	-
	3	75-105	-	-	160-175	205-225
5	1	-	115-130	130-145	155-170	-
	2	70-95	100-110	125-135	155-170	195-215
	3	65-90	100-120	120-160	160-175	205-225
6	1	80-110	-	120-160	-	195-220
	2	80-95	105-130	145-165	180-195	195-220
	3	70-85	-	125-140	160-175	200-220
7	1	70-95	105-130	130-160	160-175	195-220
	2	75-95	95-135	135-155	155-190	190-225
	3	75-95	105-120	125-140	155-170	200-215
8	1	-	105-120	-	160-175	195-220
	2	75-105	105-115	120-145	-	-
	3	85-95	-	-	160-185	-
9	1	80-95	115-125	-	160-175	-
	2	85-95	110-115	120-145	-	205-220
	3	80-110	110-135	-	150-190	195-220

ตาราง 3-3 (ต่อ)

อาสาสมัคร		ผลช่วงความถี่ที่แอมพลิฟายด์สเปคตรัมจากการกลืนสูงกว่าการเคี้ยว (Hz)				
คนที่	ครั้งที่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่	ช่วงความถี่
		70-100	100-130	130-160	160-190	200-220
10	1	70-110	110-125	125-150	150-165	210-220
	2	65-95	95-135	135-150	150-195	210-230
	3	60-110	-	125-150	175-195	-
11	1	-	95-110	-	155-190	-
	2	70-85	100-135	135-150	150-180	210-225
	3	65-80	85-120	135-150	165-185	190-220

จากตาราง 3-3 แสดงถึงช่วงความถี่ที่มีแอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการกลืนสูงกว่าการเคี้ยว โดยจะแบ่งช่วงความถี่ออกเป็น 5 ช่วง ซึ่งในช่วงความถี่ที่ 200-220 Hz จะเกิดขึ้นน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงความถี่อื่นๆ ที่ช่วงความถี่ 160-190 Hz ที่ช่วงความถี่ 70-100 Hz และที่ช่วงความถี่ 100-130 Hz จะมีจำนวนครั้งที่แอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการกลืนสูงกว่าการเคี้ยวมากเรียงตามลำดับ เนื่องจากแอมพลิฟายด์สเปคตรัมที่ช่วงความถี่ 160-190 Hz ของการเคี้ยวก็จะสูงตาม ดังนั้นถ้าหากนำช่วงความถี่ที่ได้ไปทำการกรองสัญญาณอาจจะทำให้สัญญาณการเคี้ยวสูงตามไปด้วย จึงได้ทำการเปรียบเทียบอัตราส่วน ซึ่งหาได้จากแอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการกลืนหารด้วยแอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการเคี้ยว โดยเลือกช่วงความถี่ 160-190 Hz และช่วงความถี่ 70-100 Hz ซึ่งมีจำนวนครั้งของแอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการกลืนสูงกว่าการเคี้ยวสูงรองลงมา โดยเลือกจากอาสาสมัครที่มีแอมพลิฟายด์สเปคตรัมของการกลืนสูงกว่าการเคี้ยวที่ช่วงความถี่ทั้งสอง จะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

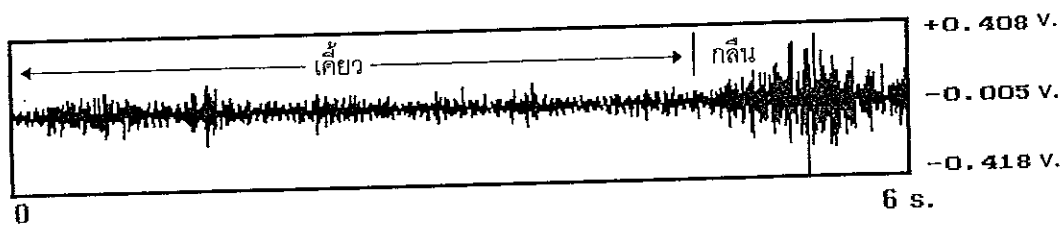
ตาราง 3-4 แสดงอัตราส่วนของแอมพลิจูดสเปกตรัมการกลืนต่อการเคี้ยวที่ช่วงความถี่
70-100 Hz และ 160-190 Hz

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ค่าอัตราส่วนของแอมพลิจูดสเปกตรัมการกลืนต่อการเคี้ยวที่ช่วงความถี่ที่เลือก (Hz)	
	ช่วงความถี่ 70-100	ช่วงความถี่ 160-190
1-2	4.5	5.67
2-1	2.17	2
3-3	1.33	1.5
4-2	2.5	2.25
4-3	2.6	4.5
5-2	1.75	1.625
5-3	4.5	3
6-2	9	2.5
6-3	2.2	1.23
7-1	4.67	1.84
7-2	1.46	1.26
7-3	1.67	3.74
8-3	1.42	1.33
9-1	1.71	5.67
10-1	2.71	1.69
10-2	1.65	3
10-3	2.9	1.21
11-2	3	2.88
11-3	5.5	2.13

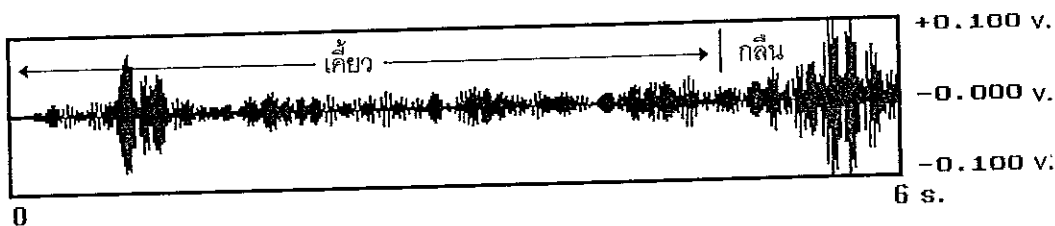
จากตาราง 3-4 เมื่อนำอัตราส่วนของแอมพลิจูดสเปกตรัมที่ช่วงความถี่ทั้งสองมาทำการเปรียบเทียบกันปรากฏว่า ที่ช่วงความถี่ 70-100 Hz จะมีจำนวน 13 ครั้งที่มีค่าอัตราส่วนมากกว่า และจะมีค่าอัตราส่วนน้อยกว่าอยู่ 6 ครั้ง ในขณะที่ในช่วงความถี่ 160-190 Hz พบว่าจะมีจำนวน 6 ครั้งที่มีค่าอัตราส่วนมากกว่า และจะมีค่าอัตราส่วนน้อยกว่าอยู่ 13 ครั้ง ดังนั้น จะใช้ช่วงความถี่ 70-100 Hz มาใช้ประกอบในส่วนของตารางรองต่อไป

3. ผลการกรองสัญญาณโดยใช้ตัวกรองความถี่ (Filter)

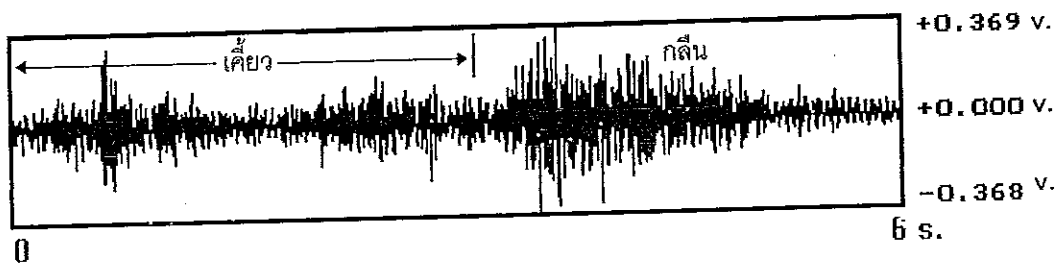
หลังจากที่ได้ช่วงความถี่ที่จะใช้ในการสัญญาณแล้ว นำสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยว และกลืนมาผ่านตัวกรองสัญญาณ โดยใช้ตัวกรองสัญญาณชนิด Butterworth ใช้ลำดับการกรองที่ 5 และเป็นการแบบแบนพาสฟิลเตอร์ ซึ่งจะยอมให้สัญญาณผ่านเฉพาะช่วงความถี่ 70-100 ผ่านออกมา ทำการกรองสัญญาณไฟฟ้าจากคลื่นกล้ามเนื้อลิ้นจากกิจกรรมการเคี้ยวและการกลืน ดังตัวอย่างของอาสาสมัคร ซึ่งจะเห็นดังภาพประกอบ 3-8



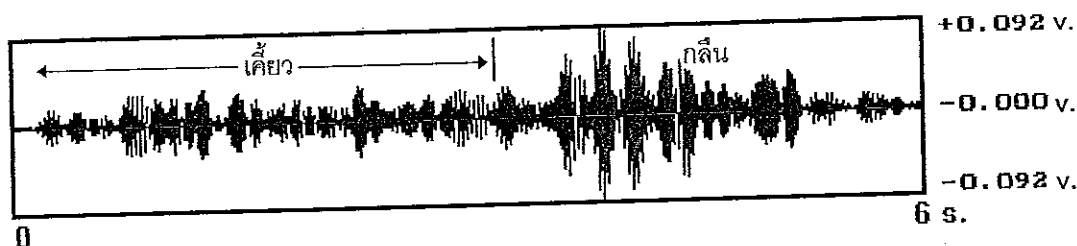
ภาพประกอบ 3-8 ก แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนก่อนผ่านการกรอง



ภาพประกอบ 3-8 ข แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนหลังผ่านการกรองที่ ช่วงความถี่ 70-100 Hz และจะมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวสูงขึ้นเมื่อเทียบกับขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืน



ภาพประกอบ 3-8 ค แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนก่อนผ่านการกรอง



ภาพประกอบ 3-8 ง แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวและกลืนหลังผ่านการกรองที่ช่วงความถี่ 70-100 Hz และจะมีขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวต่ำลงเมื่อเทียบกับขนาดสัญญาณไฟฟ้าจากการกลืน

โดยจะทำการกรองสัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนของอาสาสมัคร 11 คน จากนั้นนำสัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนที่ผ่านการกรองสัญญาณแล้ว มาทำการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน โดยการตั้งระดับสัญญาณอ้างอิง ถ้าหากค่าสัญญาณไฟฟ้าจากกิจกรรมการกลืนมีค่ามากกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิงและไม่มีค่าของสัญญาณจากกิจกรรมการเคี้ยวมากกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิง ก็แสดงว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ ดังปรากฏผลในตาราง 3-5

ตาราง 3-5 แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าหลังผ่านตัวกรองสัญญาณที่ความถี่ 70-100 Hz

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ค่าระดับ สัญญาณ อ้างอิง (v.)	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน (ครั้งที่)	
		ได้	ไม่ได้
1-1	0.05		+
1-2	0.05	+	
1-3	0.05	+	
2-1	0.04		+
2-2	0.04		+
2-3	0.04		+
3-1	0.035	+	
3-2	0.035	+	
3-3	0.035		+

ตาราง 3-5 (ต่อ)

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ค่าระดับ สัญญาณ อ้างอิง (v.)	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
4-1	0.025		+
4-2	0.025		+
4-3	0.025		+
5-1	0.05	+	
5-2	0.05		+
5-3	0.05		+
6-1	0.045		+
6-2	0.045		+
6-3	0.045	+	
7-1	0.06		+
7-2	0.06		+
7-3	0.06		+
8-1	0.045		+
8-2	0.045	+	
8-3	0.045	+	
9-1	0.04		+
9-2	0.04	+	
9-3	0.04	+	
10-1	0.03		+
10-2	0.03	+	
10-3	0.03		+
11-1	0.04	+	
11-2	0.04		+
11-3	0.04		+

+ เป็นเครื่องหมายแสดงผลการแยกสัญญาณ

จากตาราง 3-5 ผลการพิจารณาการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ ผลปรากฏว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 12 ครั้ง และไม่ได้ 21 ครั้ง และจะมีบางครั้งที่สัญญาณที่ผ่านตัวกรองแล้ว สัญญาณที่ได้จะทำให้เพิ่มความยากลำบากในการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน

4. ผลการทดลองการใช้ Autoregressive

จากข้อ 4 ย่อยในหัวข้อ 2.2 ในบทที่ 2 จะใช้วิธีการ Autoregressive เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณไฟฟ้าในอดีต ดังตัวอย่างในตาราง 3-6 ก

ตาราง 3-6 ก แสดงตัวอย่างการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการใช้ Autoregressive

อาสาสมัครคนที่	Lag	Coeff	StErr	p-value
1	0	0.000	0.000	0.991
	1	2.922	0.045	0.000
	2	-2.920	0.140	0.000
	3	0.594	0.194	0.000
	4	0.768	0.197	0.002
	5	-0.254	0.200	0.205
2	0	-0.000	0.000	0.960
	1	2.987	0.045	0.000
	2	-3.245	0.142	0.000
	3	1.281	0.205	0.000
	4	0.008	0.216	0.970
	5	0.240	0.214	0.263
3	0	0.000	0.000	0.704
	1	2.968	0.045	0.000
	2	-3.141	0.141	0.000
	3	1.004	0.196	0.000
	4	0.341	0.199	0.088
	5	0.065	0.202	0.749

จากตาราง 3-6 ก ตารางค่า p-value ที่มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งจะมีค่า Lag ลำดับที่หนึ่ง สอง และสาม จากนั้นทำ Autoregressive อีกครั้งกับสัญญาณเดิม และเก็บค่า Coeff ที่ Lag =1 Lag=2 และ Lag=3 ตลอดช่วงสัญญาณ นำมาวาดกราฟ โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ เนื้อล้นขณะที่มีกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนขึ้นจากอาสาสมัคร 11 คน จากนั้นทำการพิจารณาแนวโน้มที่จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงการกลืน มาทำการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อเนื้อล้นได้หรือไม่ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบจากกราฟของค่าสัมประสิทธิ์ที่ Lag=1 Lag=2 และ Lag=3 ในช่วงการเคี้ยวและการกลืน โดยถ้าค่าที่สูงที่สุดของค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงการเคี้ยวต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงการกลืนจากการวัดเพื่อเปรียบเทียบ ก็จะสามารถที่จะนำไปใช้ในการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ ซึ่งผลดังตาราง 3-6 ข

ตาราง 3-6 ข แสดงผลการพิจารณาที่จะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้ Autoregressive มาใช้ในการตรวจจับสัญญาณบ่งบอกการกลืน

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ผลการพิจารณาที่จะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์มาใช้ในการตรวจจับสัญญาณบ่งบอกการกลืน (ครั้ง)					
	ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 1		ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 2		ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 3	
	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้
1-1	+			+	+	
1-2	+			+	+	
1-3	+			+	+	
2-1		+		+		+
2-2		+		+		+
2-3		+		+		+
3-1		+	+		+	
3-2		+	+		+	
3-3		+	+		+	
4-1		+		+	+	
4-2		+		+	+	
4-3		+		+		+

ตาราง 3-6 ข (ต่อ)

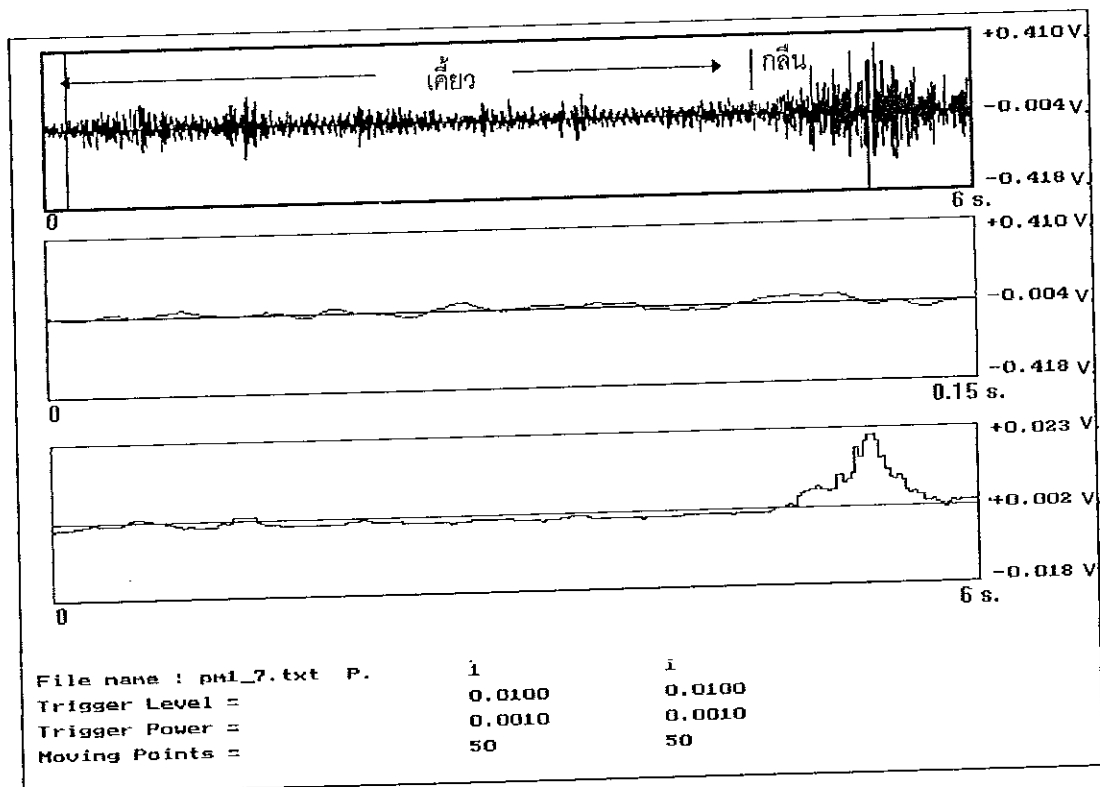
อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ผลการพิจารณาที่จะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์มาใช้ในการ ตรวจจับสัญญาณบ่งบอกการกลืน (ครั้ง)					
	ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 1		ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 2		ค่าสัมประสิทธิ์ ตัวที่ 3	
	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้
5-1		+		+		+
5-2		+		+		+
5-3		+	+			+
6-1	+			+	+	
6-2	+		+		+	
6-3	+		+		+	
7-1		+		+		+
7-2		+		+		+
7-3		+		+		+
8-1	+		+		+	
8-2	+		+		+	
8-3		+		+		+
9-1		+		+	+	
9-2		+		+		+
9-3	+		+		+	
10-1		+		+		+
10-2		+		+		+
10-3		+		+	+	
11-1		+		+		+
11-2		+		+	+	
11-3		+		+		+

+ เป็นเครื่องหมายแสดงผลการแยกสัญญาณ

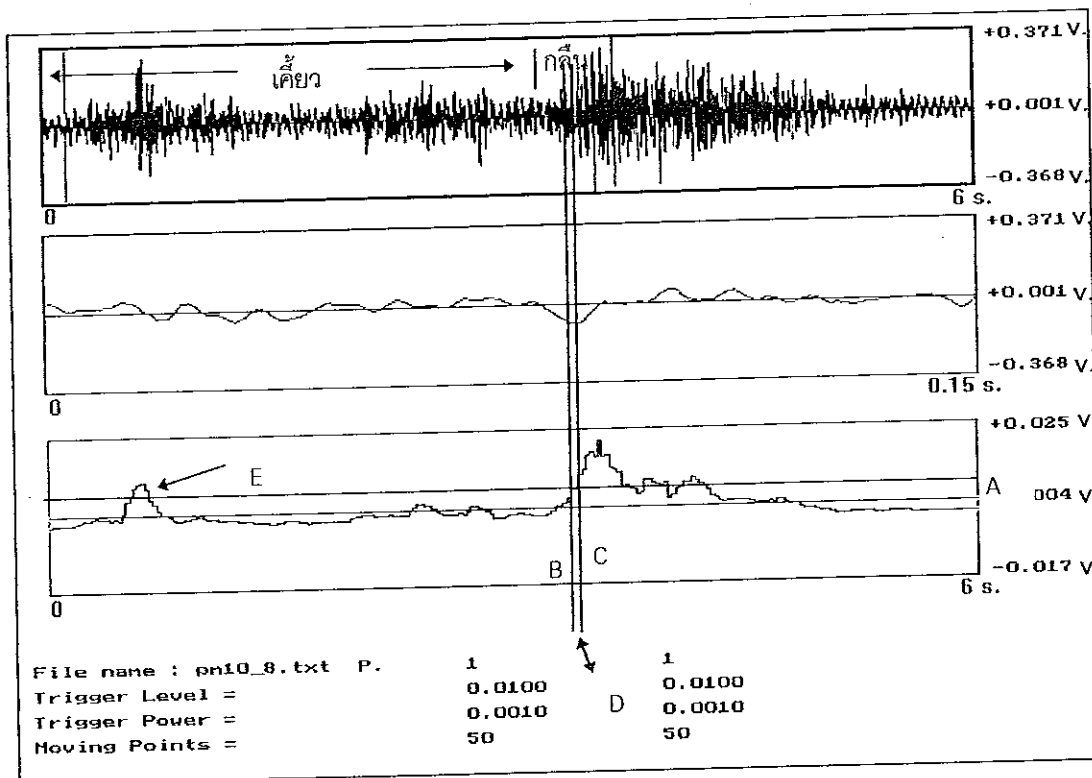
จากตาราง 3-6 ข สัมประสิทธิ์ตัวที่ 1 สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 9 ครั้ง และสัมประสิทธิ์ตัวที่ 2 สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 9 ครั้ง ส่วนสัมประสิทธิ์ตัวที่ 3 สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 17 ครั้ง ในจำนวนทั้งหมด 33 ครั้ง

5. ผลการใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ

ในการหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ ซึ่งจะใช้การคำนวณเป็นช่วงๆ โดยใช้ช่วงละ 300 จุด และจะเลื่อนจุดเริ่มคำนวณจากจุดเดิมไป 50 จุดของการคำนวณแต่ละช่วง โดยจะคำนวณไปตลอดช่วงการเคี้ยวและการกลืน แล้วนำมาวาดกราฟ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3-9 ก แสดงผลที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ



ภาพประกอบ 3-9 ข แสดงผลที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณที่มีสัญญาณไฟฟ้าจากการเคี้ยวสูง

จากภาพประกอบ 3-9 ก และ ข ในหน้าต่างบนสุดจะเป็นสัญญาณไฟฟ้าของการเคี้ยวและกลิ่นก่อนการคำนวณ ในหน้าต่างล่างสุดเป็นสัญญาณที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณ จากนั้นทำการใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณกับสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นที่เป็นกิจกรรมการเคี้ยวและกลิ่นของอาสาสมัคร 11 คน นำสัญญาณที่ได้จากการใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ มาทำการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน โดยจะตั้งระดับสัญญาณอ้างอิง ถ้าค่าที่ได้จากการใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณในช่วงการกลืนมากกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิงและไม่มีค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณในช่วงการเคี้ยวที่มีค่ามากกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิง ซึ่งจะถือว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ ซึ่งจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3-7 ก แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณจากอาสาสมัคร

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (v.) ²	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืน (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
1-1	0.006	+	
1-2	0.006	+	
1-3	0.006	+	
2-1	0.006		+
2-2	0.006		+
2-3	0.006		+
3-1	0.0065	+	
3-2	0.0065	+	
3-3	0.0065	+	
4-1	0.0055	+	
4-2	0.0055	+	
4-3	0.0055	+	
5-1	0.0065	+	
5-2	0.0065	+	
5-3	0.0065	+	
6-1	0.010	+	
6-2	0.010	+	
6-3	0.010	+	
7-1	0.020	+	
7-2	0.020	+	
7-3	0.020	+	
8-1	0.015	+	
8-2	0.015	+	
8-3	0.015	+	
9-1	0.8	+	
9-2	0.008	+	

ตาราง 3-7 ก (ต่อ)

อาสาสมัคร (คนที่-ครั้งที่)	ระดับสัญญาณ อ้างอิง (v.) ²	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืน (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
9-3	0.008	+	
10-1	0.014	+	
10-2	0.014	+	
10-3	0.014	+	
11-1	0.030	+	
11-2	0.030	+	
11-3	0.030	+	

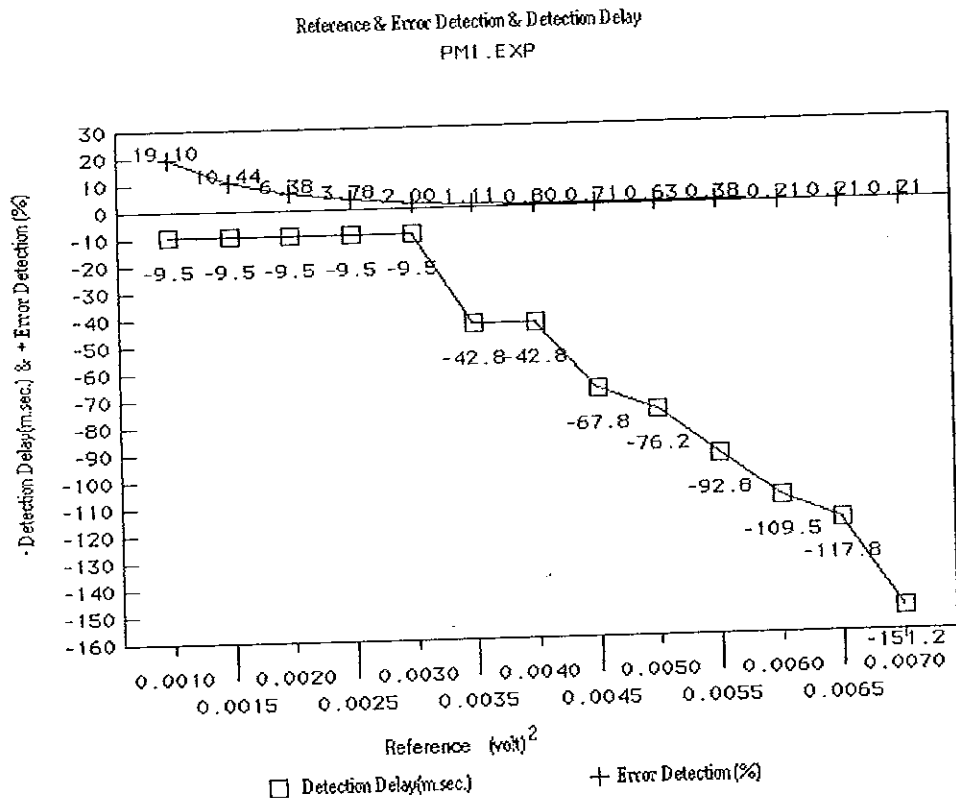
+ เป็นเครื่องหมายแสดงผลการแยกสัญญาณ

จากตารางข้างต้น การใช้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณนั้น ทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อได้ดี โดยสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 30 ครั้ง และไม่ได้จำนวน 3 ครั้ง เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่า อาสาสมัครคนที่ 2 มีสัญญาณการเคี้ยวสูงมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ พบว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆที่ผ่านมา ดังนั้นจะทำการเลือกอาสาสมัครจำนวน 4 คน จากอาสาสมัครข้างต้น 11 คน โดยเลือกจากอาสาสมัครคนที่ 3 คนที่ 4 คนที่ 5 และคนที่ 7 ทำการบันทึกค่าสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อขณะที่ทำกิจกรรมการเคี้ยวกลืนอีก คนละ 9 ครั้ง นำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ทำการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณจากนั้นที่การตั้งระดับสัญญาณอ้างอิง เพื่อทำการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากกลุ่มกล้ามเนื้อ ถ้าค่ากำลังเฉลี่ยที่คำนวณได้ในช่วงการกลืนมากกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิง และไม่มีค่ากำลังเฉลี่ยที่คำนวณได้ในช่วงการเคี้ยวที่มากกว่าระดับสัญญาณอ้างอิง จึงถือได้ว่าสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ ผลที่ได้จะแสดงดังตาราง 3-7 ข

ตาราง 3-7 ข แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณจากอาสาสมัครที่เลือก

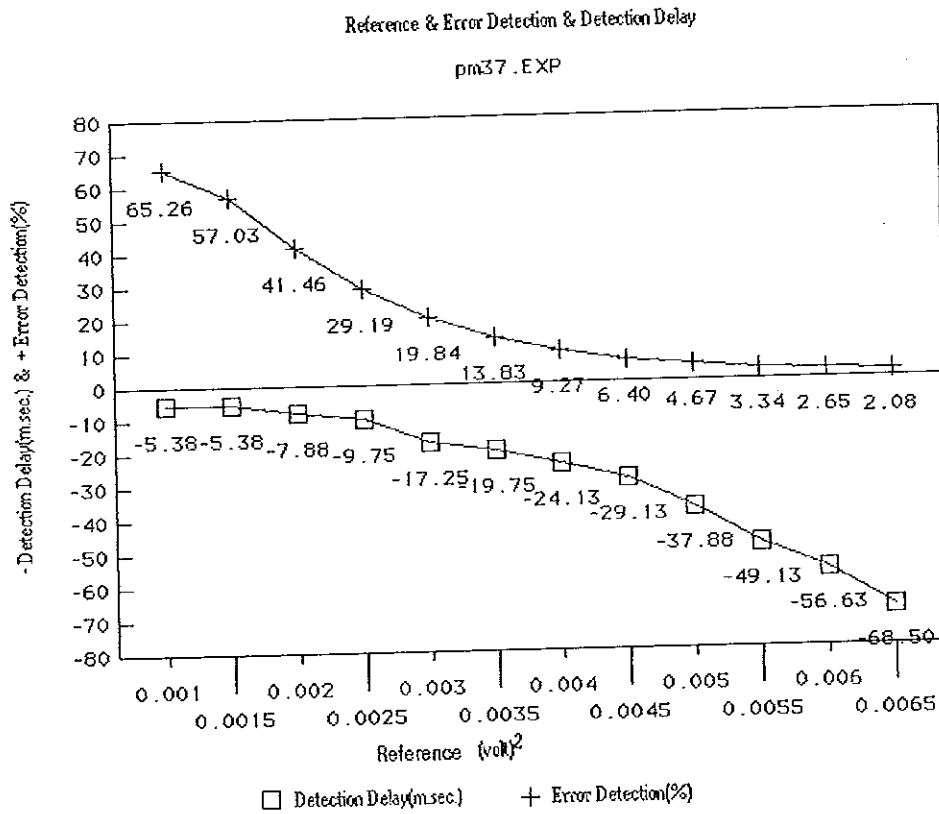
อาสาสมัคร คนที่	ระดับสัญญาณ อ้างอิง ($v.$) ²	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอก การกลืน (ครั้ง)	
		ได้	ไม่ได้
3	0.0065	6	3
4	0.0048	6	3
5	0.0045	4	5
7	0.0150	9	0

จากตาราง 3-7 ข ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนโดยใช้การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ สำหรับอาสาสมัครคนที่ 7 ที่ได้จะสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้หมดทั้ง 9 ครั้ง ที่ระดับสัญญาณอ้างอิง 0.0150 ($v.$)² สำหรับอาสาสมัครคนที่ 3 และอาสาสมัครคนที่ 4 สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 6 ครั้ง จากทั้งหมด 9 ครั้ง สำหรับอาสาสมัครคนที่ 5 จะสามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนได้ 4 ครั้งจากทั้งหมด 9 ครั้ง จากนั้นทำการศึกษา โอกาสเกิดความผิดพลาดจากการตรวจจับการกลืน ด้วยวิธีกำลังเฉลี่ยของสัญญาณ โดยทำการศึกษาจากอาสาสมัครคนที่ 1 การวิเคราะห์ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณกระตุ้นอ้างอิงที่ละ 0.0005 ($v.$)² ดังอักษร A ในภาพประกอบ 3-9 ข แล้วพิจารณาว่าค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณการเคี้ยวที่สูงกว่าค่าระดับสัญญาณกระตุ้นอ้างอิงกี่ครั้ง ซึ่งจะถือว่าเป็นการตรวจจับที่ผิดพลาด ดังอักษร E ในภาพประกอบ 3-9 ข โดยคำนวณหาค่าเป็นร้อยละของจำนวนครั้งที่คำนวณในช่วงการเคี้ยว นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความล่าช้าของการตรวจจับจุดกลืนที่เกิดขึ้นจริงๆ ดังอักษร D ในภาพประกอบ 3-9 ข ซึ่งความล่าช้านี้หาได้จากการกำหนดจุดกลืน โดยผู้ชำนาญการดังอักษร B ในภาพประกอบ 3-9 ข แล้วทำการพิจารณาว่า จุดที่ระดับสัญญาณการกลืนสูงกว่าระดับสัญญาณอ้างอิงหลังจากจุดเริ่มต้นของการกลืนจริงเป็นเวลาเท่าไร ดังอักษร C ในภาพประกอบ 3-9 ข จากนั้นนำผลร้อยละของความผิดพลาดและความล่าช้าจากการตรวจจับจุดกลืนมาวาดกราฟ ดังภาพประกอบ 3-10



ภาพประกอบ 3-10 แสดงกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การตรวจจับผิดพลาดกับความ
ล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ

จากภาพประกอบ 3-10 ซึ่งในแนวแกนตั้งด้านบวก จะเป็นเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ
สัญญาณผิดพลาด ในแนวแกนตั้งด้านลบความล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ จะเป็นในแนว
แกนนอนเป็นระดับสัญญาณอ้างอิงที่ค่าต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่า ในการตั้งระดับ
สัญญาณอ้างอิงที่ค่าต่าง ๆ นั้นจะมีผลต่อจำนวนครั้งของการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดและความ
ล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ ที่ระดับสัญญาณอ้างอิงสูงขึ้นไปจะมีเปอร์เซ็นต์การตรวจจับ
สัญญาณผิดพลาดลดลง และจะมีความล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณมากขึ้น แต่เนื่องจาก
ตัวอย่างอาสาสมัครข้างต้นนั้นมีจำนวนครั้งของตัวอย่างการกลืนน้อย ดังนั้นจึงทำการบันทึก
กิจกรรมการเคี้ยวและกลืนจากอาสาสมัคร 1 คนจำนวน 16 ครั้ง จากนั้นก็ทำการคำนวณหา
เปอร์เซ็นต์การตรวจจับสัญญาณผิดพลาดและความล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ ซึ่งจะได้ผล
ดังภาพประกอบ 3-11



ภาพประกอบ 3-11 แสดงกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การตรวจจับผิดพลาด
กับความล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ

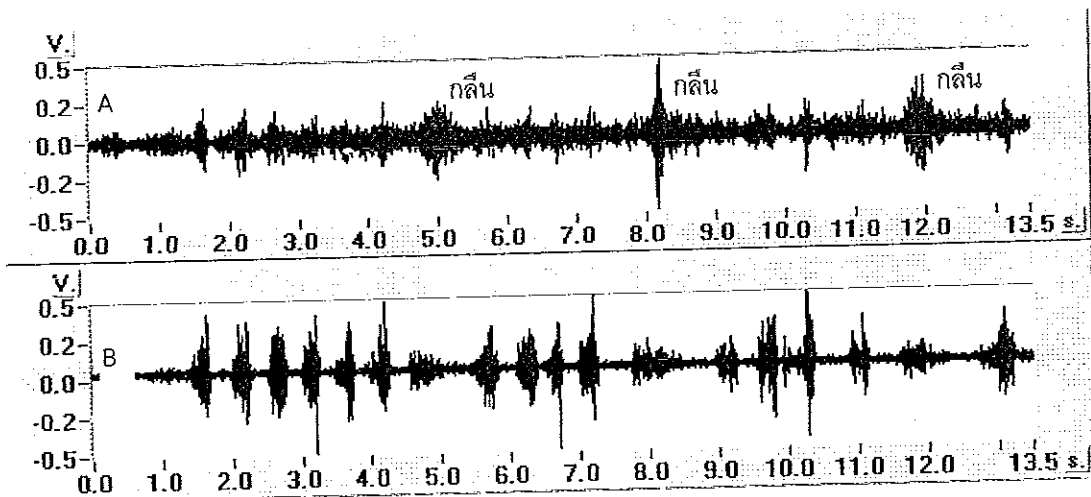
จากภาพประกอบ 3-11 ผลที่ได้จะเห็นว่าในการเปลี่ยนค่าระดับสัญญาณอ้างอิง จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและความล่าช้าในการตรวจจับสัญญาณ เช่นเดียวกับอาสาสมัครคนที่ 1 ดังนั้นในการกระตุ้นผู้ป่วยที่มีปัญหาจำเป็นต้องกระตุ้นหลังจากจุดเริ่มต้นของการกลืนไม่เกิน 300 มิลลิวินาที จากภาพประกอบ 3-11 จะเห็นว่าถ้าเลือกระดับอ้างอิงเป็น 0.0065 (โวลท์)² จะทำให้เกิดการตัดสินใจช้าไป 68.50 มิลลิวินาที และเกิดความผิดพลาด 2.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ยอมรับได้

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

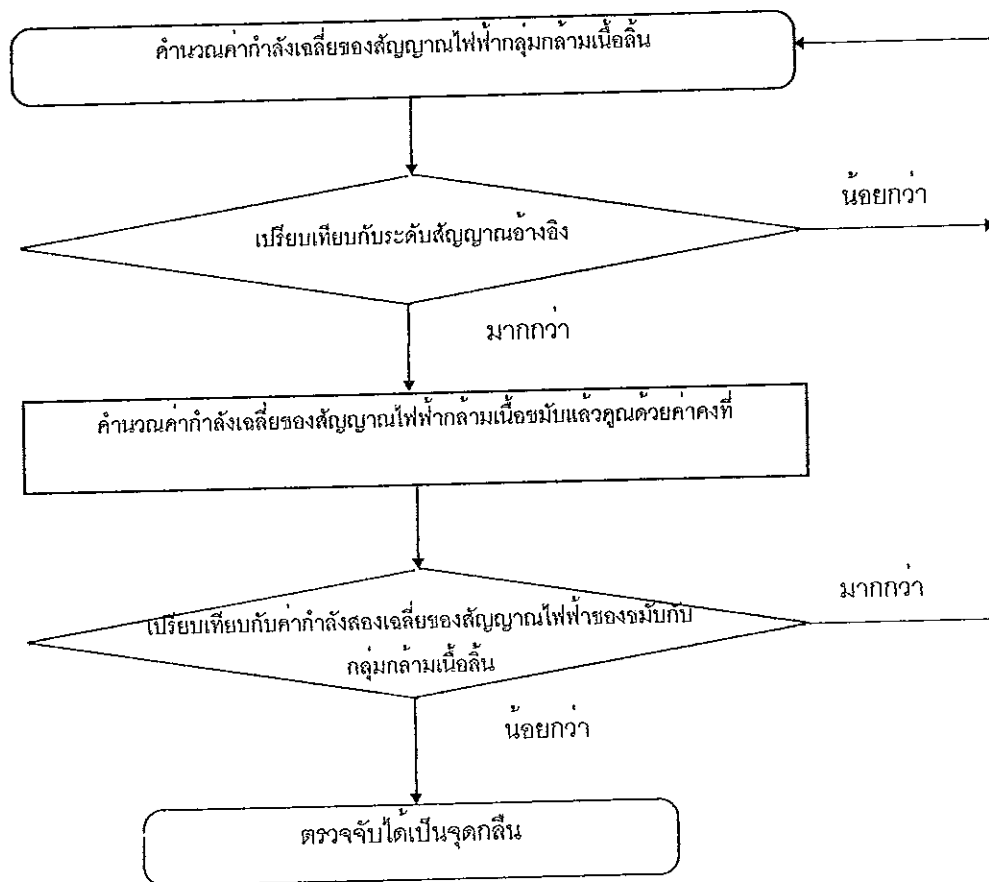
จากผลการทดลองที่ได้กล่าวในบทที่ 3 การทดลองโดยใช้ค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ ให้ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนจากกลุ่มกล้ามเนื้อลั้นที่กิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนได้ดีที่สุดจากวิธีต่างๆที่ได้ทำการทดลองมา แต่จะมีอาสาสมัครบางคน ที่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืนในกิจกรรมการเคี้ยวแล้วกลืนได้ สำหรับอาสาสมัครหนึ่งคนที่นำมาหาระดับสัญญาณกระตุ้นอ้างอิงที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากโอกาสการตรวจจับสัญญาณผิดพลาด และความล่าช้าในการตัดสินใจหลังเกิดการกลืนจริง ซึ่งผลที่ได้ค่าระดับสัญญาณอ้างอิงที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 0.0065 (โวลท์)² ซึ่งจะมีโอกาสตรวจจับผิดพลาดร้อยละ 2.08 ครั้งและตัดสินใจเข้าไป 68.50 มิลลิวินาที สำหรับอาสาสมัครที่ไม่สามารถแยกแยะสัญญาณทั้งสองออกจากกันได้ อาจจะทดลองเพิ่มตำแหน่งในการตรวจจับสัญญาณเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการแยกสัญญาณ โดยจะจับสัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณขมับทั้งซ้ายและขวา ดังภาพประกอบ 3-2 ก เนื่องจากสังเกตว่าขณะที่มีการเคี้ยวบริเวณขมับจะมีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะตามการเคี้ยวและเมื่อกลืนก็จะมีเคลื่อนไหวแตกต่างกันออกไป ดังจะเห็นจากภาพประกอบ 4-

1



ภาพประกอบ 4-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลั้นในรูป A และสัญญาณไฟฟ้าจากขมับในรูป B

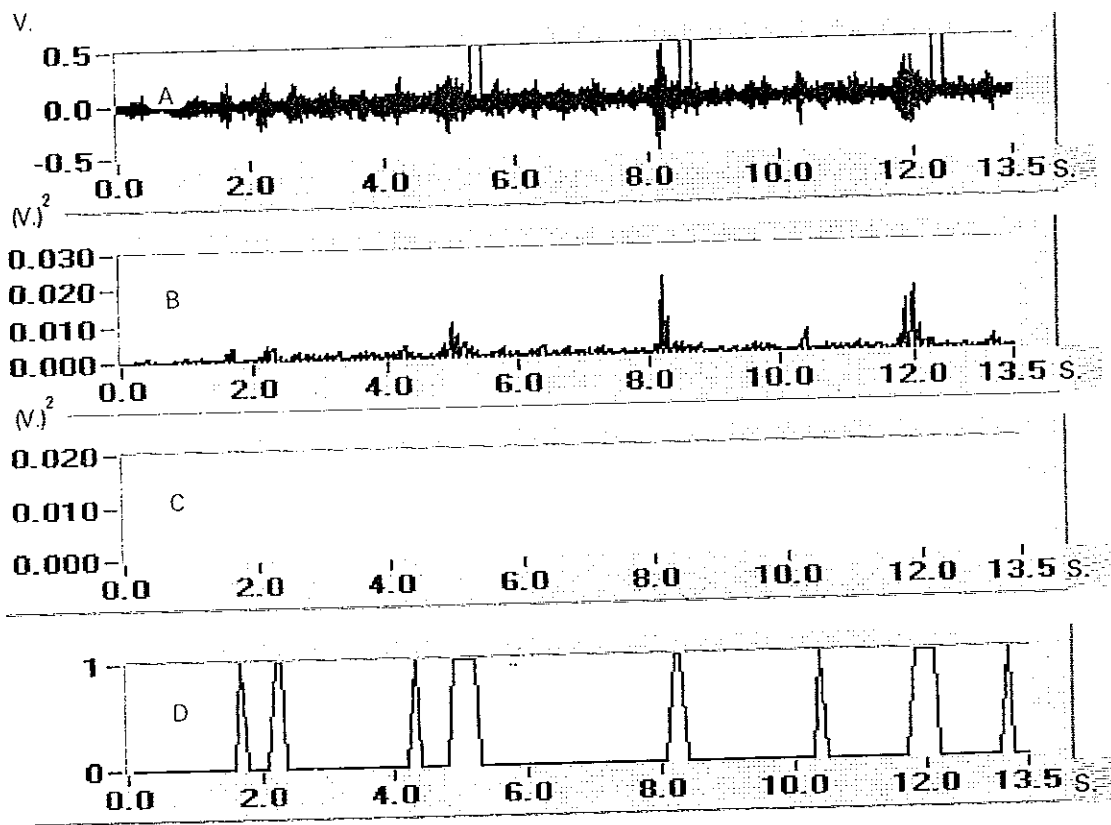
จากการศึกษาในรายละเอียดระหว่างสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อและขมับ จะพบว่าสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ สามารถนำมาใช้บอกตำแหน่งเวลาของการเคี้ยวและการกลืนได้ ดังนั้นเพื่อที่จะให้การคัดเลือกลักษณะเด่นของการกลืนได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงได้นำสัญญาณไฟฟ้าจากขมับมาใช้ในการตัดสินใจด้วย จึงได้ทำการทดลองคำนวณการตัดสินใจหาจุดกลืน โดยใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อและขมับ ซึ่งวิธีการคำนวณมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 4-2



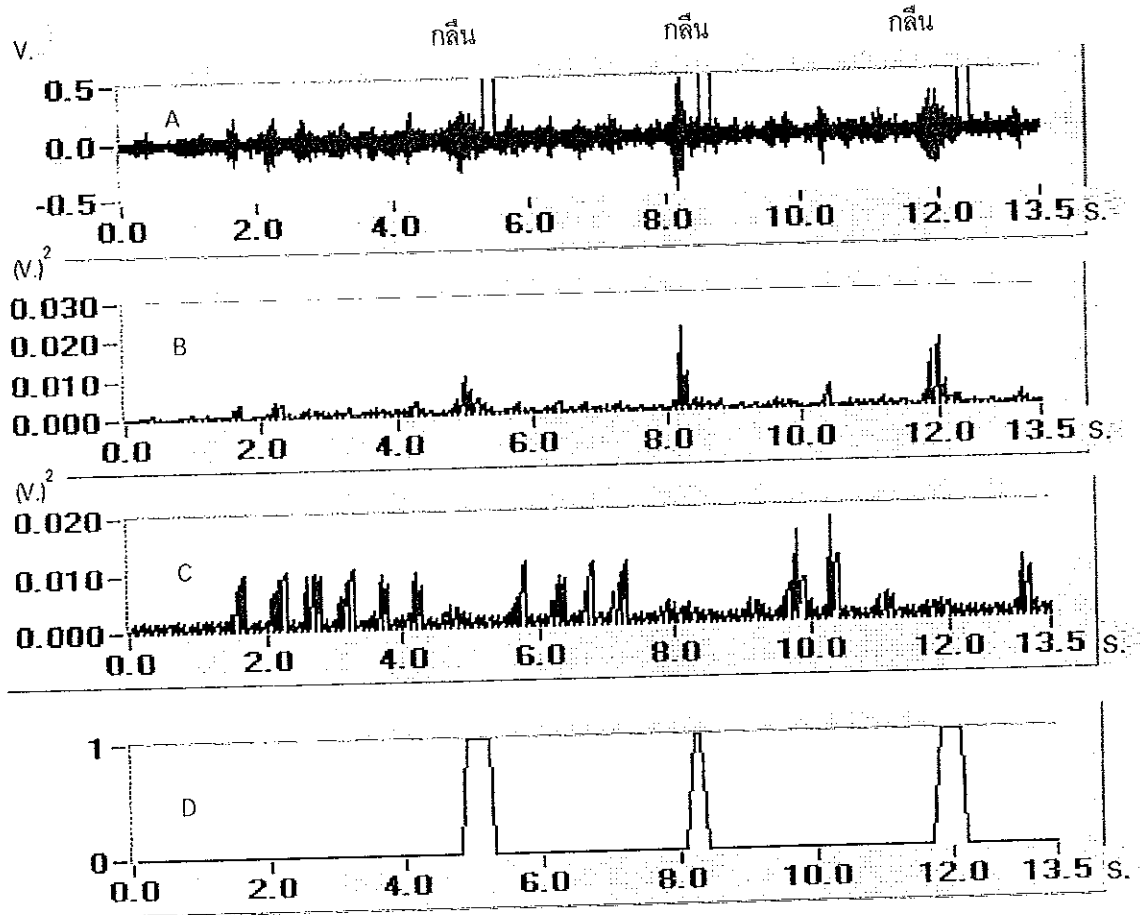
ภาพประกอบ 4-2 แสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณการตัดสินใจจากการใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อและสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ

จากขั้นตอนวิธีดังภาพประกอบ 4-2 จะเป็นขั้นตอนวิธีในการเปรียบเทียบแต่ละครั้งของการคำนวณ ซึ่งจะทำการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อเป็นครั้งๆละ 200 จุด จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้แต่ละครั้งนำมาเปรียบเทียบกับค่าระดับสัญญาณอ้างอิง

อิง ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าระดับสัญญาณอ้างอิงก็ทำการคำนวณในครั้งต่อไป ถ้ามีหากมากกว่าก็ทำการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากขมับแล้วนำมาคูณกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อ ถ้ามีน้อยกว่าก็จะเป็นจุดคลื่น ถ้ามากกว่าก็กลับไปทำการคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อในครั้งต่อไป ซึ่งขั้นตอนวิธีดังกล่าวจะนำมาทดลองกับอาสาสมัคร โดยจะทดลองเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้เฉพาะสัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้ออย่างเดียวและใช้สัญญาณไฟฟ้าจากบริเวณขมับมาช่วยในการตัดสินใจ ภาพประกอบ 4-3 ก และ ข



ภาพประกอบ 4-3 ก แสดงผลจากการใช้สัญญาณไฟฟ้ากลุ่มกล้ามเนื้ออย่างเดียว ซึ่งในหน้าต่าง C จะไม่มีรูปของสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ



ภาพประกอบ 4-3 ข แสดงผลจากการใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นร่วมกับ
สัญญาณไฟฟ้าจากขมับในการตัดสินใจ

จากภาพประกอบ 4-3 ก และ ข ในหน้าต่างที่ A และ B แสดงสัญญาณไฟฟ้าจาก
กลุ่มกล้ามเนื้อลิ้นและค่ากำลังเฉลี่ยตามลำดับ หน้าต่างที่ C แสดงค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ
ไฟฟ้าจากขมับ และหน้าต่างที่ D แสดงผลจากการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลืน จากภาพ
ประกอบ 4-3 ก ในการตรวจจับสัญญาณจะใช้เฉพาะระดับสัญญาณอ้างอิง ซึ่งให้ค่าเท่ากับ
0.0031 (โวลท์)² และได้ผลดังแสดงในหน้าต่างที่ 4 ของภาพประกอบ 4-3 ก จะเห็นว่ามี การตรวจ
จับการกลืนผิดพลาดไป 5 ครั้ง ส่วนในภาพประกอบ 4-3 ข ได้นำเอาสัญญาณไฟฟ้าจากขมับเข้า
มาช่วยในการตัดสินใจ โดยเลือกค่าคงที่ที่จะไปคูณกับค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากขมับ

เท่ากับ 0.0037 (โวลท์)² ในขณะที่ระดับสัญญาณอ้างอิงยังคงเท่ากับ 0.0031 (โวลท์)² จะพบว่า การตรวจจับจุดกลิ้งได้ถูกต้องทั้ง 3 ครั้ง โดยไม่มีการตรวจจับผิดพลาด

จากตาราง 4-1 แสดงผลจากการตรวจจับความผิดพลาดระหว่างการใช้สัญญาณไฟฟ้า จากกลุ่มกล้ามเนื้อเดี่ยวเกี่ยวกับการเพิ่มสัญญาณไฟฟ้าจากขมับมาช่วยตัดสินใจ ซึ่งผลจาก ตาราง 4-1 จะเป็นตัวอย่างของผลการทดลอง

ตาราง 4-1 แสดงผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลิ้งผิดพลาดในช่วงการ เดี่ยวและช่วงการกลิ้ง

การทดลองครั้งที่	ผลการตรวจจับสัญญาณที่บ่งบอกการกลิ้งผิดพลาด (ครั้ง)	
	ใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อเดี่ยว	ใช้สัญญาณไฟฟ้าจากกลุ่มกล้ามเนื้อร่วมกับขมับ
1	8	2
2	5	1
3	5	0
5	4	0
รวม	32	4

ผลที่ได้จากตาราง 4-1 จะเห็นว่าการใช้สัญญาณไฟฟ้าจากขมับมาช่วยในการตัดสินใจ จะช่วยลดการตัดสินใจผิดพลาดลงได้ โดยจะเห็นว่าสามารถลดการตัดสินใจผิดพลาดลงจาก 32 ครั้งเหลือ 4 ครั้ง

แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้เป็นเพียงแนวทางในการพยายามแก้ไขการตรวจจับสัญญาณผิดพลาดให้ลดลง ซึ่งอาจจะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจที่จะนำไปศึกษาต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

- บุญเลิศ ภูเขียวดิตรระกูล. 2538. "เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา ORAL BIOLOGY III".
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- เสน่ห์ ผดุงญาติ. 2523 Modern math for entrance. น.จ.ก.อักษรบัณฑิต.
- Kahrilas, Peter J., Logemann, Jerilyn A. and Gibbons, Patricia. 1992. "Food Intake by Maneuver;An Extreme Compensation for Impaired Swallowing", Dysphagia. 7 (1992), 155-159.
- Hermens, H.J., Boon, K.L. and Zilvold, G. 1984. "The Clinical use of surface EMG(1)", Electromyogr. clin. Neurophysiol. 24 (1984), 243-265.
- Fusfeld, R.D. 1982. "Classification of the electromyogram by a pattern-recognition method", Medical & Biological Engineering & Computing. 20 (July 1982), 496-500.
- Embree, Paul M., Kimble, Bruce. 1991. C language algorithms for digital signal processing. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.,Englewood Cliffs.
- Derenzo, Stephen E. 1990. Interfacing. New Jersey : Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Hrycyszyn, Alan W. and Basmajian, John V. 1972. "Elec-tromyography of the Oral Stage of Swallowing in Man", Am. J. Anat. 133 (1972), 333-340.
- Wastell, D.D., et al. 1988. "Spectral analysis of the electromyogram: a microcomputer system use in the clinic and laboratory", J. Dent. 16 (1988), 17-19.
- Shanmugan, K. Sam. 1988. Ramdom Signals. John Wiley & Sams.

Cunningham, E.T. , et al. 1991. Anatomical and Physiological Overview. New York : Springer-Verlag.

Yuen, S.W.H., Hwang, J.C.C. and Poon, P.W.F. 1989. "EMG Power Spectrum Patterns of Anterior Temporal and Masseter Muscles in Children and Adults", J.Dent. Res. 68 (May 1989), 800-804

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายเฉลิมชัย แซ่ลิ้ม

วัน เดือน ปีเกิด 24 พฤษภาคม 2513

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2534