ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

นายธนพร โสวิทยสกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมบดเคี้ยวและความเจ็บปวดช่องปากและใบหน้า ภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยว
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF SENSORY HARDNESS AND TOUGHNESS EVALUATION AND ELECTROMYOGRAPHY PARAMETERS OF SOME THAI FOODS

Mr. Thanaporn Sowithayasakul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Occlusion and Orofacial Pain
Department of Occlusion
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
โดย	นายธนพร โสวิทยสกุล
สาขาวิชา	ทันตกรรมบดเคี้ยวและความเจ็บปวดช่องปากและใบหน้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ สุพรศิลป์ชัย

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุชิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง สุปราณี วิเชียรเนตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ สุพรศิลป์ชัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. จรินทร์ ปภังกรกิจ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธนพร โสวิทยสกุล : ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF SENSORY HARDNESS AND TOUGHNESS EVALUATION AND ELECTROMYOGRAPHY PARAMETERS OF SOME THAI FOODS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. วีระ สุพรศิลป์ชัย, 93 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกโดยใช้แบบสอบถามเทียบกับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกลุ่มตัวอย่างเพศชายและหญิง อายุ 18-25 ปีของประเทศไทยที่สุขภาพดี ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหาร จำนวน 32 คน อาหารไทยที่มีความแข็งเหนียวแตกต่างกัน 5 ชนิด จะถูกทดสอบค่าแรงกดอาหารด้วยเครื่องทดสอบแรงกด แล้วหลังจากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างประเมินระดับความแข็งเหนียวของอาหารเหล่านี้ด้วยแบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตา (วีเอเอส) เทียบกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยว ผลการศึกษาพบว่าทั้งคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยวทุกๆ พารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน อยู่ระหว่าง 0.224-0.384) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างค่าแรงกดและคะแนนความแข็งของอาหารจากแบบสอบถาม (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันมีค่าเท่ากับ 0.750) โดยสรุปแล้วผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบอาหารด้วยแบบสอบถามกับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในระดับต่ำถึงปานกลาง อาจเนื่องมาจากกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีการปรับตัวที่ดีต่อความแข็งเหนียวของอาหาร การใช้แบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตาในการประเมินระดับความแข็งเหนียวของอาหาร จึงบ่งบอกถึงการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ในระดับหนึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา ทันตกรรมบดเคี้ยว ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ทันตกรรมบดเคี้ยวและความเจ็บปวดในช่องปากและใบหน้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5775808232 : MAJOR OCCLUSION AND OROFACIAL PAIN
KEYWORDS: ELECTROMYOGRAPHY PARAMETERS / FOODS / HARDNESS / TOUGHNESS / VISUAL ANALOG SCALE

THANAPORN SOWITHAYASAKUL: THE RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF SENSORY HARDNESS AND TOUGHNESS EVALUATION AND ELECTROMYOGRAPHY PARAMETERS OF SOME THAI FOODS. ADVISOR: ASST. PROF. WEERA SUPRONSINCHAI, Ph.D., 93 pp.

The main purpose of this study is to investigate the relationship between the level of hardness or toughness evaluation and electromyography parameters of some Thai foods in 32 young healthy Thai subjects between 18-25 years old without masticatory problems. Five Thai foods with different level of hardness and toughness were tested for compressive force by compression testing machine and afterward were tested for those levels by using visual analog scale (VAS) questionnaire and electromyography. The result showed that the scores of each parameter obtained from VAS were significantly correlated with those obtained by electromyography ($p < 0.05$, and $r = 0.224 - 0.384$). Furthermore, we found a strong correlation between compressive force value and hardness score of the tested food ($p < 0.05$, and $r = 0.750$). A weak to moderate correlation between the questionnaire and electromyography which may be due to the adaptability of masticatory muscles to the hardness and toughness of the food. Therefore, the evaluation of hardness and toughness level of food using a VAS questionnaire could partly reflect the functions of masticatory muscles.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Occlusion	Student's Signature	.....
Field of Study:	Occlusion and Orofacial Pain	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง พนมพร วานิชชานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ สุพรศิลป์ชัย และรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. จรินทร์ ปภังกรกิจ เป็นอย่างสูง ที่กรุณาชี้แนะแนวทาง รวมถึงให้คำแนะนำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง สุปราณี วิเชียรเนตร ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยวและภาควิชาสรีรวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณนิสิตทันตแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่สละเวลามาเข้าร่วมงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง จนเสร็จสิ้นงานวิจัย

ขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคนในครอบครัว และขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้คำปรึกษา ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา รวมถึงขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมด ณ ที่นี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ ..... ฎ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ
สารบัญตาราง ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.3.1 ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 4
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ 4
1.3.3 ขอบเขตเนื้อหา 4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 4
1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 5
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.8 กรอบความคิดในการวิจัย 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 แนวคิดและทฤษฎี 9
2.1.1 เท็มโพโรแมนดิบิวลาร์ดิสออเดอร์หรือทีเอ็มดี (temporomandibular disorders; TMD) 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.1.1.1 ความผิดปรกติของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (masticatory muscle disorders)..... 9
2.1.1.2 ความผิดปรกติของข้อต่อขากรรไกร (temporomandibular joint disorders) 11
2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างทีเอ็มดีและการบดเคี้ยวอาหารของผู้ป่วย..... 12
2.1.3 การบดเคี้ยว (mastication) 13
2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการบดเคี้ยว 13
2.1.4.1 การสบฟัน 13
2.1.4.2 ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ..... 14
2.1.4.3 ตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ (periodontal mechanoreceptor).... 14
2.1.4.4 ความเจ็บปวด..... 14
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16
2.2.1 การศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyographic assessment)..... 16
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 17
2.2.2.1 ปัจจัยทางชีวภาพ 17
2.2.2.2 ปัจจัยทางด้านเทคนิคที่ใช้..... 19
2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยทีเอ็มดีและการเคี้ยวอาหารแข็ง..... 20
2.2.4 การศึกษาความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ..... 21
2.2.4.1 ความเหนียวของอาหาร 21
2.2.4.2 ความแข็งของอาหาร 21
2.2.5 ค่าพารามิเตอร์จากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่นำมาใช้ประเมินคุณลักษณะของอาหาร 22
2.2.6 แบบสอบถามเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดี 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.7 การทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด 25
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 27
3.1 รูปแบบการวิจัย 27
3.2 ประชากร 27
3.3 กลุ่มตัวอย่าง 27
3.3.1 การเลือกตัวอย่าง 27
3.3.2 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 28
3.3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกตัวอย่าง 29
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 29
3.4.1 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร 29
3.4.2 อาหาร 30
3.4.3 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography) 31
3.4.4 เครื่องทดสอบแรงกด (compressive force) 34
3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 34
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 37
3.6.1 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 1 37
3.6.2 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 2 37
3.6.3 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 38
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 39
3.7.1 การวัดความเชื่อถือได้ 39
3.7.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 40
3.7.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี 40
3.8 ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 44
4.1 การวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวิจัยด้วยเทคนิคการวัดซ้ำ (test-retest technique) 44
4.1.1 ความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหาร 44
4.1.2 ความน่าเชื่อถือของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 44
4.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 46
4.2.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ได้จากแบบสอบถาม 46
4.2.2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด 49
4.2.3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงกด 59
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี 62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 66
5.1 สรุปผลการวิจัย 66
5.1.1 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลวิจัย 66
5.1.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 66
5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี 68
5.2 อภิปรายผล 69
5.2.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแต่ละวิธี 69
5.2.2 ความสัมพันธ์ของการทดสอบอาหารทั้งสามวิธี 71
5.3 ข้อเสนอแนะ 75
รายการอ้างอิง 76
ภาคผนวก 87
ภาคผนวก ก แบบสอบถามคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย 88
ภาคผนวก ข แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ค ตารางบันทึกค่าตัวแปรที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 91

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 6

ภาพที่ 2 แสดงกราฟการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสทั้งสองด้าน เมื่อมีการบดเคี้ยวอาหาร 16

ภาพที่ 3 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ประเมินคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 23

ภาพที่ 4 แสดงมาตรวัดความแข็งเหนียวของอาหารด้วยสายตา 30

ภาพที่ 5 แสดงพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากซอฟต์แวร์ของ LabChart® 33

ภาพที่ 6 แสดงแนวโน้มค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้ง 3 วิธี 61

ภาพที่ 7 แสดงแนวโน้มคะแนนความเหนียวของอาหาร เมื่อแทนค่าคะแนนความเหนียวของถั่วลิสงอบเกลือ ด้วยคะแนนความแข็งของถั่วลิสงอบเกลือ (เส้นประสีแดง) เทียบกับแนวโน้มค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 2 มัด 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1แสดงกรอบแนวคิดในการทำวิจัย..... 7
แผนภูมิที่ 2 แสดงลำดับชนิดของอาหารที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง..... 35
แผนภูมิที่ 3 แสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย..... 36
แผนภูมิที่ 4 แสดงคู่ของตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความสัมพันธ์..... 41
แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิดที่ได้จาก
แบบสอบถาม..... 47
แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที..... 50
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์..... 52
แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์..... 54
แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวทั้งสองมัด..... 56
แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยร้อยละ..... 58
แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารหรือความเค้นของเนื้ออาหาร ในหน่วยเมกาปาสคาล..... 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บจากเครื่องทดสอบค่าแรงกดของอาหาร 37

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บจากแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร 37

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่ประมวลผลจากซอฟต์แวร์ของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 38

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ 39

ตารางที่ 5 แสดงความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหาร 44

ตารางที่ 6 แสดงค่าความน่าเชื่อถือของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ 45

ตารางที่ 7 แสดงค่าความน่าเชื่อถือของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิส 45

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิดที่ได้จากแบบสอบถาม 46

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที 49

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์ 51

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์ 53

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที 55

ตารางที่ 13 แสดงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยร้อยละ 57

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารหรือความเค้นของเนื้ออาหาร ในหน่วยเมกาปาสคาล 59

ตารางที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์แต่ละพารามิเตอร์ 62

ตารางที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสแต่ละพารามิเตอร์ 63

ตารางที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม 64

ตารางที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์แต่ละพารามิเตอร์ 65

ตารางที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสแต่ละพารามิเตอร์..... 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำงานของระบบบดเคี้ยวที่ดี คือ ต้องไม่มีความเจ็บปวดบริเวณกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ข้อต่อขากรรไกร หรืออวัยวะที่เกี่ยวข้อง ทั้งในขณะพัก ขณะทำหน้าที่บดเคี้ยว และขณะใช้งานอื่นๆ (1-3) แต่ในผู้ป่วยเท็มโพโรแมนดิบิวลาร์ดิสออเดอร์หรือทีเอ็มดี (temporomandibular disorders; TMD) มักมีอาการความเจ็บปวดเกิดขึ้นบริเวณข้อต่อขากรรไกรและ/หรือกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (4-6)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ป่วยทีเอ็มดีเคี้ยวอาหารช้าลง ไม่ค่อยมีแรงบดเคี้ยว (muscle weakness) (7) อ้าปากได้น้อยลงขณะบดเคี้ยว (3) และกล้ามเนื้อบดเคี้ยวสองด้านทำงานไม่สมดุลกันขณะกัดเน้นฟันเมื่อบันทึกด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography) (8, 9) โดยพบว่าในผู้ป่วยทีเอ็มดีกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ (masseter muscle) และกล้ามเนื้อเทมโพราลิส (temporalis muscle) ด้านที่ปวดจะทำงานน้อยกว่าด้านที่ไม่ปวด ทั้งนี้การลดการทำงานของกล้ามเนื้อน่าจะเป็นกลไกป้องกันตนเองของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากร่างกายมีการรับรู้ความปวด (nociceptive input) (9, 10) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมานี้ทำให้ผู้ป่วยทีเอ็มดีมีความยากลำบากในการบดเคี้ยวอาหารมากกว่าคนปรกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีความแข็ง (3, 7, 11) ดังนั้นการศึกษาระดับความแข็งเหนียวของอาหารจึงมีความสำคัญทั้งในด้านของการนำมาใช้ให้ความรู้ให้คำแนะนำ และประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวอาหารของผู้ป่วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การศึกษาระดับความแข็งเหนียวของอาหารด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยประเมินจากการทำงานของกล้ามเนื้อขณะบดเคี้ยวอาหาร พบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งเหนียวมากขึ้น ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (muscle work) และค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG) จะมีค่าเพิ่มขึ้น (12-17) หากประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและทดสอบการแตกของชิ้นอาหารจากแรงกด (breaking examination) เปรียบเทียบกับการประเมินคุณลักษณะอาหารโดยใช้ความรู้สึก (sensory evaluation) ซึ่งประกอบด้วยความแข็งของอาหาร (hardness) ความเหนียวของอาหาร (toughness) การเกาะติดของเนื้ออาหาร (cohesiveness) และการเกาะติดเนื้อฟันของชิ้นอาหาร (adhesiveness) พบว่าการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถอธิบายคุณลักษณะของอาหารได้ดีกว่าการทดสอบการแตกของชิ้นอาหาร เนื่องจากการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับทุกคุณลักษณะของอาหาร แต่การทดสอบการแตกของชิ้นอาหารมีความสัมพันธ์เพียงบางคุณลักษณะ

ของอาหารเท่านั้น นอกจากนี้การทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อยังมีความซับซ้อนน้อยกว่า ในขณะที่การทดสอบการแตกของชิ้นอาหารต้องใช้อุปกรณ์ในการทดสอบที่ต่างจากการบดเคี้ยวจริง จึงอาจอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของอาหารกับการบดเคี้ยวของมนุษย์ได้ไม่ดีนัก (12, 14) อีกทั้งการทดสอบการแตกของอาหารมักต้องเตรียมอาหารให้มีลักษณะเป็นรูปทรง เช่น ทรงลูกบาศก์ เป็นต้น ทำให้ยากต่อการทดสอบอาหารบางชนิดที่มีความบาง เช่น ใบผัก (leaf vegetable) มันฝรั่งทอดแผ่นบาง (potato chip) เป็นต้น (14) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดสอบการแตกของชิ้นอาหาร ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเครื่องมือหลักสำหรับศึกษาความแข็งเหนียวของอาหาร

การใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อช่วยให้ทราบถึงการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะบดเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด แต่เนื่องด้วยการศึกษาของ Paphangkorakit และคณะ (18) พบว่างานรวมของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (sum of muscle work) มีความสัมพันธ์กับค่าสมรรถนะการบดเคี้ยว (masticatory performance) ของแต่ละบุคคล โดยพบว่างานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะเคี้ยวอาหารเพิ่มขึ้นตามค่าสมรรถนะการบดเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort) ไม่แปรผันไปตามค่าสมรรถนะการบดเคี้ยว จึงอาจทำให้ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อนี้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างบุคคลได้ดีกว่า ซึ่งการคำนวณค่าความพยายามของกล้ามเนื้อทำได้โดยนำค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะบดเคี้ยวอาหารจริงเทียบกับค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (maximum muscle work) ที่มีโอกาสเป็นไปได้ในการเคี้ยวครั้งนั้นๆ (หน่วยร้อยละ) (18, 19)

ดังนั้นในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงประสงค์ที่จะใช้ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าการทำงานและค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นขณะบดเคี้ยวอาหาร ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่การศึกษาส่วนใหญ่เลือกใช้ (12-16, 20) นอกจากนี้ยังนำค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew) และค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude) ของคลื่นไฟฟ้า (12, 17, 21) เข้ามาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อประเมินว่าพารามิเตอร์ใดมีความสัมพันธ์กับระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยที่ได้จากแบบสอบถามความรู้สึกมากกว่ากัน

ในแง่ระดับความแข็งเหนียวอาหารไทย จิตติมาและคณะ (22) ได้พัฒนาแบบสอบถามการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดีไว้ โดยแบบสอบถามนี้ใช้ประเมินความสามารถในการบดเคี้ยวอาหารที่มีระดับความแข็งเหนียวต่างๆ กัน ซึ่งระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยในแบบสอบถามนั้นได้มาจากการสำรวจความคิดเห็นของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยแบ่งระดับความแข็งเหนียวเป็น 4 ระดับ คือ ไม่มีความเหนียวหรือความแข็ง มีความเหนียวหรือความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แข็งเล็กน้อย มีความเหนียวหรือความแข็งปานกลาง และมีความเหนียวหรือความแข็งมาก ทำให้ข้อมูลมีลักษณะเป็นสเกลอันดับ (ordinal scale) ยังขาดความละเอียดในการประเมิน แต่ผู้วิจัยคาดว่าหากใช้มาตรวัดด้วยสายตาหรือวีเอเอส (visual analog scale; VAS) (23) ซึ่งเป็นสเกลแบบช่วง (interval scale) แทนการประเมินแบบเดิม ข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดมากกว่า สามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติได้ดีกว่า นอกจากนี้แบบสอบถามนี้ยังขาดการทดสอบว่าระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยนั้นส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างไร ดังนั้นหากผู้วิจัยศึกษาข้อมูลในส่วนนี้ด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มเติม และนำข้อมูลที่ได้มาใช้พัฒนาแบบสอบถาม ก็จะทำให้แบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยจะนำมาใช้เป็นองค์ความรู้ในการบ่งบอกระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว และสามารถนำมาใช้แนะนำผู้ป่วยหรือใช้พัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยว เพื่อติดตามอาการของผู้ป่วยทีเอ็มดี รวมถึงผู้ป่วยอื่นๆ ที่มีความผิดปรกติในการบดเคี้ยวต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกโดยใช้แบบสอบถามเทียบกับค่าพารามิเตอร์ (parameter) ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนทั่วไปที่ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์รอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากแบบสอบถามและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนทั่วไปที่ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการศึกษา คือ ประชากรเพศชายและหญิงทั่วไป ช่วงอายุ 18-25 ปี ที่มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยว และอาศัยอยู่ในประเทศไทย โดยเหตุผลที่เลือกประชากรในช่วงอายุนี้ เนื่องจากในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถลดลงได้ตามอายุของกลุ่มตัวอย่างที่เพิ่มมากขึ้น (24, 25) ดังนั้นเพื่อให้ค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้ามีความชัดเจนมากที่สุดผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาในประชากรกลุ่มนี้ และนอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุอยู่ในช่วง 18-25 ปี มีความชุกของอาการแสดงหรืออาการทีเอ็มดีได้มากกว่าร้อยละ 40 อีกด้วย (26-28)

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษา คือ นิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะเป็นตัวแทนประชากรเพศชายและหญิง ช่วงอายุ 18-25 ปี ของประเทศไทยได้ กลุ่มตัวอย่างของการศึกษาจะต้องมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ตามรายละเอียดหัวข้อ 3.3.3

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่

ผู้วิจัยทำการศึกษา ทดสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลภายในคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.3 ขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาวิจัยนี้มุ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกโดยใช้แบบสอบถาม และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะบดเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งเหนียวต่างๆ กัน การศึกษานี้ทดสอบในอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยช่วงอายุ 18-25 ปีที่มีสุขภาพดี และไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยว

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมุ่งหวังเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทย ซึ่งจะประเมินในแง่ของผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวเป็นหลัก โดยชนิดของอาหารไทยที่ใช้ทดสอบพิจารณาเลือกมาจากแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดีของจิตติมาและคณะ (22) อาหารแต่ละชนิดจะเลือกซื้อมาจากร้านสะดวกซื้อและต้องเป็นอาหารที่ถูกเตรียมมาจากที่เดียวกัน

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. เนื่องด้วยอาหารไทยชนิดเดียวกันในแต่ละพื้นที่อาจมีความแตกต่างกันในด้านการปรุงและส่วนประกอบที่ใช้ ซึ่งส่งผลทำให้อาหารไทยชนิดเดียวกันในแต่ละพื้นที่อาจมีความแข็งเหนียวที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกอาหารที่มีจำหน่ายตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป โดยอาหารอยู่ในรูปแบบสำเร็จรูป และผลิตมาจากสถานที่เดียวกัน เพื่อลดความแตกต่างของอาหารให้น้อยที่สุด

2. การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาในกลุ่มคนทั่วไปช่วงอายุ 18-25 ปีที่ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยวเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนของประชากรช่วงวัยอื่นๆ และประชากรที่มีปัญหาในการบดเคี้ยวของประเทศไทยได้

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

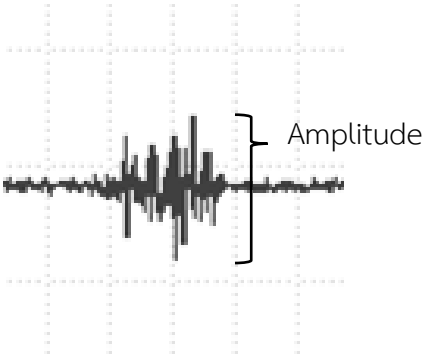
ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work): เป็นค่าที่คำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวม (integral electromyography curve; IEMG curve) ที่เกิดขึ้นในการเคี้ยวแต่ละครั้ง โดยคำนวณรวมตั้งแต่เริ่มบดเคี้ยวอาหารครั้งแรกจนถึงบดเคี้ยวครั้งสุดท้ายหรือจนถึงจำนวนวงเคี้ยวที่กำหนด มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์คูณวินาที (millivolt.second; mV.s) (12, 14, 15, 17, 18, 29, 30)

ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew): คำนวณได้จากการรวมค่าการทำงานของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคี้ยวที่สนใจศึกษา และหารด้วยจำนวนวงเคี้ยวที่เกิดขึ้น มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์คูณวินาที (12, 17, 21)

ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG): เป็นค่าแอมพลิจูดสูงสุด (maximum amplitude) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นระหว่างบดเคี้ยวอาหาร เริ่มประเมินตั้งแต่บดเคี้ยวครั้งแรกจนถึงบดเคี้ยวครั้งสุดท้ายหรือจนถึงจำนวนวงเคี้ยวที่กำหนด มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์ (millivolt; mV) (14, 29-32) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าแอมพลิจูดสูงสุดนี้มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่าแรงกัด (bite force) ในหน่วยนิวตัน (newton; N) (33, 34)

ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude): เป็นค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละมัดที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการเคี้ยวที่สนใจศึกษา มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (21)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 1 แสดงแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort): เป็นค่าที่คำนวณจากนำค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมาเทียบกับค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่มีโอกาสเป็นไปได้ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) (18) รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 3.4.3.3.2

ค่าความแข็งเหนียวของอาหาร: การประเมินความแข็งเหนียวของอาหารนั้นๆ ด้วยความรู้สึกของอาสาสมัครแต่ละคน โดยค่าความแข็งเหนียวของอาหารประกอบด้วย 2 คุณลักษณะรวมกัน ได้แก่ ค่าความแข็งของอาหาร (hardness) และค่าความเหนียวของอาหาร (toughness) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าทั้งสองคุณลักษณะนี้ มีความสัมพันธ์กับค่าการทำงาน และค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน (14)

แบบสอบถามประเมินความแข็งเหนียวของอาหารไทย: แบบสอบถามเพื่อการประเมินความแข็งและความเหนียวของอาหารไทย โดยใช้มาตรวัดด้วยสายตาที่มีความยาว 100 มิลลิเมตร (23)

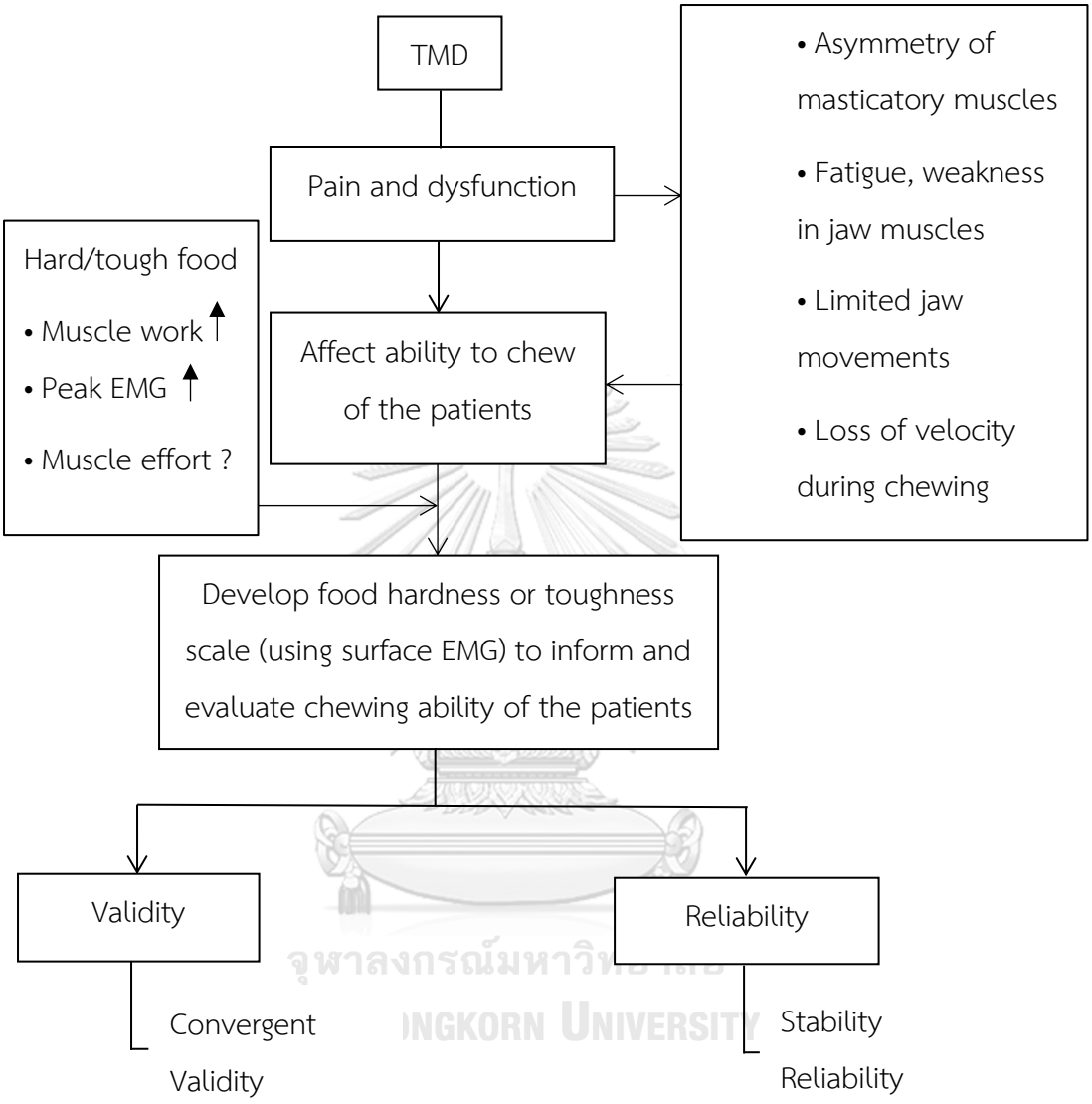
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความสัมพันธ์ของระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว และนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ในการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทย เพื่อนำไปใช้ในการแนะนำผู้ป่วยที่มีความผิดปรกติในการบดเคี้ยว

2. เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปประกอบการพัฒนาแบบสอบถามการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดีที่มีอยู่เดิมให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

1.8 กรอบความคิดในการวิจัย



แผนภูมิที่ 1แสดงกรอบแนวคิดในการทำวิจัย

ผู้ป่วยทีเอ็มดีมักมีความเจ็บปวดเกิดขึ้นบริเวณข้อต่อขากรรไกรหรือกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (4-6, 35) โดยพบว่าผู้ป่วยเคลื่อนขากรรไกรช้าลงและได้ระยะทางที่น้อยลง มีอาการกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอ่อนแรง (3, 7) ทำให้ไม่สามารถเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งได้ดีเท่าเมื่อไม่มีอาการปวด (3, 7, 11) ดังนั้นองค์ความรู้เกี่ยวกับระดับความแข็งเหนียวของอาหารจึงมีความสำคัญต่อผู้ป่วยในกลุ่มนี้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในระหว่างบดเคี้ยวอาหาร ถูกกระตุ้นให้เกิดการทำงานปรับเปลี่ยนไปตามขนาดและระดับความแข็งเหนียวของอาหารที่อยู่ภายในช่องปาก (36) จาก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งเหนียวของอาหารและการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพบว่า เมื่ออาหารมีความแข็งเหนียวมากขึ้นกล้ามเนื้อบดเคี้ยวก็จะทำงานมากขึ้น (12, 15, 21, 30, 37) นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับการประเมินความแข็งเหนียวของอาหารด้วยวิธีอื่นๆ ได้แก่ การประเมินคุณลักษณะของอาหารโดยใช้ความรู้สึก และการทดสอบการแตกของชิ้นอาหาร (14)

ในส่วนของอาหารไทย จิตติมาและคณะ (22) ได้พัฒนาแบบสอบถามการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดีไว้ โดยในแบบสอบถามประกอบไปด้วยอาหารไทยที่มีระดับความแข็งเหนียวต่างๆ กันออกไปตามความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง แต่ยังขาดการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยและการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวระหว่างบดเคี้ยวอาหารที่ระดับความแข็งเหนียวต่างๆ กัน ด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มเติม และวิเคราะห์ว่าข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีอื่นๆ ที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด (compressive force) มากน้อยเพียงใด (convergent validity) และการทดสอบนี้ให้ผลที่มีความคงที่และมีความสม่ำเสมอหรือไม่ (stability reliability) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทย และนำไปใช้แนะนำให้กับผู้ป่วยทีเอ็มดีหรือผู้ป่วยที่มีความผิดปรกติในการบดเคี้ยวอาหาร รวมถึงนำไปใช้พัฒนาแบบสอบถามที่มีอยู่เดิมให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 เท็มโพโรแมนดิบิวลาร์ดิสออเดอร์หรือทีเอ็มดี (temporomandibular disorders; TMD)

ทีเอ็มดีเป็นคำที่ใช้เรียกกลุ่มอาการผิดปรกติที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ข้อต่อขากรรไกร รวมถึงโครงสร้างบริเวณช่องปากและใบหน้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (38) ทีเอ็มดีเป็นสาเหตุหลักของความเจ็บปวดที่เกิดบริเวณใบหน้าและช่องปากที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากฟัน โดยส่วนใหญ่มักมีอาการเจ็บปวดและมีความผิดปรกติในการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยว ซึ่งสาเหตุของอาการผิดปรกติดังกล่าวนี้แบ่งออกได้เป็นสองส่วนหลักๆ คือ เหตุจากความผิดปรกติของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวและเหตุจากความผิดปรกติของข้อต่อขากรรไกร (6, 35) ดังจะกล่าวต่อไป

2.1.1.1 ความผิดปรกติของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (masticatory muscle disorders)

ลักษณะอาการทางคลินิก

ผู้ป่วยที่มีความผิดปรกติของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมักมาด้วยปัญหาความปวด โดยมีลักษณะอาการปวดตื้อ (dull pain), ปวดร้าว (ache) หรือมีการกดเจ็บ (tenderness) เกิดขึ้นที่บริเวณกล้ามเนื้อ รวมถึงมีจุดกระตุ้นให้เกิดความปวดต่างที่ (referred pain) เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ยังอาจพบอาการล้า (fatigue) หรือตึง (tightness) ของกล้ามเนื้อร่วมด้วย ความรุนแรงของอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นสัมพันธ์โดยตรงกับการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวของผู้ป่วย โดยผู้ป่วยในกลุ่มนี้มักรายงานว่าความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการอ้าปาก การบดเคี้ยวอาหาร และการพูด (6, 35) กล่าวคือในผู้ป่วยที่มีความผิดปรกติของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว เมื่อมีการหดหรือยืดตัวของกล้ามเนื้อจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีความเจ็บปวดเพิ่มมากขึ้น (39) ดังนั้นผู้ป่วยจึงจำกัดการเคลื่อนที่ของขากรรไกรให้อยู่ในระยะที่ไม่ส่งผลให้เกิดอาการปวด หรือการจำกัดการเคลื่อนที่นี้อาจมีสาเหตุมาจากสภาวะเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเพื่อป้องกันตนเองจากการบาดเจ็บ (protective co-contraction) และหากมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่ควบคุมตำแหน่งของขากรรไกรอย่างกะทันหัน อาจทำให้เกิดความผิดปรกติของการสบฟันแบบเฉียบพลัน (acute malocclusion) ได้ (35)

นอกจากนี้การเกิดพังผืด (fibrosis) ที่กล้ามเนื้อ ที่มีสาเหตุมาจากการได้รับรังสีรักษา (radiation therapy) การได้รับบาดเจ็บ (trauma) หรือการติดเชื้อ ซึ่งมักไม่มีอาการเจ็บปวดร่วมด้วย ส่งผลจำกัดการเคลื่อนที่ของขากรรไกรได้เช่นกัน (6)

สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการ

อาการเจ็บปวดในกล้ามเนื้อยังไม่ทราบกลไกการเกิดที่ชัดเจน สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ โดยส่วนใหญ่พบว่ามีสาเหตุจากการใช้งานมากเกินไปหรือการขาดเลือด (6, 35) การศึกษาของ Mense (39) กล่าวว่าความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากหลอดเลือดที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและมีของเสียที่เกิดจากกระบวนการสันดาปของร่างกายคั่งอยู่ภายในเนื้อเยื่อ โดยเมื่อมีการขาดเลือดเกิดขึ้นจะมีสารที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวด เช่น แบรดีไคนิน (bradykinins), โพรสตาแกลนดิน (prostaglandins) เป็นต้น หลั่งออกมาในบริเวณที่ขาดเลือด ทำให้เกิดความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขึ้น และสารต่างๆ เหล่านี้ยังสามารถกระตุ้นให้ตัวรับความรู้สึกส่วนปลาย (peripheral nociceptor) ตอบสนองไวมากขึ้น และอาจส่งผลให้ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) อยู่ในสภาวะถูกกระตุ้นมากเกินไป เกิดเป็นภาวะรู้สึกเจ็บมากกว่าปรกติ (hyperalgesia) หรือเกิดอาการปวดเมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นที่ปรกติไม่ทำให้เกิดความปวด (allodynia) ได้ (6, 39)

นอกจากนี้ยังเชื่อว่าอาการปวดเกิดขึ้นมาจากการส่งสัญญาณย้อนกลับโดยระบบประสาทส่วนกลาง มากระตุ้นให้เกิดการหลั่งสารอักเสบขึ้นที่ตัวรับความรู้สึกส่วนปลาย และทำให้เกิดการอักเสบของระบบประสาทส่วนปลายขึ้น (neurogenic inflammation) ซึ่งหากระบบประสาทส่วนปลายดังกล่าวมาเลี้ยงที่กล้ามเนื้อจะทำให้เกิดอาการเจ็บปวดได้ โดยความเจ็บปวดที่มาจากระบบประสาทส่วนกลางมีความซับซ้อนในการรักษามากกว่า เนื่องจากอาการปวดมักไม่สัมพันธ์กับพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น (28, 35)

กลไกการส่งสัญญาณย้อนกลับของระบบประสาทส่วนกลางถูกกระตุ้นได้โดยการมีความเจ็บปวดลึก (deep pain) มีการเปลี่ยนแปลงการรับสัญญาณที่ระบบประสาทส่วนปลาย หรือการที่ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) อยู่ในสภาวะทำงานมากเกินไป เช่น ในสภาวะที่มีอารมณ์ความเครียด เป็นต้น สิ่งกระตุ้นเหล่านี้หากคงอยู่เป็นระยะเวลานาน สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่ระบบประสาทส่วนกลางได้ (28, 39, 40)

ในส่วนของความเครียดสามารถทำให้เกิดการกระตุ้นที่ระบบแกนเอชพีเอ (hypothalamic-pituitary-adrenal axis; HPA axis) ส่งผลเพิ่มการทำงานของเส้นประสาทนำออกแกมมา (gamma efferent) ที่มาเลี้ยงบริเวณกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ทำให้กล้ามเนื้อบดเคี้ยวตอบสนองไว

ต่อสิ่งกระตุ้นมากยิ่งขึ้น ซึ่งการตอบสนองนี้ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวและมีโทนของกล้ามเนื้อ (muscle tone) เพิ่มมากขึ้นกว่าในสภาวะปรกติได้ นอกจากนี้ความเครียดยังส่งผลกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nervous system) ทำให้เกิดการเพิ่มโทนของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้เช่นกัน ลักษณะทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ส่งผลให้กล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีความตึงมากขึ้น และเป็นเหตุให้เกิดอาการความผิดปรกติของกล้ามเนื้อที่พบในผู้ป่วยทีเอ็มดีได้ (28, 40)

.

2.1.1.2 ความผิดปรกติของข้อต่อขากรรไกร (temporomandibular joint disorders)

ลักษณะอาการทางคลินิก

ผู้ป่วยที่มีความผิดปรกติของข้อต่อขากรรไกรมักมาด้วยอาการเจ็บปวดและ/หรือมีความผิดปรกติในการทำหน้าที่เกิดขึ้น ในส่วนของความเจ็บปวดนั้น มักมีลักษณะอาการปวดจี๊ด (sharp pain), มีอาการเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน หรือมีอาการปวดมากขึ้นเมื่อผู้ป่วยเคลื่อนขยับขากรรไกร และหากมีการอักเสบของข้อต่อขากรรไกรผู้ป่วยจะมีอาการปวดตื้อ หรือปวดตุ๊บๆ (throbbing pain) ได้ ในส่วนของความผิดปรกติในการทำหน้าที่นั้น ผู้ป่วยจะมาด้วยอาการคือการมีเสียงเกิดขึ้นที่ข้อต่อขากรรไกร โดยเสียงที่พบอาจเป็นเสียง “คลิก” (click), ป๊อบ (popping) หรือเสียงกรอบแกรบ (crepitation) นอกจากนี้สามารถพบการติดขัดของข้อต่อขากรรไกรในระหว่างอ้าหรือหุบปากได้ ซึ่งการมีเสียงและการติดขัดของข้อต่อขากรรไกรดังที่ได้กล่าวมานี้ มักส่งผลต่อระยะและรูปแบบการเคลื่อนที่ของขากรรไกร (28, 35)

สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยส่วนใหญ่สาเหตุของความผิดปรกติของข้อต่อขากรรไกรพบว่ามาจากการได้รับบาดเจ็บ (41, 42) โดยผลจากการบาดเจ็บจะรบกวนลักษณะทางชีวกลศาสตร์ของข้อต่อขากรรไกร นอกจากนี้อาจทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบของข้อต่อ ทำให้ข้อต่อขากรรไกรขาดเสถียรภาพในการทำงาน หรืออาจทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นรองข้อต่อขากรรไกร (disc) กับหัวคอนดายล์ (condyle) ผิดไปจากปรกติ ซึ่งการที่ข้อต่อขากรรไกรขาดเสถียรภาพ และมีความสัมพันธ์ของโครงสร้างภายในข้อต่อผิดไปนี้อาจทำให้เกิดแรงที่ไม่เหมาะสมมาลงที่ข้อต่อขากรรไกร โดยแรงอาจไปลงในตำแหน่งของเนื้อเยื่อที่อยู่ด้านหลังต่อแผ่นรองข้อต่อขากรรไกร (retrodiscal tissue) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีหลอดเลือดและเส้นประสาทจำนวนมากไปเลี้ยงทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการเจ็บปวดขึ้น (35) การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้ยังอาจนำมาซึ่งสภาวะข้อต่อเสื่อม (osteoarthritis) ได้ (43) ซึ่งนอกจากการได้รับบาดเจ็บโดยตรงแล้ว จากการศึกษาพบว่าการมีแรงลงที่ข้อต่อขากรรไกรอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ยกตัวอย่างเช่น การกัดฟันเข้าหากันด้วยแรงที่มากกว่าปรกติ จะทำให้เกิดแรงไปลงที่ข้อต่อ

ขากรรไกร และนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างข้อต่อขากรรไกรได้เช่นกัน ดังนั้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้ทันตแพทย์ต้องพยายามควบคุมแรงที่จะมาลงบริเวณข้อต่อขากรรไกรให้เหมาะสม โดยให้คำแนะนำต่างๆ กับผู้ป่วย เช่น การแนะนำให้รับประทานอาหารอ่อนนิ่ม การหลีกเลี่ยงการทำงานนอกหน้าที่ (parafunctional) ของระบบบดเคี้ยว รวมถึงการพิจารณาทำเครื่องมือทางทันตกรรม ยกตัวอย่างเช่น เฝือกสบฟัน ให้กับผู้ป่วยหากมีความจำเป็น (35)

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างทีเอ็มดีและการบดเคี้ยวอาหารของผู้ป่วย

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ป่วยทีเอ็มดีมักมีการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวที่ผิดปรกติไป เช่น จากแบบสอบถามพบว่าผู้ป่วยมีความยากลำบากในการกลืนและการบดเคี้ยวมากกว่าคนปรกติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะกัดเน้นฟัน พบการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้งสองด้านของขากรรไกรไม่สมดุลกัน (44) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ (8, 9) เช่น การศึกษาของ Santana-Mora และคณะ (9) พบว่าในขณะที่ให้ผู้ป่วยกัดเน้นฟันกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสของผู้ป่วยในด้านที่มีอาการผิดปรกติ มีการทำงานน้อยกว่าด้านที่ปรกติ ซึ่งกลไกการลดการทำงานของกล้ามเนื้อในด้านที่มีอาการผิดปรกติเป็นกลไกการป้องกันตนเองของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากมีความรู้สึกเจ็บปวดเกิดขึ้น

จากการศึกษาของ Ferreira และคณะ (2) พบว่าผู้ป่วยทีเอ็มดีมีความยากลำบากในการเคี้ยวอาหารมากกว่าคนปรกติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเคี้ยวอาหารที่มีความแข็ง และพบว่าผู้ป่วยมีแนวโน้มที่จะเคี้ยวอาหารด้านเดียวมากกว่าในคนปรกติ รวมถึงใช้เวลาในการเคี้ยวอาหารที่นานกว่า นอกจากนี้เมื่อวัดการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะบดเคี้ยว พบว่าผู้ป่วยทีเอ็มดีจะมีความสมดุลในการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้งสองด้านของขากรรไกรน้อยกว่า โดยมีการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวด้านไม่ใช้งาน (non-working side) ที่มากกว่าคนปรกติ ซึ่งจากการศึกษาของ Naeije และ Hofman ในปี 2003 (45) พบว่าในขณะบดเคี้ยวจะมีการเคลื่อนที่และแรงเกิดขึ้นที่ข้อต่อขากรรไกรด้านไม่ใช้งานมากกว่า จึงนำมาใช้อธิบายได้ว่าการที่กล้ามเนื้อบดเคี้ยวด้านไม่ใช้งานของผู้ป่วยทำงานมากขึ้นในขณะบดเคี้ยวอาหาร อาจเป็นกลไกป้องกันตนเองจากการบาดเจ็บของมนุษย์ ที่เกิดขึ้นเพื่อลดการเคลื่อนที่และลดแรงบริเวณข้อต่อขากรรไกรในด้านไม่ใช้งาน

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยทีเอ็มดีกับการเคี้ยวอาหารด้านเดียวนั้น Ratnasari และคณะ (46) พบว่าในผู้ป่วยทีเอ็มดีที่มีตำแหน่งของแผ่นรองข้อต่อขากรรไกรผิดไปมักมีการเคี้ยวด้านเดียวกับด้านที่มีความผิดปรกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเคี้ยวอาหารที่มีความแข็ง เพื่อลดอาการปวดจากการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (translation) ของข้อต่อขากรรไกรด้านที่มีอาการ นอกจากนี้ยังพบว่า

ผู้ป่วยทีเอ็มดีในขณะบดเคี้ยวจะเคลื่อนขากรรไกรได้ช้าและได้ระยะทางที่น้อยกว่า รวมถึงมีความเที่ยงตรงของตำแหน่งสิ้นสุดการบดเคี้ยวที่น้อยกว่าในคนปรกติได้ (47)

2.1.3 การบดเคี้ยว (mastication)

การบดเคี้ยวเป็นขั้นตอนเริ่มแรกของกระบวนการย่อยอาหาร เป็นการทำให้ก้อนอาหารแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้ง่ายต่อการกลืน ในการบดเคี้ยวอาหารมีการใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ การรับรส การรับสัมผัส และการรับกลิ่น ซึ่งการบดเคี้ยวอาหารสามารถเกิดได้ในลักษณะอัตโนมัติ (อยู่นอกเหนือการควบคุมของจิตใจ) ร่วมกับเกิดภายใต้การควบคุมของจิตใจ (28)

2.1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการบดเคี้ยว

ปัจจัยที่เข้ามามีผลต่อการบดเคี้ยวได้แก่ ลักษณะการสบฟัน ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ (periodontal mechanoreceptor) และความเจ็บปวด (48)

2.1.4.1 การสบฟัน

ฟันแต่ละซี่ มีเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) ที่อยู่ระหว่างรากฟันและกระดูกเบ้าฟัน ซึ่งประกอบไปด้วยตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของแรงที่เกิดขึ้นบนฟัน และส่งต่อข้อมูลไปยังสมองเพื่อให้ส่งสัญญาณมาควบคุมแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารให้เหมาะสมต่อไป (48) จากการศึกษาพบว่าจำนวนฟันที่เหลืออยู่ มีความสัมพันธ์กับสมรรถนะการบดเคี้ยว (masticatory performance) ที่ประเมินจากขนาดของชิ้นอาหารหลังการบดเคี้ยวของกลุ่มตัวอย่าง โดยพบว่าหากมีจำนวนของฟันที่เหลืออยู่ลดลง สมรรถนะการบดเคี้ยวจะลดลงตามไปด้วย (49, 50)

ในส่วนของรูปแบบการสบฟันนั้น พบว่าการมีสิ่งกีดขวางการสบฟันด้านไม่ใช้งาน (non-working side interference) มีการสบฟันแบบไขว้ (cross bite) มีภาวะสบเปิด (open bite) และคนที่มีการสบฟันแบบที่ 3 (class III) และแบบที่ 2 (class II) จะมีค่าสมรรถนะการบดเคี้ยวต่ำกว่าในคนปรกติได้ (50, 51)

นอกจากนี้จากการศึกษาของ Tomonari และคณะ (52) พบว่าในคนที่มีการสบฟันผิดปรกติ (malocclusion) ในลักษณะของฟันสบแบบกรรไกร (scissors-bite) ในฟันหลัง จะมีรูปแบบของการเคี้ยวต่างจากคนที่มีการสบฟันปรกติ โดยมีวงเคี้ยวที่แคบกว่า มีระยะเวลาของการหุบปากในระหว่างที่มีการเคี้ยวที่นานกว่าปรกติ ร่วมกับมีความเร็วในการบดเคี้ยวที่น้อยกว่า และยังพบการทำงานของ

กล้ามเนื้อบดเคี้ยวแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสที่น้อยกว่าคนที่มีการสบฟันปรกติได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Castelo และคณะ (53) พบว่าลักษณะฟันสบกรรไกรยังส่งผลทำให้แรงในการกัด (bite force) ลดลงอีกด้วย

2.1.4.2 ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

ในระหว่างบดเคี้ยวขากรรไกรจะเคลื่อนที่อย่างเป็นจังหวะ โดยมีระบบประสาทส่วนกลางเป็นตัวควบคุมจังหวะและการทำงานที่สอดประสานกันของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (54) และมีสัญญาณรับเข้าจากระบบประสาทส่วนปลายช่วยควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวให้ทำงานอย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น (28, 48) ซึ่งระบบประสาทนั้นมีคุณสมบัติในการปรับตัวได้ (neuroplasticity) โดยการปรับตัวนี้อาจเกิดขึ้นอย่างเหมาะสมต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป หรืออาจมีการปรับเปลี่ยนที่นำไปสู่การจำกัดการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวได้ เช่น พบว่าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) ที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของระบบประสาทส่วนกลาง มีการเคี้ยวและการกลืนที่แย่ลง เป็นต้น (55)

2.1.4.3 ตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ (periodontal mechanoreceptor)

ตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์เป็นโครงสร้างที่อยู่ในเอ็นยึดปริทันต์ ตอบสนองไวต่อการรับข้อมูลเกี่ยวกับทิศทางของแรงและขนาดของแรง โดยส่วนใหญ่พบว่าตอบสนองไวต่อแรงในระดับต่ำมากเท่านั้น (ตอบสนองไวต่อแรงน้อยกว่า 1 นิวตัน (newton; N) ในฟันหน้า และน้อยกว่า 3 นิวตันในฟันหลัง) (48)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวรับแรงเชิงกลมีความสำคัญในการควบคุมแรงระหว่างที่มนุษย์ใช้ฟันสัมผัสกับอาหารเพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอาหาร เพื่อกัด หรือเพื่อเคี้ยวอาหาร เนื่องจากเมื่อฟันมีการสัมผัสกับอาหารหรือสิ่งกระตุ้นอื่นๆ จะเกิดแรงกระตุ้นที่ตัวรับแรงเชิงกลนี้ และถูกส่งต่อไปยังสมอง เพื่อให้สมองสั่งการลงมาควบคุมขนาดและทิศทางของแรงกัดให้มีความเหมาะสมต่อสิ่งกระตุ้นนั้นๆ ต่อไป (56)

2.1.4.4 ความเจ็บปวด

ความเจ็บปวดมีผลต่อการบดเคี้ยวโดยทำให้ผู้ป่วยมีแนวโน้มที่จะหลีกเลี่ยงการเคลื่อนขากรรไกรหรือเคลื่อนที่ช้าลง ลดแรงบดเคี้ยวลง อาจส่งผลให้ผู้ป่วยทีเอ็มดีที่มีความเจ็บปวดมีความสามารถในการบดเคี้ยวลดลง (57, 58)

จากการศึกษาทดลองในมนุษย์ของ Svensson และคณะ (59) โดยฉีดสารที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดเข้าไปยังกล้ามเนื้อบดเคี้ยวของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเมื่อมีความเจ็บปวดเกิดขึ้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีระยะการเคลื่อนที่ของขากรรไกรลดลงทั้งในแนวดิ่งและแนวด้านข้าง มีความเร็วของการอ้าและหุบปากลดลง รวมถึงมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ในด้านที่มีอาการปวดที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สัมพันธ์กับการศึกษาในลักษณะเดียวกันของ Shimada และคณะ (10)

นอกจากนี้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาการปวดกล้ามเนื้อและการทำงานของขากรรไกร พบว่าผู้ป่วยมีการทำงานของขากรรไกรผิดปรกติไปทั้งในระหว่างกัดเน้นฟัน และในระหว่างบดเคี้ยวอาหาร จากการศึกษานี้กล่าวว่าความเจ็บปวดไปมีผลต่อประสาทสั่งการของระบบบดเคี้ยว โดยทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของขากรรไกรลดลงเพื่อป้องกันการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นและยังเป็นการส่งเสริมการหายของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นอีกด้วย (1) กลไกนี้สามารถอธิบายได้โดยแนวคิดทฤษฎีการปรับตัวของร่างกายต่อความเจ็บปวด (pain adaptation model) ที่นำเสนอโดย Lund และคณะ (60) โดยกล่าวว่าเมื่อมีความเจ็บปวดเกิดขึ้น กลุ่มกล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว (agonist muscle) จะลดการทำงานลง เช่น การลดการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มยกขากรรไกร (jaw elevator muscle) ในขณะกัดเน้นฟัน เป็นต้น ในขณะเดียวกันจะพบการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ต้านการเคลื่อนไหว (antagonist muscle) เช่น กล้ามเนื้อยกขากรรไกรทำงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีการอ้าปาก เป็นต้น กลไกการลดและเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองกลุ่มดังกล่าวนี้นำมาซึ่งการจำกัดการเคลื่อนของขากรรไกรได้ โดยจากการศึกษาของ Bakke และ Hansdottir พบว่าเมื่อผู้ป่วยทีเอ็มดีมีความเจ็บปวดลดลง ผู้ป่วยจะเคลื่อนที่ขากรรไกรและบดเคี้ยวดีขึ้น (58)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyographic assessment)

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อถูกนำมาใช้ในงานวิจัยทางทันตกรรมประมาณปีคริสต์ศักราช 1940 (61) ซึ่งเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนกล้ามเนื้อ โดยบันทึกออกมาในรูปแบบของกราฟ (62) หลักการพื้นฐานของการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะต้องมีขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าเพื่อวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งมี 2 ชนิดหลัก ได้แก่ ชนิดพื้นผิว (surface electrode) ซึ่งนิยมใช้ในงานวิจัยทางทันตกรรม และชนิดปักลงไปในกล้ามเนื้อ (intramuscular electrode) จากนั้นก็จะขยายขนาดของสัญญาณให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แล้วจึงวิเคราะห์ผลที่ได้ ซึ่งอาจทำโดยตัวผู้วิเคราะห์เอง หรือใช้โปรแกรมจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ผล ที่ผ่านมาเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อถูกนำมาใช้ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งในผู้ป่วยหรือคนทั่วไปที่ไม่มีอาการผิดปรกติ ทั้งในขณะที่ขากรรไกรมีการเคลื่อนไหวหรือหยุดนิ่ง (63)

ภาพที่ 2 แสดงกราฟการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสทั้งสองด้าน เมื่อมีการบดเคี้ยวอาหาร

(ภาพนี้คัดลอกมาจาก Fueki และคณะ, 2009 (30))

สำหรับการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในคนปรกติพบว่าในขณะหุบปาก กล้าม-เนื้อแมสซีเตอร์จะทำงานมากที่สุด ในตำแหน่งคงท่าทางของขากรรไกร (postural position) กล้ามเนื้อเทมโพราลิสจะทำงานมากที่สุด (64) ส่วนในขณะอ้าปากจะพบการทำงานของกล้ามเนื้อไดแกสทริก (digastric muscle) (65)

ในขณะเคลื่อนขากรรไกรไปด้านข้างพบว่าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อเทอริกอยด์มัดนอก (lateral pterygoid muscle) และกล้ามเนื้อเทอริกอยด์มัดใน (medial pterygoid) ที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับด้านที่เคลื่อนไป รวมถึงมีการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสด้านเดียวกับด้านที่เคลื่อน ส่วนในขณะยื่นขากรรไกรไปด้านหน้าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อเทอริกอยด์มัดนอกและกล้ามเนื้อเทอริกอยด์มัดในเป็นหลัก (66)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ปัจจัยที่มีผลต่อการคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลักๆ ได้แก่ ปัจจัยทางชีวภาพและปัจจัยเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ (67)

2.2.2.1 ปัจจัยทางชีวภาพ

ปัจจัยทางชีวภาพ แบ่งออกเป็น

ความหลากหลายทางสรีรวิทยา

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันทั้งความสมดุลในการทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละมัด (68, 69) การทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในตำแหน่งคงท่าทางของขากรรไกร (70, 71) ช่วงระยะเงียบ (silent period) (72) รวมถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์สเปกตรัม (spectral analysis) ได้ (73)

ในส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อขณะบดเคี้ยวอาหารนั้นจากการศึกษาของ Paphangkorakit และคณะ (18) พบว่าในคนทั่วไปมีสมรรถนะการบดเคี้ยวที่แตกต่างกันออกไปได้ โดยคนที่มีสมรรถนะการบดเคี้ยวที่ดีกว่า จะมีแนวโน้มในการใช้งานกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะเคี้ยวอาหารมากกว่า

อายุ

จากการศึกษาพบว่าในกลุ่มตัวอย่างวัยเด็กและวัยหนุ่มสาวจะมีค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (24) โดยการที่กล้ามเนื้อมีค่าการหดตัวหรือค่าการทำงานลดลงตามอายุที่เพิ่มมากขึ้นนี้ อาจเกิดขึ้นมาจากการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อและการมีไขมันเข้ามาสะสมที่เนื้อเยื่อมากขึ้น (24, 74, 75) นอกจากนี้อาจเกิดจากจำนวนหน่วยทำงานของกล้ามเนื้อ (motor unit) ที่ถูกกระตุ้นมีค่าลดลง ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากขึ้น (76)

ในทางตรงกันข้ามการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work) ในระหว่างบดเคี้ยวพบว่าค่าการทำงานรวมของกล้ามเนื้อตลอดการบดเคี้ยวในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของกลุ่มตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในคนที่อายุมากขึ้นระหว่างบดเคี้ยวจะใช้จำนวนครั้งในการ

บดเคี้ยวหรือจำนวนวงเคี้ยว (chewing cycle) เพิ่มขึ้น โดยที่ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew) มีแนวโน้มคงที่ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ในกลุ่มคนสูงอายุที่มีจำนวนวงเคี้ยวมากกว่า จึงมีค่าการทำงานรวมของกล้ามเนื้อตลอดการบดเคี้ยวที่มากกว่า (77, 78) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบความแตกต่างในการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 23.7±1.1 ปี และ 74.1±1.7 ปี (78)

นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมายังพบว่าในกลุ่มคนสูงอายุ (อายุ 67.9 ± 4.84 ปี) ในขณะเคี้ยวอาหารจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อเทียบกับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction; MVC) ในหน่วยร้อยละ ที่น้อยกว่าในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุน้อย (อายุ 25.9 ± 2.99 ปี) กล่าวได้ว่าในกลุ่มผู้สูงอายุจะพบอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวเกิดขึ้นได้ (25)

เพศ

จากการศึกษาพบว่าในเพศหญิงและเพศชายมีการทำงานของกล้ามเนื้อร่างกายที่แตกต่างกัน (67) ในส่วนของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวพบว่าเพศชายจะมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะกัดเน้นฟัน ที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงกว่าเพศหญิง (79)

ลักษณะโครงสร้างของใบหน้า

จากการศึกษาของ Ueda และคณะ (80) พบว่าในคนที่มีระยะแนวดิ่งของใบหน้าที่สั้นจะมีระยะเวลาการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และไดแกสทริกที่ยาวนานกว่า นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่าคนที่มีการสบฟันแบบที่ 3 มีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสในขณะที่ขากรรไกรอยู่ในตำแหน่งปรกติสูงกว่าคนที่มีการสบฟันแบบอื่นๆ (81)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยทางด้านจิตใจ

จากการศึกษาทดลองให้ความเครียดกับอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัย พบว่าความเครียดส่งผลให้กล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีการทำงานมากขึ้น (82) และจากการศึกษาของ Tosato Jde และคณะ (83) พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวและระดับฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเครียดที่พบในน้ำลายมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ความหนาของผิวหนังและน้ำหนัก

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าความหนาของเนื้อเยื่ออ่อนที่ปกคลุมอยู่บนกล้ามเนื้อส่งผลต่อค่าที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อได้ (67) โดยจากการศึกษาของ De la Barrera และ Milner (84) พบว่าเมื่อความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังมากขึ้นจะทำให้สัญญาณไฟฟ้าที่ส่งจาก

กล้ามเนื้อมายังเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อนั้นอ่อนลง ส่งผลให้ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงได้

การมีความเจ็บปวดเกิดขึ้นอยู่ก่อน

จากการศึกษาพบว่าการมีความเจ็บปวดเกิดขึ้นโดยอาจเป็นความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นกับระบบบดเคี้ยวโดยตรง หรืออาจเป็นความเจ็บปวดจากบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากระบบบดเคี้ยวส่งผลให้ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีค่าต่างจากสภาวะปรกติได้ (67)

การแสดงออกของสีหน้า

จากการศึกษาพบว่าการแสดงออกของสีหน้าในผู้ป่วยที่มีอาการปวดร่วมด้วยหรือการแสดงออกของสีหน้าในระหว่างที่มีการออกกำลังกายหนักๆ ทำให้มีสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อใบหน้าอื่นๆ ที่ไม่ต้องการวัดเข้ามาด้วย ทำให้ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีค่าสูงขึ้นได้ (54, 85, 86)

การมีประวัตินิสัยบดกัดฟัน (bruxism)

ในผู้ที่มีนิสัยบดกัดฟันมาเป็นระยะเวลานานๆ อาจทำให้เกิดการขยายขนาด (hypertrophy) ของกล้ามเนื้อยกขากรรไกร และอาจทำให้ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อในระหว่างพักที่วัดออกมามีค่ามากกว่าคนปรกติได้ (67)

2.2.2.2 ปัจจัยทางด้านเทคนิคที่ใช้

ปัจจัยทางด้านเทคนิคที่ใช้ แบ่งออกเป็น

ตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า และระยะห่างของการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า (interelectrode distance) ในแต่ละครั้ง

จากการศึกษาพบว่าการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าชนิดพื้นผิว ในแนวขนานกับการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อจะให้ค่าสัญญาณบันทึกที่ชัดเจนที่สุด (87, 88) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าระยะห่างของการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน จะส่งผลให้ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดได้มีความแตกต่างกันได้อีกด้วย (89)

การมีสัญญาณสอดแทรก (cross talk)

โดยเป็นสัญญาณที่มาจากกล้ามเนื้ออื่นๆ ที่ผู้วัดไม่ได้ต้องการวัด อาจทำให้เกิดการผิดพลาดของการวิเคราะห์ผลได้ (67)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การเคลื่อนขยับของศีรษะหรือร่างกายของผู้ถูกวัด

จากการศึกษาพบว่าการกระพริบตา การกลืน การไอ ในระหว่างวัดค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้ค่าที่ได้ไม่เที่ยงตรง เนื่องมาจากมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ทำให้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออาจมาจากกล้ามเนื้อมัดอื่นที่ไม่ได้ต้องการศึกษา (89, 90)

ในส่วนของการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในคนปรกติที่มีท่าทางของร่างกายแตกต่างกันออกไป ได้แก่ การยืน การนั่ง การนอนหงาย และการนอนตะแคง พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน (91)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เนื่องด้วยค่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่มีอาการกับคนปรกติทั่วไป และอาจมีการซ้อนทับกันของข้อมูลที่ได้จากทั้งสองกลุ่ม ทำให้ข้อมูลที่ได้มักมีการกระจายตัวที่ไม่ปรกติ ยากต่อการใช้วิธีการทางสถิติในการแบ่งแยกความแตกต่างระหว่างคนทั้งสองกลุ่มดังกล่าว (67)

2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยทีเอ็มดีและการเคี้ยวอาหารแข็ง

จากการประเมินการบดเคี้ยวของผู้ป่วยทีเอ็มดีโดยใช้แบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการบดเคี้ยวอาหารที่มีระดับความแข็งต่างๆ กัน พบว่าผู้ป่วยมีความยากลำบากในการบดเคี้ยวอาหารมากกว่าคนปรกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะเคี้ยวอาหารที่มีความแข็ง (2) และจากการศึกษาที่ผ่านมายังพบว่า หลังจากเคี้ยวอาหารแข็งผู้ป่วยมักจะมีอาการปวดเกิดขึ้นที่บริเวณข้อต่อขากรรไกร (92)

จากการศึกษาของ Komiyama และคณะ (93) พบว่าในขณะเคี้ยวอาหารแข็งจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคอนดายล์ไปทางด้านหลังและด้านบนที่มากกว่าปรกติ การเคลื่อนที่ในทิศทางนี้อาจส่งผลให้เกิดแรงไปกดลงที่บริเวณแผ่นรองข้อต่อขากรรไกรหรือเนื้อเยื่อที่อยู่ด้านหลังต่อแผ่นรองข้อต่อขากรรไกรได้ และหากมีการเคลื่อนที่ลักษณะนี้ซ้ำๆ เป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดการเลื่อนที่ของแผ่นรองข้อต่อขากรรไกร (disc displacement) รวมถึงเกิดความเจ็บปวดขึ้นบริเวณข้อต่อขากรรไกรได้

นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมายังพบว่าการเคี้ยวของแข็งเป็นระยะเวลานานๆ ส่งผลให้เกิดอาการปวดที่กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และพบว่าในขณะเคี้ยวของแข็งกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มในการเคี้ยว

ด้านเดียวมากกว่าในขณะเคี้ยวอาหารอ่อน (94, 95) ซึ่งจากศึกษาของ Ratnasari และคณะ (46) พบว่าเมื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่มีการเลื่อนที่ของแผ่นรองข้อต่อขากรรไกรเคี้ยวอาหารแข็ง ผู้ป่วยมักเคี้ยวด้านเดียวกับด้านที่มีอาการผิดปรกติ เพื่อลดแรงและลดการเคลื่อนที่ของข้อต่อขากรรไกรด้านนั้น เนื่องจากในขณะเคี้ยวอาหารจะเกิดแรงและมีการเคลื่อนที่ของข้อต่อขากรรไกรด้านเดียวกับด้านที่เคี้ยวน้อยกว่าอีกด้านหนึ่ง

2.2.4 การศึกษาความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การเคลื่อนที่ของขากรรไกรในขณะบดเคี้ยวจะปรับเปลี่ยนตามการทำงานของตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ รวมถึงตัวรับความรู้สึกบนกล้ามเนื้อกระสวย (muscle spindle) ที่แทรกอยู่ในกล้ามเนื้อบดเคี้ยว โดยการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวจะขึ้นกับขนาดของอาหารและคุณลักษณะของอาหารที่ถูกบดเคี้ยว เช่น ความเหนียว (toughness) ความแข็ง (hardness) เป็นต้น (36)

2.2.4.1 ความเหนียวของอาหาร

จากการศึกษาของ Mioche และคณะ (12) ที่ศึกษาเนื้อวัวที่มีความเหนียวเปรียบเทียบกับเนื้อวัวที่นุ่ม ซึ่งลักษณะของเนื้อวัวที่ต่างกันนี้ส่งผลต่อการทดสอบค่าแรงเฉือน (shear force) ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเนื้อวัวที่มีความเหนียวมากกว่าจะให้ค่าแรงเฉือนที่ใช้ทดสอบสูงกว่า และเมื่อทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่ให้กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวเนื้อวัวที่มีความเหนียว พบค่าจำนวนครั้งการบดเคี้ยว ระยะเวลาการบดเคี้ยว และการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว สูงกว่ากลุ่มที่เคี้ยวเนื้อวัวที่มีความอ่อนนุ่ม โดยพบว่าในขณะเคี้ยวเนื้อวัวทั้งสองลักษณะนี้ ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงการเคี้ยว 1-3 ครั้งแรก หลังจากนั้นจะอยู่ในระดับที่คงที่จนถึงการกลืน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นที่พบว่าความเหนียวของอาหารส่งผลเพิ่มค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (14, 15) นอกจากนี้ยังพบว่าความเหนียวของอาหารแปรผันไปตามค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG) ของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะเคี้ยวอาหารอีกด้วย (13, 14)

2.2.4.2 ความแข็งของอาหาร

การศึกษาทดลองเกี่ยวกับความแข็งของอาหาร พบว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งต่างๆ กันออกไป จะมีการทำงานของขากรรไกรและกล้ามเนื้อบดเคี้ยวปรับเปลี่ยนไปตามความแข็งของอาหารได้ (96) ซึ่งจากการศึกษาของ Grigoriadis และคณะ (37) เมื่อให้กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารแข็ง พบค่าจำนวนครั้งของวงเคี้ยว ระยะเวลาที่ใช้เคี้ยว และระยะทางที่ขากรรไกรเคลื่อนที่

มากกว่ากลุ่มที่เคี้ยวอาหารอ่อน และจากการทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคี้ยวอาหารแข็ง พบค่าแอมพลิจูด (amplitude) หรือค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวและค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวสูงกว่าขณะเคี้ยวอาหารอ่อน ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาอื่นๆ (14, 16, 20, 97, 98) กล่าวได้ว่าความแข็งเหนียวของอาหารส่งผลต่อการบดเคี้ยวและการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่แตกต่างกันออกไป

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้น จากการศึกษาของ Piancino และคณะ (13) พบว่าระหว่างเคี้ยวอาหารกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสด้านที่มีก้อนอาหาร จะมีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมากกว่าด้านที่ไม่มีก้อนอาหาร แสดงให้เห็นถึงการทำงานของกล้ามเนื้อที่มากกว่า และพบว่าขณะเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งมากขึ้นกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสด้านที่ไม่มีก้อนอาหารจะมีอัตราการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าด้านที่มีก้อนอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสมดุลในการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้งสองด้านมากยิ่งขึ้น อีกทั้งในขณะบดเคี้ยวอาหารจะเกิดการเคลื่อนที่รวมถึงแรงที่ข้อต่อขากรรไกรด้านที่ไม่มีก้อนอาหารมากกว่า (45) ดังนั้นเมื่อเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งมากยิ่งขึ้น ซึ่งต้องใช้การทำงานหรือแรงของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดแรงเพิ่มขึ้นที่ข้อต่อขากรรไกรด้านที่ไม่มีก้อนอาหารด้วยเช่นกัน ร่างกายจึงปรับตัวโดยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในด้านที่ไม่มีก้อนอาหาร เพื่อลดการเคลื่อนที่และลดแรงที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อขากรรไกร (13)

2.2.5 ค่าพารามิเตอร์จากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่นำมาใช้ประเมินคุณลักษณะของอาหาร

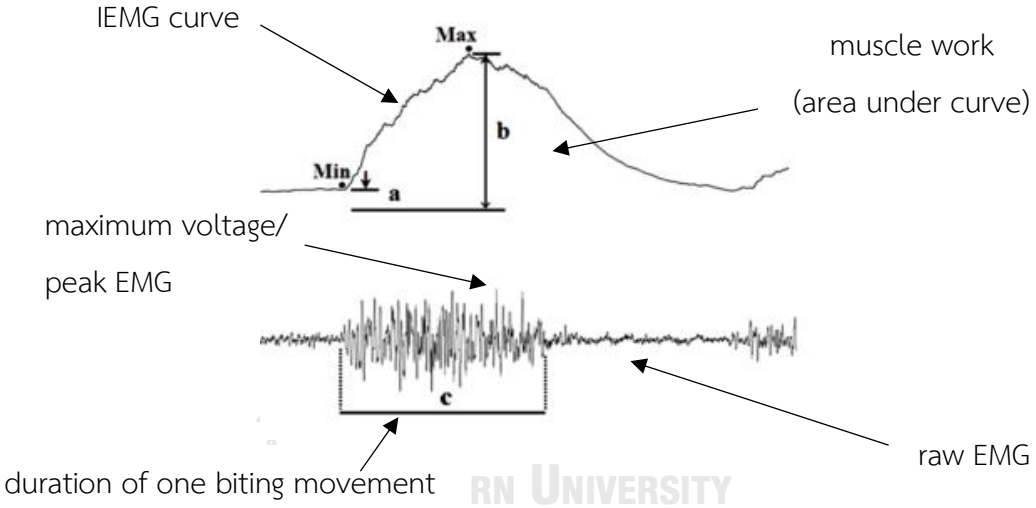
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบเนื้อสัมผัสของอาหารหรือทดสอบการแตกของอาหาร และค่าความแข็งของอาหารที่ประเมินโดยใช้ความรู้สึก (sensory hardness) มีความสัมพันธ์กัน (14, 20, 99-102) โดยพารามิเตอร์ของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่นำมาใช้ประเมิน ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นโวลต์ (voltage data record) ค่าเวลาที่ใช้ในการเคี้ยว (chewing time or duration) และค่าจำนวนครั้งในการบดเคี้ยว (number of chews) ซึ่งค่าเหล่านี้อาจจะวัดตลอดช่วงของการบดเคี้ยว หรือเลือกวัดเฉพาะช่วงเวลาหนึ่งได้ เช่น วัดในช่วงการเคี้ยว 5 ครั้งแรก เป็นต้น (15)

จากการศึกษาของ Brown และคณะ (103) พบว่าการประเมินความแข็งของอาหารโดยใช้ความรู้สึกและค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ในช่วงการเคี้ยว 5 ครั้งแรกนั้นมีความสัมพันธ์กัน โดยสามารถคำนวณค่าการทำงานของกล้ามเนื้อในระหว่างบดเคี้ยว ได้จากพื้นที่ใต้กราฟของ

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวม (integral electromyography curve; IEMG curve) ซึ่งพบว่าค่าพารามิเตอร์นี้มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งเหนียวของอาหาร และมีหน่วยเป็นโวลต์คูณวินาที (volt.second; Vs) (12, 14, 15, 20, 30) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว หรือค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความแข็งเหนียวของอาหารที่เพิ่มขึ้น (12, 17, 21, 77)

การทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวด้านเดียวเปรียบเทียบกับการเคี้ยวแบบอิสระพบว่า ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารแบบอิสระนั้นจะมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่น้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขณะที่กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารแบบอิสระมีการกระจายของก้อนอาหาร (bolus) ในช่องปากอย่างเหมาะสมมากกว่า ทำให้ใช้แรงของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่น้อยกว่า (17)



ภาพที่ 3 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ประเมินคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
(ภาพนี้ดัดแปลงมาจาก Miyaoka และคณะ, 2014 (104))

การศึกษาของ Imai และ Sato (14) ซึ่งเป็นการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อขณะบดเคี้ยวอาหารที่ระดับความแข็งเหนียวต่างๆ โดยศึกษาการประเมินคุณลักษณะของอาหารโดยใช้ความรู้สึก (sensory evaluation) ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว การเกาะติดของเนื้ออาหาร (cohesiveness) และการเกาะติดเนื้อฟันของชิ้นอาหาร (adhesiveness) เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และการทดสอบการแตกของชิ้นอาหาร (breaking examination) พบว่าค่าความแข็ง และค่าการเกาะติดของเนื้ออาหาร ที่ได้จากการทดสอบทั้ง 3 วิธี ให้ผลการศึกษาไป

ในทางเดียวกัน โดยที่ในส่วนค่าความแข็ง และค่าความเหนียวของอาหารมีความสัมพันธ์กับค่าการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ (ค่า r = 0.61 และ 0.72 ตามลำดับ) และค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (ค่า r = 0.60 และ 0.77 ตามลำดับ) ที่ประเมินจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาอื่นๆ (12, 13, 15-17, 21)

นอกจากนี้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถอธิบายคุณลักษณะของอาหารได้มากกว่าการทดสอบการแตกของชิ้นอาหาร เนื่องจากการทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับทุกคุณลักษณะของอาหาร ในขณะที่การทดสอบการแตกของชิ้นอาหารมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็ง และการเกาะติดของเนื้ออาหารเท่านั้น และมักต้องทำในอาหารที่สามารถเตรียมได้ในแบบรูปทรง เช่น ทรงลูกบาศก์ เป็นต้น โดยหากประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อตลอดช่วงการบดเคี้ยวจะให้ผลการศึกษาที่ดีกว่าการประเมินช่วงการเคี้ยว 5 ครั้งแรก และยังพบว่าเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถอธิบายคุณลักษณะของอาหารได้ถึงร้อยละ 65 (14)

2.2.6 แบบสอบถามเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดี

จากแบบสอบถามที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยจิตติมาและคณะ (22) พบว่าอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าอาหารไทยชนิดต่างๆ มีความเหนียวหรือความแข็งแตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้

- อาหารที่ไม่มีความแข็งหรือความเหนียว ได้แก่ ข้าวต้ม
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวน้อย ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวปานกลาง ได้แก่ ข้าวเหนียวนึ่ง ปาท่องโก๋
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวมาก ได้แก่ ปลาหมึกแห้งปิ้ง น้ำแข็งก้อน

จากงานวิจัยนี้กล่าวว่าชนิดของอาหารไทยต่างๆ เหล่านี้ เป็นอาหารที่หารับประทานได้ง่าย เป็นอาหารที่คนส่วนใหญ่เคยรับประทาน รวมถึงเป็นชนิดของอาหารที่สื่อความหมายให้เข้าใจในทางเดียวกันได้

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังขาดการประเมินในแง่ความแข็งเหนียวของอาหารไทยว่าส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างไร ซึ่งหากมีข้อมูลในส่วนนี้เพิ่มเติมจะช่วยให้แบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องด้วยอาหารที่คนทั่วไปคิดว่ามีระดับความแข็งเหนียวใกล้เคียงกันอาจให้ค่าการทดสอบด้วยเครื่องบันทึกไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ไม่แตกต่างกันชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวแทนของอาหารในแต่ละระดับความแข็งเหนียวออกมาเพียงระดับละหนึ่งชนิด โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคือเป็นอาหารที่สามารถเตรียมหรือตวงในปริมาณที่เท่ากันได้โดยง่าย และสามารถหาซื้อได้จากร้านสะดวกซื้อหรือร้านค้าโดยทั่วไป ชนิดอาหารที่ผู้วิจัยเลือกแสดงได้ดังนี้

- อาหารที่ไม่มีความแข็งหรือความเหนียว ได้แก่ ข้าวต้ม
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวน้อย ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ)
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวปานกลาง ได้แก่ ข้าวเหนียวนึ่ง
- อาหารที่มีความแข็งหรือความเหนียวมาก ได้แก่ ปลาหมึกแห้งปิ้ง

นอกจากนี้ถั่วลิสงอบเกลือ (salted peanut) เป็นอาหารอีกชนิดหนึ่งที่ผู้วิจัยเลือกนำมาทดสอบ เนื่องจากเป็นอาหารที่การศึกษาส่วนใหญ่นิยมนำมาใช้ทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารด้วยวิธีต่างๆ หรือนำมาใช้ทดสอบการบดเคี้ยว (15, 21, 23, 25, 30, 105, 106) และเป็นอาหารที่ทันตแพทย์ที่คลินิก ทันตกรรมบดเคี้ยว คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ความเห็นว่ามักส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดขึ้นในผู้ป่วยทีเอ็มดี

2.2.7 การทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกด

เครื่องทดสอบแรงที่นิยมมาใช้ทดสอบคุณลักษณะของอาหาร ได้แก่ เครื่องทดสอบแรงกด (compressive force) (14, 17, 107) ซึ่งมีลักษณะรูปร่างของหัวกดแตกต่างกันออกไปตามแต่ละการศึกษา เช่น รูปทรงพีระมิด (pyramid) รูปทรงกระบอก (cylinder) รูปทรงปากกา (stylus) รูปลิ่ม (wedge) เป็นต้น (14, 23, 31, 32, 105) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าแรงสูงสุดที่ใช้ทดสอบการแตกของอาหาร (maximum breakage force) (105) หรือค่าแรงกดสูงสุด (maximal peak force) (23) ที่ใช้ทดสอบอาหารในหน่วยนิวตัน มีค่าแตกต่างกันออกไปตามคุณลักษณะของอาหารที่แตกต่างกัน โดยอาหารที่มีความแข็งมากกว่าจะใช้แรงทดสอบที่มากกว่า (23, 105) และยังพบว่าค่าแรงกดหรือค่าความเค้น (stress) ในหน่วยนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปาสกาล (Pascal; Pa) ที่ได้จากการทดสอบอาหารที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับแรงกัดชิ้นอาหารในหน่วยนิวตัน และค่าการทำงานของกล้ามเนื้อขณะบดเคี้ยวอาหารที่วัดด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (17, 107)

นอกจากนี้การทดสอบแบบกดทะลุ (penetration test/puncture test) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดสอบคุณลักษณะของอาหาร โดยใช้หัวกดที่มีขนาดเล็กกว่าชิ้นอาหารกดลงไปยังชิ้นอาหารที่ต้องการทดสอบจนทะลุผ่าน ซึ่งจากการศึกษาในชิ้นแอปเปิ้ลที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ กัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พบว่าค่าแรงกดทะลุในหน่วยกิโลกรัม (kilogram; kg) มีความสัมพันธ์โดยตรงในเชิงบวกกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่บันทึกขณะเคี้ยวแอปเปิ้ลชิ้นนั้นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ค่า R^2 = 0.12) โดยจะพบความสัมพันธ์ได้มากในกรณีที่เลือกวิเคราะห์ข้อมูลจากคลื่นไฟฟ้าในช่วงความถี่ที่มากกว่า 15 เฮิรตซ์ (hertz; Hz) นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่ได้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความแข็งและความเหนียวของชิ้นแอปเปิ้ล ที่ประเมินโดยให้คะแนนจากความรู้สึกหลังเคี้ยวจริงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยจะพบความสัมพันธ์ในแง่ของความแข็งมากกว่า (108)

จากความสัมพันธ์ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกใช้เครื่องทดสอบแรงกดเข้ามาเปรียบเทียบกับการวัดความแข็งเหนียวของอาหารด้วยวิธีอื่นๆ ได้แก่ การใช้แบบสอบถาม และเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้ คือ การวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ในรูปแบบของการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดได้อย่างเข้มงวด

3.2 ประชากร

ประชากรไทยเพศชายและหญิงทั่วไป อายุ 18-25 ปีที่สุขภาพดี ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหาร

3.3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษา คือ นิสิตทันตแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี

3.3.1 การเลือกตัวอย่าง

การคัดเลือกตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (non-probability sampling)

เนื่องจากงานวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะค่อนข้างเฉพาะตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นการเลือกตัวอย่างในขั้นตอนแรกจึงใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) หรือแบบใช้วิจารณญาณ (judgement sampling)

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกที่ใช้ความน่าจะเป็น (probability sampling)

หลังจากคัดเลือกตัวอย่างเข้ามาตามวิธีในขั้นตอนที่ 1 แล้ว กลุ่มตัวอย่างจะถูกสุ่มอีกครั้งด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จนได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

3.3.2 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว สามารถคำนวณได้ดังสมการ (109) ต่อไปนี้

$$\text{ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง} = N = [(Z_\alpha + Z\beta)/C]^2 + 3$$

เมื่อ Z_α = ค่าปรกติมาตรฐานที่ได้จากการแจกแจงแบบปรกติมาตรฐาน ขึ้นกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α) โดยการศึกษานี้กำหนดไว้ที่ 0.05

$Z\beta$ = ค่าปรกติมาตรฐานที่ได้จากการแจกแจงแบบปรกติมาตรฐาน ขึ้นกับค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 ที่กำหนด (β) โดยการศึกษานี้กำหนดไว้ที่ 0.10

$C = 0.5 \times \ln[(1+r)/(1-r)]$, โดยที่ r = ค่าคาดคะเนสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ของค่าตัวแปร ที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่า r = 0.60 (14)

แทนค่า $N = [(1.960+1.282)/0.693]^2 + 3$

$=25$

ดังนั้น งานวิจัยนี้ต้องใช้กลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 25 คน

ในขณะดำเนินงานวิจัยอาจมีผู้ถอนตัวออกจากงานวิจัย จึงต้องคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อชดเชยไว้ จากสมการ (110)

$$N_w = \frac{N}{1- W}$$

เมื่อ W = อัตราการถอนตัวหรือไม่อยู่ร่วมการวิจัยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดไว้ร้อยละ 20

แทนค่า $N_w = \frac{25}{1-0.20}$

$= 31.25$

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ต้องกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างไว้ 32 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างเข้าศึกษา

1. เป็นนิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี ชั้นปีที่ 2 ถึงชั้นปีที่ 5
2. เป็นผู้ที่มีดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) อยู่ในเกณฑ์ปรกติ (18.50-24.99 kg/m^2) (111)
3. ไม่ได้อยู่ระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน
4. ไม่มีความเจ็บปวดบริเวณใบหน้าและช่องปากที่ส่งผลต่อการบดเคี้ยวอาหาร

เกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างออกจากการศึกษา

1. เป็นผู้ที่มีการสบฟันนอกเหนือจากการสบฟันแบบที่ 1 (class I)
2. มีฟันแท้น้อยกว่า 28 ซี่ (ไม่นับรวมฟันกรามซี่ที่ 3)
3. เป็นผู้ที่มีประวัตินอนกัดฟัน

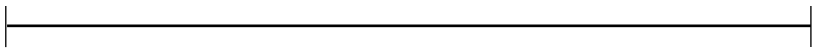
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.4.1 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม (ภาคผนวก ข) ประกอบไปด้วยอาหารที่มีระดับความแข็งเหนียวแตกต่างกันตามที่เคยทดสอบในงานวิจัยของจิตติมาและคณะ (10) ได้แก่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียวนึ่ง และปลาหมึกแห้งปิ้ง นอกจากนี้ยังเพิ่มถั่วลิสงอบเกลือเข้ามาอีกหนึ่งชนิดตามเหตุผลที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.6

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ประเมินความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้มาตรวัดด้วยสายตาหรือวีเอเอส (visual analog scale; VAS) ที่มีความยาว 100 มิลลิเมตร ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามาตรวัดนี้สัมพันธ์กับค่าความแข็งของอาหารที่วัดด้วยเครื่องวัดแรงกดยืด (tensipresser) ถึงร้อยละ 90 (23)



ไม่มีความแข็ง/เหนียว มีความแข็ง/เหนียวมากที่สุด

ภาพที่ 4 แสดงมาตรวัดความแข็งเหนียวของอาหารด้วยสายตา

3.4.2 อาหาร

อาหารที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียวนึ่ง ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ รวมทั้งหมด 5 ชนิด

อาหาร 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียวนึ่ง และถั่วลิสงอบเกลือ เป็นอาหารที่มีจำหน่ายในรูปแบบอาหารสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยซื้อได้ตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป แต่ปลาหมึกแห้งปิ้งไม่มีจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ ทางผู้วิจัยจึงจัดซื้ออาหารชนิดนี้จากร้านค้าทั่วไป โดยอาหารทุกชนิดต้องซื้อหรือผลิตมาจากที่เดียวกัน

อาหารแต่ละชนิดที่นำมาใช้ทดสอบจะถูกเตรียมไว้ในปริมาณดังต่อไปนี้

- ข้าวต้ม 1 ช้อนโต๊ะ

  (บริษัท นิปปอน ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด, สมุทรสงคราม, ประเทศไทย)

- ข้าวสวย (หอมมะลิ) 1 ช้อนโต๊ะ

  (บริษัท ซีพีแรม จำกัด, ปทุมธานี, ประเทศไทย)

- ข้าวเหนียวนึ่ง 1 ช้อนโต๊ะ

  (บริษัท ซีพีเอฟ จำกัด, กรุงเทพ, ประเทศไทย)

- ปลาหมึกแห้งปิ้ง 1 ชิ้น ขนาด 1.5x1.5 ตารางเซนติเมตร

  (ร้านค้าเดียวกัน)

- ถั่วลิสงอบเกลือ 6 ชิ้น (ชิ้นละ ½ เมล็ด)

  (บริษัท ทองการ์เด้น จำกัด, นนทบุรี, ประเทศไทย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเคี้ยวอาหารของประชากรไทยนิยมใช้ช้อนโต๊ะ ผู้วิจัยจึงเตรียมอาหารในปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะเพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาวะการบดเคี้ยวอาหารจริง แต่ปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือเป็นอาหารที่ไม่สามารถเตรียมได้ในปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ผู้วิจัยจึงเตรียมที่ขนาด 1.5x1.5 ตารางเซนติเมตร (15) ซึ่งเป็นขนาดที่การศึกษาอื่นๆ นิยมใช้ และปริมาณ 6 ชิ้น (ชิ้นละ ½ เมล็ด) ตามลำดับ

3.4.3 เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography)

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้มีชื่อทางการค้า คือ PowerLab® และใช้ซอฟต์แวร์ (software) ของ LabChart® (PowerLab® and LabChart®, ADInstruments Pty Ltd. Unit 13, 22 Lexington Drive, Bella Vista, NSW 2153, Australia) โดยเครื่องมือได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO 9001:2000 มีค่าความกว้างแถบความถี่ (bandwidth) อยู่ในช่วง 0.5 เฮิรตซ์ (hertz; Hz) ถึง 2 กิโลเฮิรตซ์ (kilohertz; kHz) และใช้ขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดพื้นผิว (surface electrode)

3.4.3.1 การตั้งค่าเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ผู้วิจัยตั้งค่าตัวกรอง (filter) คลื่นอยู่ในช่วง 10-1000 เฮิรตซ์ เพื่อกรองคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป และตั้งค่าอัตราการสุ่มตัวอย่าง (sampling rate) ของคลื่นสัญญาณที่ 1000 เฮิรตซ์ (18) ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากพอที่ใช้ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสัญญาณ

3.4.3.2 การวางตำแหน่งของขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดพื้นผิว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก่อนติดตั้งขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ต้องทาผิวหนังบริเวณนั้นด้วยเจลขัด (abrasive gel) แล้วเช็ดออกด้วยแอลกอฮอล์ (alcohol) และทาสารนำ (electrode paste) ที่ขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า จากนั้นติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในตำแหน่งกึ่งกลางและขนานกับแนวเรียงตัวของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิสส่วนหน้า (anterior portion of temporalis muscle) ทั้งสองด้าน ซึ่งตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าสามารถระบุได้โดยใช้ลักษณะทางกายวิภาค (anatomical landmark) ดังนี้

การระบุตำแหน่งขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์: ตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าขั้วบน สามารถระบุได้จากจุดตัดระหว่างเส้นสมมติที่ลากจากติ่งหน้ารูหู (tragus) ไปยังมุมปาก (labial commissure) และเส้นสมมติที่ลากจากมุมตาด้านนอก (extracantus) ไปยังมุมขากรรไกรล่าง (gonion) (112)

การระบุตำแหน่งขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสส่วนหน้า: สามารถระบุได้โดยคลำกล้ามเนื้อในขณะให้อาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยกัดเน้นฟัน (10, 12, 29, 112) โดยตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าจะอยู่ห่างจากขอบด้านหน้าของกล้ามเนื้อมัดนี้เข้าไป 1-1.5 เซนติเมตร (112)

งานวิจัยนี้ใช้ระยะห่างระหว่างขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกในกล้ามเนื้อแต่ละมัดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร (12, 13, 20, 29) โดยในระหว่างการบันทึกอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยต้องอยู่ในตำแหน่งนั่ง (หลังตั้งฉากกับแนวระนาบ) และต้องไม่สามารถมองเห็นหน้าจอแสดงผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นได้

3.4.3.3 พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ประเมินความแข็งเหนียวของอาหาร

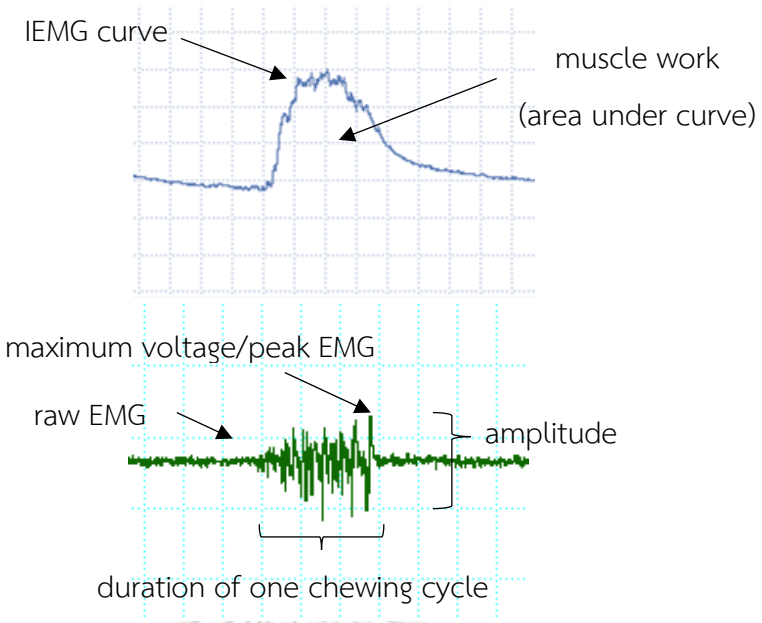
ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่นำมาใช้ประเมินความแข็งเหนียวของอาหารมีแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ คือ

3.4.3.3.1 ค่าที่สามารถประมวลผลได้จากซอฟต์แวร์ ได้แก่

- *ค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction; MVC)*: บันทึกในขณะให้อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยกัดเน้นฟันในตำแหน่งสบสับหว่าง (intercuspal position) ด้วยแรงมากที่สุด เป็นระยะเวลา 2 วินาที ซึ่งจะบันทึกค่าพารามิเตอร์นี้ก่อนเริ่มทดสอบการเคี้ยว โดยทำซ้ำ 2 ครั้ง และเลือกครั้งที่คลื่นสัญญาณไฟฟ้ามีค่าสูงสุด เพื่อนำไปคำนวณค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ
- *ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work)*: เป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวม (integral electromyography curve; IEMG curve) ที่บันทึกช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการบดเคี้ยวอาหาร (12, 14, 15, 17, 18, 29, 30)
- *ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG)*: เป็นค่าแอมพลิจูดสูงสุด (maximum amplitude) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้งสองด้านในช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด (14, 21, 29-32)
- *ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude)*: เป็นค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัด ที่บันทึกช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการบดเคี้ยวอาหาร (21)

หมายเหตุ ค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด และค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด เป็นค่าที่ซอฟต์แวร์ประมวลผลจากสัญญาณดิบของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (raw EMG)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 5 แสดงพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากซอฟต์แวร์ของ LabChart®

3.4.3.3.2 ค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้แก่

- *ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew)*: คำนวณได้จากการรวมค่าการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละมัดและหารด้วยจำนวนครั้งของการเคี้ยวที่เกิดขึ้น ซึ่งในที่นี้เลือกวิเคราะห์ผลเฉพาะช่วง 5 วง-เคี้ยวแรกของการเคี้ยวอาหารชนิดนั้นๆ (12, 17, 21)
- *ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort)*: เป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมาเปรียบเทียบกับค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum muscle work) ที่มีโอกาสเป็นไปได้ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) โดยค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อที่มีโอกาสเป็นไปได้ มีค่าเท่ากับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อคูณด้วยระยะเวลาช่วง 5 วงเคี้ยวแรก ของการเคี้ยวอาหารทดสอบชนิดนั้นๆ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความพยายามของกล้ามเนื้อสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ความพยายามของกล้ามเนื้อ (\%)} = \frac{\text{ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (mV.s)}}{\text{ค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (mV) x ระยะเวลาที่ใช้เคี้ยว (s)}} \times 100$$

3.4.4 เครื่องทดสอบแรงกด (compressive force)

เครื่องทดสอบแรงกดที่ใช้เป็นของบริษัท Shimadzu รุ่น EZ-S (Shimadzu corporation, 1, Nishinokyo Kuwabara-cho, Nakagyo-ku, Kyoto 604-8511, Japan) ใช้หัวทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร โดยความเร็วหัวทดสอบอยู่ที่ 1 มิลลิเมตรต่อนาที (mm/min) กดลงไปยังอาหารที่ใช้ทดสอบเป็นระยะทางร้อยละ 30 จากขนาดเริ่มต้นของอาหาร ซึ่งขนาดของอาหารที่ใช้ทดสอบแต่ละชนิดจะถูกเตรียมในปริมาณเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารนี้จะมีหน่วยการวัดเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปาสกาล (Pascal; Pa) ซึ่งเป็นค่าแรงกดหรือค่าความเค้น (stress) สูงสุดที่ใช้ในการทำให้อาหารชนิดนั้นๆ แตกออก (ถั่วลิสงอบเกลือ) หรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างถาวร (ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียวนึ่ง และปลาหมึกแห้งปิ้ง) (17, 31, 107)

3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบค่าแรงกดของอาหารแต่ละชนิด

เตรียมอาหารที่ใช้ทดสอบตามปริมาณที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2 แล้วทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดตามรายละเอียดในหัวข้อ 3.4.4 โดยอาหารแต่ละชนิดจะถูกทดสอบซ้ำกัน 32 ครั้ง (ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงกดหรือความเค้นที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้แบบสอบถาม

แจกแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร และให้อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยให้คะแนนความแข็งและคะแนนความเหนียวของอาหารหลังจากที่เคี้ยวอาหารแต่ละชนิดผ่านทางมาตรวัดด้วยสายตาที่อยู่ในแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด (ภาคผนวก ข) โดยให้ทำแบบสอบถามซ้ำกัน 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ เมื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบสอบถามดังกล่าวแล้ว จึงวัดค่าที่ได้แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยระดับความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิด และคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 บันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เริ่มจากบันทึกค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ ตามด้วยทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยวในระหว่างเคี้ยวอาหารทั้ง 5 ชนิด (ให้อาสาสมัครเคี้ยวเฉพาะด้านที่ถนัด) โดยเลือกวิเคราะห์ผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉพาะช่วง 5 วงเคี้ยวแรก เพื่อป้องกันความแปรผันในแง่ของจำนวนวงเคี้ยวจากลักษณะนิสัยการเคี้ยวของแต่ละบุคคล รายละเอียดเกี่ยวกับการติดตั้งขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทดสอบได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.4.3

การบันทึกด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำซ้ำ 2 ครั้ง ภายในวันเดียวกัน เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และในแต่ละครั้งที่ทดสอบจะสลับลำดับของอาหารทั้ง 5 ชนิด ตามระดับความแข็งเหนียวที่ได้จากการสอบถามความคิดเห็นในการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยลำดับของอาหารที่ใช้ทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แสดงดังแผนภูมิที่ 2

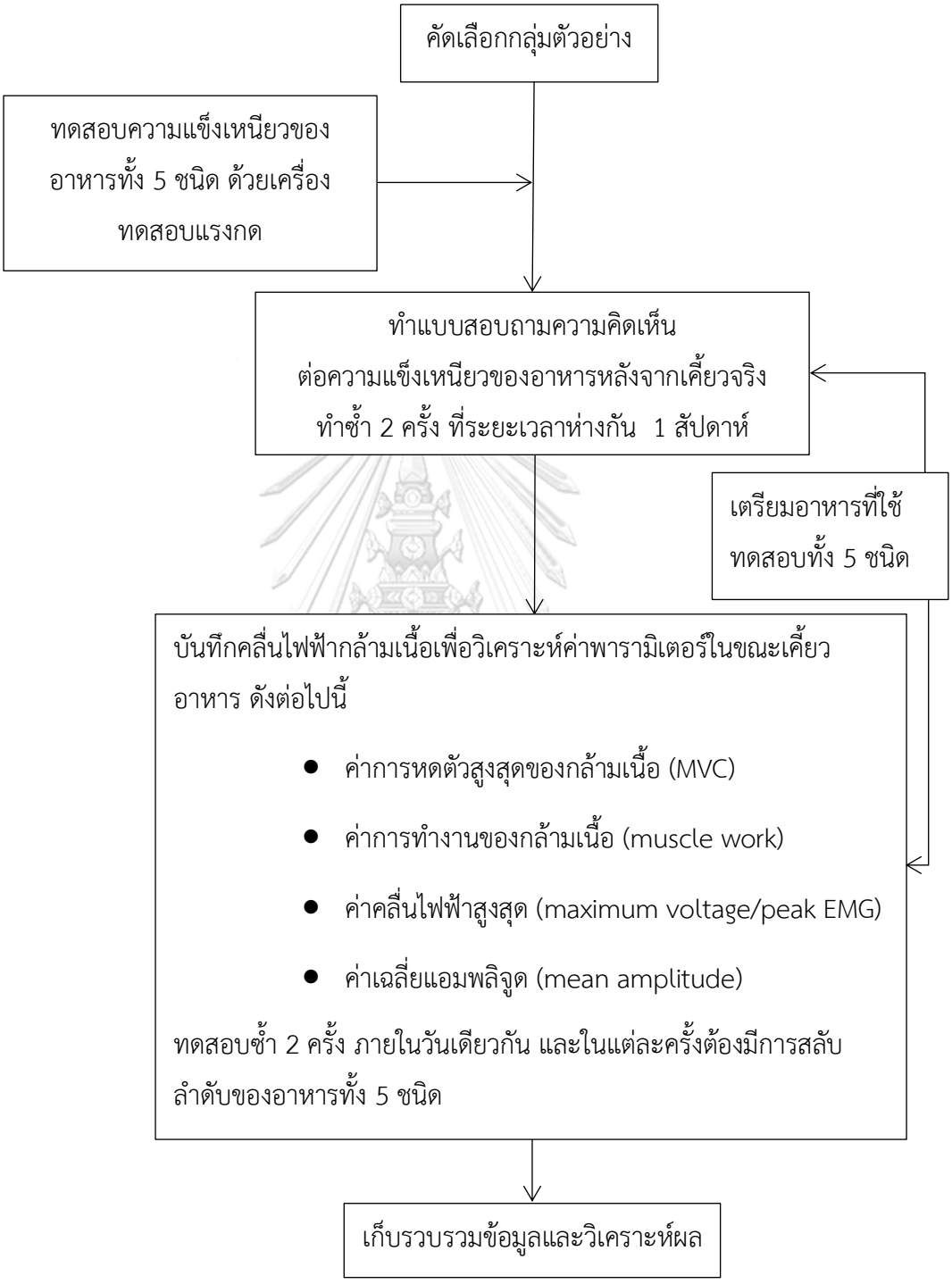
แผนภูมิที่ 2 แสดงลำดับชนิดของอาหารที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยถูกบันทึกค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อหรือเคี้ยวอาหารชนิดหนึ่งเสร็จ ต้องบ้วนน้ำและพักเป็นเวลา 3 นาที (2) ก่อนทดสอบต่อไป

ค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ที่บันทึกซ้ำจะถูกนำมาคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของเครื่องมือ เช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนทั้งหมดสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 3 แสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6.1 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 1

ชนิดอาหาร/ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบ	**N/m^2**
ข้าวต้ม	**Interval scale**
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	
ข้าวเหนียวนึ่ง	
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	
ถั่วลิสงอบเกลือ	

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บจากเครื่องทดสอบค่าแรงกดของอาหาร

3.6.2 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 2

ชนิดอาหาร/คะแนนความแข็งเหนียว	**Visual analog scale**
ข้าวต้ม	**Interval scale**
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	
ข้าวเหนียวนึ่ง	
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	
ถั่วลิสงอบเกลือ	

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บจากแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6.3 ข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่เก็บในขั้นตอนที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.6.3.1 ข้อมูลที่ประมวลผลได้จากซอฟต์แวร์ของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ชนิดของอาหาร/ ค่า EMG	MVCM	MVCT	MwM	MwT	MxM	MxT	MnM	MnT
ข้าวต้ม	**Interval scale**							
ข้าวสวย (หอมมะลิ)								
ข้าวเหนียวนึ่ง								
ปลาหมึกแห้งปิ้ง								
ถั่วลิสงอบเกลือ								

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่ประมวลผลจากซอฟต์แวร์ของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เมื่อ MVCM = maximum voluntary contraction of masseter muscle (mV)

MVCT = maximum voluntary contraction of temporalis muscle (mV)

MwM = muscle work of masseter muscle (mV.s)

MwT = muscle work of temporalis muscle (mV.s)

MxM = maximum voltage of masseter muscle (mV)

MxT = maximum voltage of temporalis muscle (mV)

MnM = mean amplitude of masseter muscle (mV)

MnT = mean amplitude of temporalis muscle (mV)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.3.2 ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ

ชนิดของอาหาร/ค่า EMG	McM	McT	MeM	MeT
ข้าวต้ม	**Interval scale**			
ข้าวสวย (หอมมะลิ)				
ข้าวเหนียวนึ่ง				
ปลาหมึกแห้งปิ้ง				
ถั่วลิสงอบเกลือ				

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลและประเภทของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ

เมื่อ McM = mean muscle work per chew of masseter muscle (mV.s)

McT = mean muscle work per chew of temporalis muscle (mV.s)

MeM = muscle effort of masseter muscle (%)

MeT = muscle effort of temporalis muscle (%)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผล ได้แก่ ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร (N/m^2) ค่าคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกได้ ดังต่อไปนี้

3.7.1 การวัดความเชื่อถือได้

ประเภทของความเชื่อถือได้ที่ใช้งานวิจัยนี้ คือ ความเชื่อถือได้ที่วัดความมีเสถียรภาพ (stability reliability) ซึ่งเป็นการวัดความสอดคล้องกันของเครื่องมือที่ใช้วัดผลในคนกลุ่มเดียวกัน ที่เวลาต่างกัน เรียกว่า เทคนิคการวัดซ้ำ (test-retest technique)

ระดับความน่าเชื่อถือของข้อมูลประเมินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation; r) โดยหากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

ในขั้นตอนดำเนินงานวิจัยที่ 2 และ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบอาหารด้วยแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหาร และการทดสอบด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้า

กล้ามเนื้อตามลำดับ ในแต่ละการทดสอบจะทำซ้ำกัน 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างกัน ตามเทคนิคการวัดซ้ำ หลังจากนั้นผลที่ได้ในแต่ละครั้งจะถูกวัดความเชื่อถือได้ตามหลักการดังกล่าวข้างต้น

ในกรณีที่คำนวณออกมาแล้วการทดสอบ 2 วิธี ดังกล่าว มีความเชื่อถือได้ต่ำ ($r < 0.60$) ทางผู้วิจัยจะพิจารณาแยกวิเคราะห์ผลในกลุ่มตัวอย่างที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันอยู่ในเกณฑ์ “ดีพอใช้” (fair) ขึ้นไป ($r \geq 0.60$) เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งกรณี

3.7.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ในขั้นตอนดำเนินงานวิจัยที่ 1, 2 และ 3 ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร ค่าคะแนนความแข็งเหนียวของอาหารแต่ละชนิดและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะถูกคำนวณหาค่าเฉลี่ยและทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov) ซึ่งหากข้อมูลนี้มีการแจกแจงอย่างปรกติ ก็จะใช้สถิติทดสอบที่ใช้พารามิเตอร์ (parametric test) ได้แก่ การเปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากอาหารแต่ละชนิดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นคู่ๆ ในกรณีที่พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปรกติ จะใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (non-parametric test) ในการทดสอบ โดยใช้การทดสอบครัสคอล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test)

3.7.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี

ในการหาความสัมพันธ์ดังกล่าว จะทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามหรือค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทีละพารามิเตอร์เป็นคู่ๆ ไป ดังแผนภูมิที่ 4 และนอกจากนี้ยังทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความแข็งและความเหนียวของอาหารด้วยแบบสอบถามกับการวัดด้วยเครื่องทดสอบแรงกดอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4 แสดงคู่ของตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

หมายเหตุ ค่าพารามิเตอร์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จะพิจารณาความสัมพันธ์แยกเป็น 2 กรณี ตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ถูกติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า ได้แก่ กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และเทมโพราลิส ตามลำดับ

เนื่องจากเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณทั้งสองตัวแปรเป็นคู่ๆ ไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ในการวัดระดับและทิศทางความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์นี้ทำเพื่อประเมินว่าข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและเครื่องทดสอบแรงกดมากน้อยเพียงใด (convergent validity)

3.8 ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่ทดสอบในผู้เข้าร่วมวิจัยโดยตรง ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาโดยยึดหลักความเคารพในบุคคล (respect for person) หลักการให้ประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดอันตราย (beneficial / non-malefficence) และหลักยุติธรรม (justice) ดังนี้

ก่อนเข้าร่วมการศึกษา

- การศึกษานี้จะต้องผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านจะได้รับข้อมูลอย่างครบถ้วนในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัย
- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีอิสระในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัย และจะเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ต่อเมื่อลงลายมือชื่อในเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยแล้วเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขณะเข้าร่วมการศึกษา

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีสิทธิที่จะออกจากโครงการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยไม่ส่งผลกระทบใดๆ ต่อตัวผู้เข้าร่วมวิจัย
- อาหารที่นำมาทดสอบกับผู้เข้าร่วมวิจัย มีการสำรวจแล้วว่าเป็นอาหารที่คนส่วนใหญ่เคยรับประทานในชีวิตประจำวันได้โดยไม่มีอันตราย โดยอาหารที่ใช้ทดสอบจะต้องเป็นอาหารที่มีความสดใหม่ และหากอาหารดังกล่าวทำให้เกิดอันตรายใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัย ทางผู้วิจัยจะรับผิดชอบต่อผลเสียดังกล่าวที่เกิดขึ้น
- อาหารที่นำมาใช้ทดสอบนี้จัดซื้อโดยผู้วิจัย โดยที่ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ

- เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยอื่นๆ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือความเจ็บปวดต่อผู้เข้าร่วมวิจัย
- ผลที่ได้จากโครงการวิจัยจะถูกนำมาวิเคราะห์ สรุปผล และเผยแพร่ในผู้เข้าร่วมวิจัย รวมถึงประชาชนโดยทั่วไป โดยไม่มีการเปิดเผยข้อมูลรายบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้มีอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 32 คน (เพศชาย 7 คน, หญิง 25 คน) อายุเฉลี่ย 21.4±1.2 ปี และมีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 20.3±1.5 kg/m^2 ผลการวิจัยแบ่งออกได้ดังนี้

4.1 การวัดความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวิจัยด้วยเทคนิคการวัดซ้ำ (test-retest technique)

วิเคราะห์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation; r) โดยหากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

4.1.1 ความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหาร

ชนิดของแบบสอบถาม	Pearson correlation coefficient
ความคิดเห็นต่อความแข็งของอาหาร	0.853*
ความคิดเห็นต่อความเหนียวของอาหาร	0.835*

* *มีนัยสำคัญทางสถิติ*

ตารางที่ 5 แสดงความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.2 ความน่าเชื่อถือของเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคี้ยวอาหารทั้ง 2 ครั้ง จะมีการสลับลำดับของอาหารที่ใช้ทดสอบจากแข็งเหนียวน้อยไปมาก และจากแข็งเหนียวมากไปน้อย แล้วนำค่าคลื่นไฟฟ้าที่ได้มาวัดความน่าเชื่อถือด้วยเทคนิคการวัดซ้ำ เพื่อประเมินว่าลำดับของอาหารที่ใช้ทดสอบมีผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรือไม่

ค่าความน่าเชื่อถือแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อ และชนิดของพารามิเตอร์ ดังนี้

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

พารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	Pearson correlation coefficient
muscle work	0.867*
maximum voltage/peak EMG	0.827*
mean amplitude	0.927*
mean muscle work per chew	0.867*

** มีนัยสำคัญทางสถิติ*

ตารางที่ 6 แสดงค่าความน่าเชื่อถือของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

พารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	Pearson correlation coefficient
muscle work	0.856*
maximum voltage/peak EMG	0.812*
mean amplitude	0.892*
mean muscle work per chew	0.856*

** มีนัยสำคัญทางสถิติ*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงค่าความน่าเชื่อถือของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิส

หมายเหตุ เนื่องจากค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction; MVC) ซอฟต์แวร์จะประมวลผลเลือกค่าสูงสุดเพียงค่าเดียว ผู้วิจัยจึงไม่ได้วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยเทคนิคการวัดซ้ำ รวมถึงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort) ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้ภายหลัง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการวัดครั้งที่ 1 และ 2 จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยเทคนิคการวัดซ้ำได้เช่นกัน

4.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

4.2.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ได้จากแบบสอบถาม

ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิดที่ได้จากแบบสอบถาม แสดงดังตาราง และแผนภูมิต่อไปนี้

ชนิดของอาหาร	ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็ง (mean±SD)	ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียว (mean±SD)
ข้าวต้ม	1.773±2.131*	2.430±3.089
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	12.727±10.129*	22.961±15.544†
ข้าวเหนียว	25.016±13.308*	56.633±18.268‡
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	45.469±21.149*	68.375±21.466‡
ถั่วลิสงอบเกลือ	70.570±15.751*	13.945±16.510†

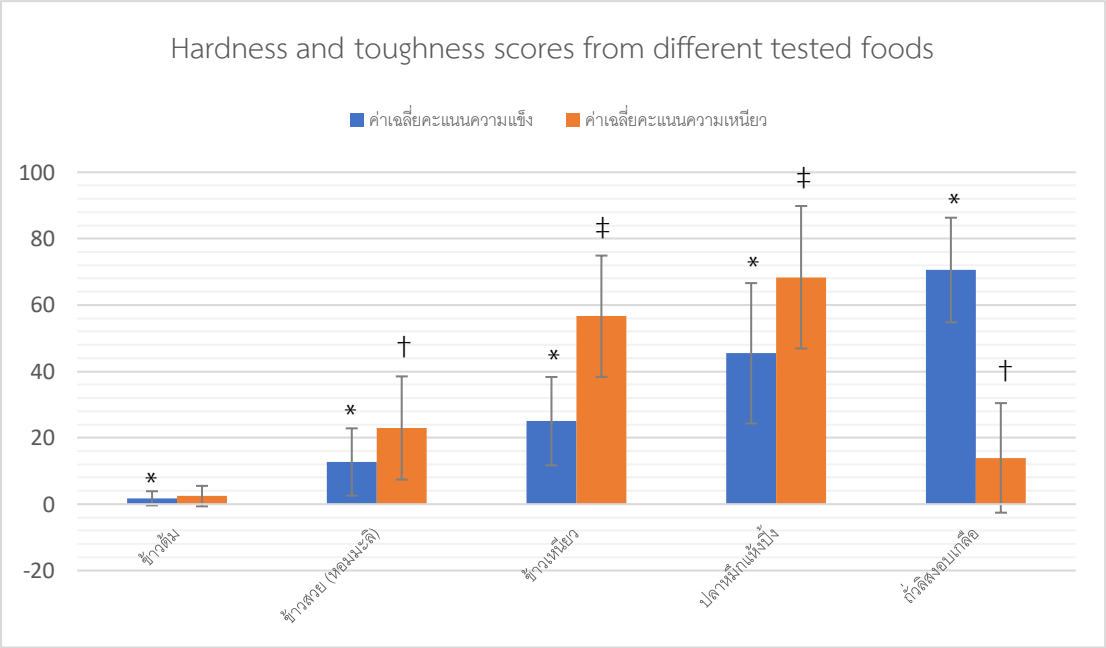
**ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งของอาหารชนิดนั้น แตกต่างจากอาหารอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

†ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวของอาหารชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวต้ม ข้าวเหนียว และปลาหมึกแห้งปิ้ง

‡ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวของอาหารชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) และถั่วลิสงอบเกลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิดที่ได้จากแบบสอบถาม



**ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งของอาหารชนิดนั้นแตกต่างจากอาหารอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

†ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวของอาหารชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวต้ม ข้าวเหนียว และปลาหมึกแห้งปิ้ง

‡ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวของอาหารชนิดนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) และถั่วลิสงอบเกลือ

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิดที่ได้จากแบบสอบถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการเปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบพหุคูณ (multiple comparisons) ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งออกตามชนิดของแบบสอบถาม ได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็ง

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Tamhane พบว่าอาหารที่ใช้ทดสอบทุกชนิด มีค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งของอาหารได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว< ปลาหมึกแห้งปิ้ง< ถั่วลิสงอบเกลือ

ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียว

ในส่วนคะแนนความเหนียวของอาหารจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Tamhane พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวระหว่างอาหารบางชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวระหว่างข้าวสวย (หอมมะลิ) กับถั่วลิสงอบเกลือ (22.961±15.544 และ 13.945±16.510 ตามลำดับ) และปลาหมึกแห้งปิ้งกับข้าวเหนียว (68.375±21.466 และ 56.633±18.268 ตามลำดับ)

จากการวิเคราะห์สามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียวของอาหารได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว/ปลาหมึกแห้งปิ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด

ค่าเฉลี่ยแบ่งตามชนิดของค่าพารามิเตอร์และกล้ามเนื้อที่วัด แสดงได้ดังตารางและแผนภูมิต่อไปนี้

4.2.2.1 ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work) หน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที (mV.s)

ชนิดของอาหาร	กล้ามเนื้อที่วัด	
	แมสซีเตอร์ (mean±SD)	เทมโพราลิส (mean±SD)
ข้าวต้ม	0.183±0.112	0.099±0.061
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	0.360±0.177*	0.228±0.099*
ข้าวเหนียว	0.494±0.238*	0.312±0.113*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	0.363±0.138*	0.235±0.086*
ถั่วลิสงอบเกลือ	0.480±0.236*	0.288±0.129*

**ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดังนี้

Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

จากการทดสอบด้วยสถิติ Tamhane พบว่า*ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวข้าวต้ม (0.183±0.112) แตกต่างจากอาหารทดสอบอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ขณะเคี้ยวอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

การทดสอบด้วยสถิติ Tamhane ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่ามีเพียง *ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยวข้าวต้ม (0.099±0.061) เท่านั้น ที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์นี้ขณะเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

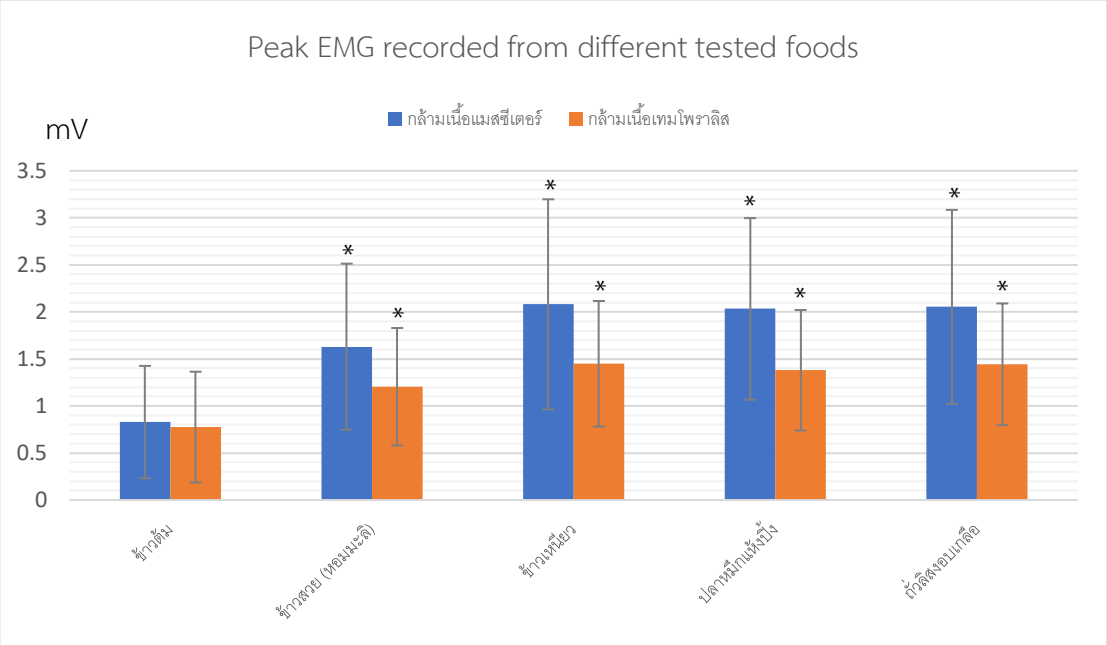
4.2.2.2 ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG) หน่วยมิลลิโวลต์ (mV)

ชนิดของอาหาร	**กล้ามเนื้อที่วัด**	
	แมสซีเตอร์ (mean±SD)	เทมโพราลิส (mean±SD)
ข้าวต้ม	0.828±0.598	0.775±0.589
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	1.630±0.883*	1.204±0.625*
ข้าวเหนียว	2.080±1.117*	1.448±0.668*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	2.032±0.965*	1.380±0.640*
ถั่วลิสงอบเกลือ	2.054 ±1.031*	1.443±0.647*

**ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



**ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

จากการทดสอบด้วยสถิติ LSD พบว่า*ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวข้าวต้ม (0.828±0.598) แตกต่างจากอาหารทดสอบอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ขณะเคี้ยวอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

การทดสอบด้วยสถิติ LSD ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่ามีเพียง*ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยวข้าวต้ม (0.775±0.589) เท่านั้น ที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์นี้ขณะเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

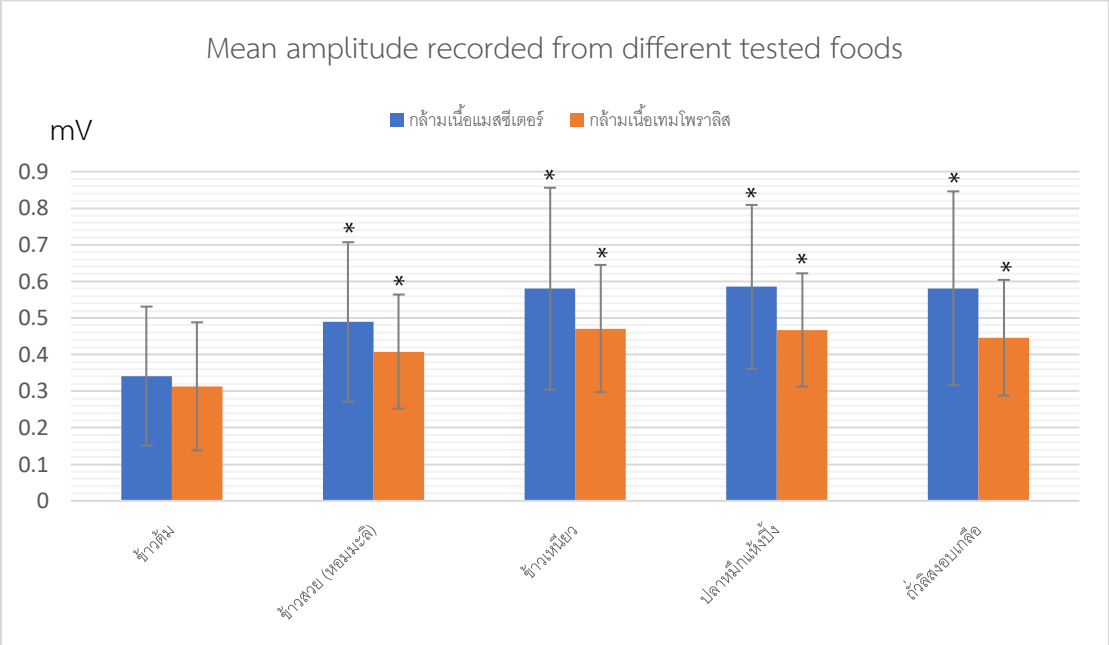
4.2.2.3 ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude) หน่วยมิลลิโวลต์ (mV)

ชนิดของอาหาร	**กล้ามเนื้อที่วัด**	
	แมสซีเตอร์ (mean±SD)	เทมโพราลิส (mean±SD)
ข้าวต้ม	0.341±0.190	0.313±0.175
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	0.489±0.218*	0.408±0.156*
ข้าวเหนียว	0.580±0.276*	0.471±0.174*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	0.585±0.224*	0.467±0.155*
ถั่วลิสงอบเกลือ	0.581±0.265*	0.446±0.158*

**ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



**ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยมิลลิโวลต์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

จากการทดสอบด้วยสถิติ LSD พบว่า*ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวข้าวต้ม (0.341±0.190) แตกต่างจากอาหารทดสอบอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ขณะเคี้ยวอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ข้าวเหนียว/ถั่วลิสงอบเกลือ/ปลาหมึกแห้งปิ้ง

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

การทดสอบด้วยสถิติ LSD ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่ามีเพียง*ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยวข้าวต้ม (0.313±0.175) เท่านั้น ที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์นี้ขณะเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

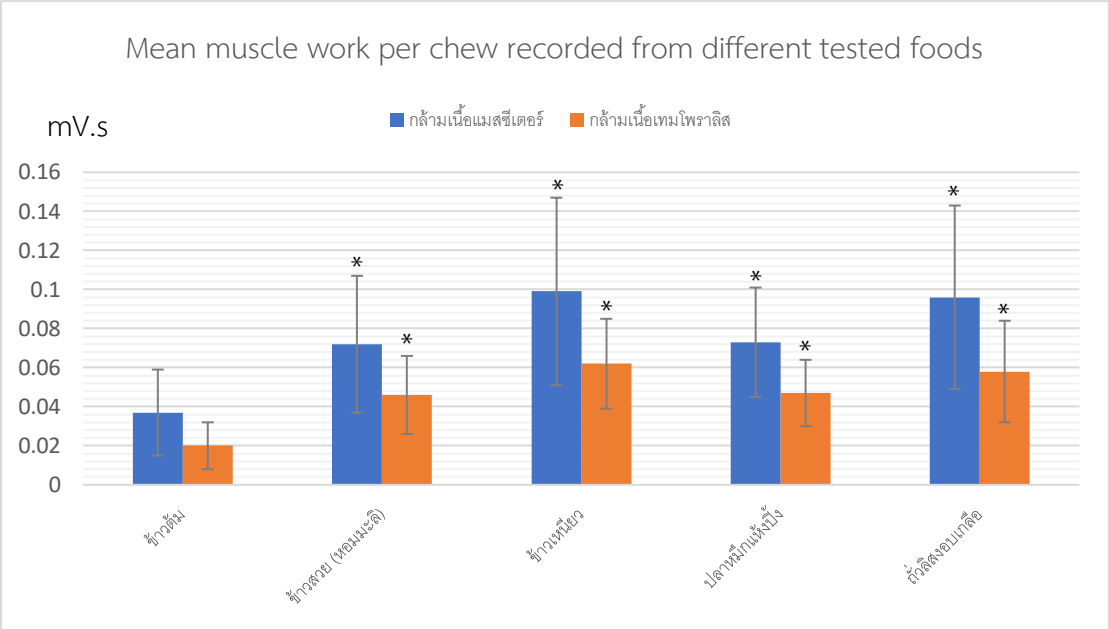
ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ถั่วลิสงอบเกลือ/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ข้าวเหนียว

4.2.2.4 ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew) หน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที (mV.s)

ชนิดของอาหาร	กล้ามเนื้อที่วัด	
	แมสซีเตอร์ (mean±SD)	เทมโพราลิส (mean±SD)
ข้าวต้ม	0.037±0.022	0.020±0.012
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	0.072±0.035*	0.046±0.020*
ข้าวเหนียว	0.099±0.048*	0.062±0.023*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	0.073±0.028*	0.047±0.017*
ถั่วลิสงอบเกลือ	0.096±0.047*	0.058±0.026*

**ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวทั้งสองมัดในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที



**ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวทั้งสองมัดในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาที

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดังนี้

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

จากการทดสอบด้วยสถิติ Tamhane พบว่า*ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว*ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวข้าวต้ม (0.037±0.022) แตกต่างจากอาหารทดสอบอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ขณะเคี้ยวอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการทำงานกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

การทดสอบด้วยสถิติ Tamhane ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่ามีเพียง *ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว*ที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยวข้าวต้ม (0.020±0.012) เท่านั้น ที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์นี้ขณะเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว

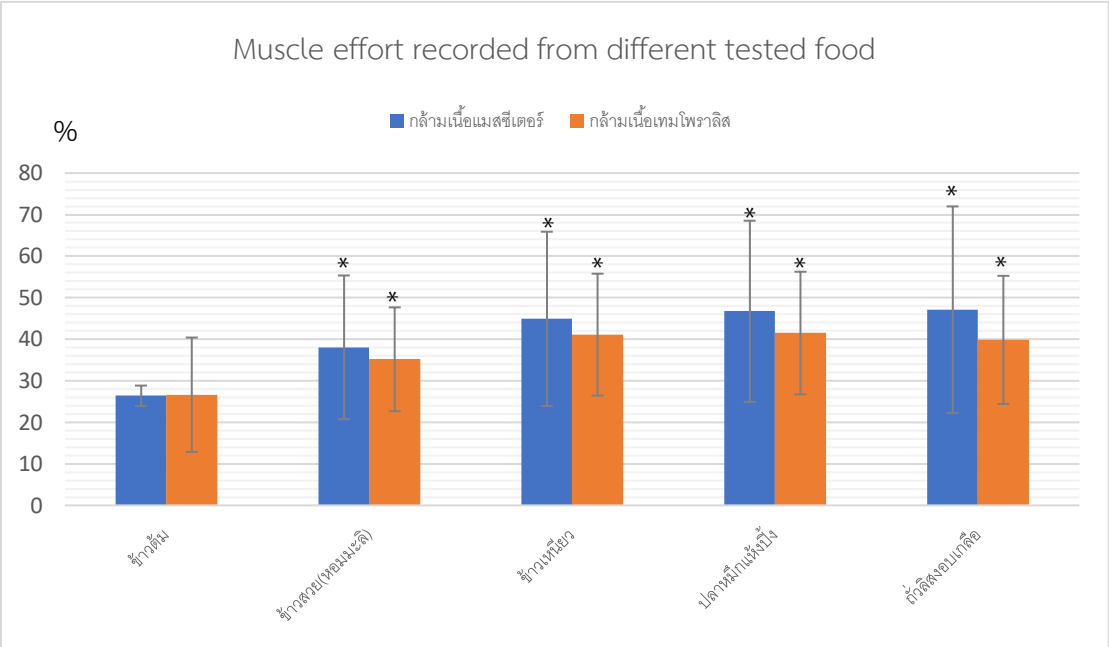
4.2.2.5 ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort) หน่วยร้อยละ (%)

ชนิดของอาหาร	กล้ามเนื้อที่วัด	
	แมสซีเตอร์ (mean±SD)	เทมโพราลิส (mean±SD)
ข้าวต้ม	26.397±2.446	26.640±13.768
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	38.053±17.295*	35.186±12.488*
ข้าวเหนียว	44.909±20.972*	41.116±14.666*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	46.729±21.807*	41.492±14.765*
ถั่วลิสงอบเกลือ	47.129±24.852*	39.845±15.420*

**ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

เกรณมหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 แสดงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยร้อยละ



**ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) เมื่อเทียบกับการเคี้ยวข้าวต้ม*

แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ในหน่วยร้อยละ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ LSD (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยเท่ากัน) หรือสถิติ Tamhane (กรณีที่ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) สามารถแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดังนี้

Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

จากการทดสอบด้วยสถิติ LSD พบว่า*ค่าเฉลี่ยความพยายามของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวข้าวต้ม (26.397±2.446) แตกต่างจากอาหารทดสอบอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ขณะเคี้ยวอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพยายามของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ข้าวเหนียว/ปลาหมึกแห้งปิ้ง/ถั่วลิสงอบเกลือ

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

การทดสอบด้วยสถิติ LSD ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่ามีเพียง*ค่าเฉลี่ยความพยายามของกล้ามเนื้อ*ที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยวข้าวต้ม (26.640±13.768) เท่านั้น ที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์นี้ขณะเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ลำดับของค่าเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)/ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวเหนียว/ปลาหมึกแห้งปิ้ง

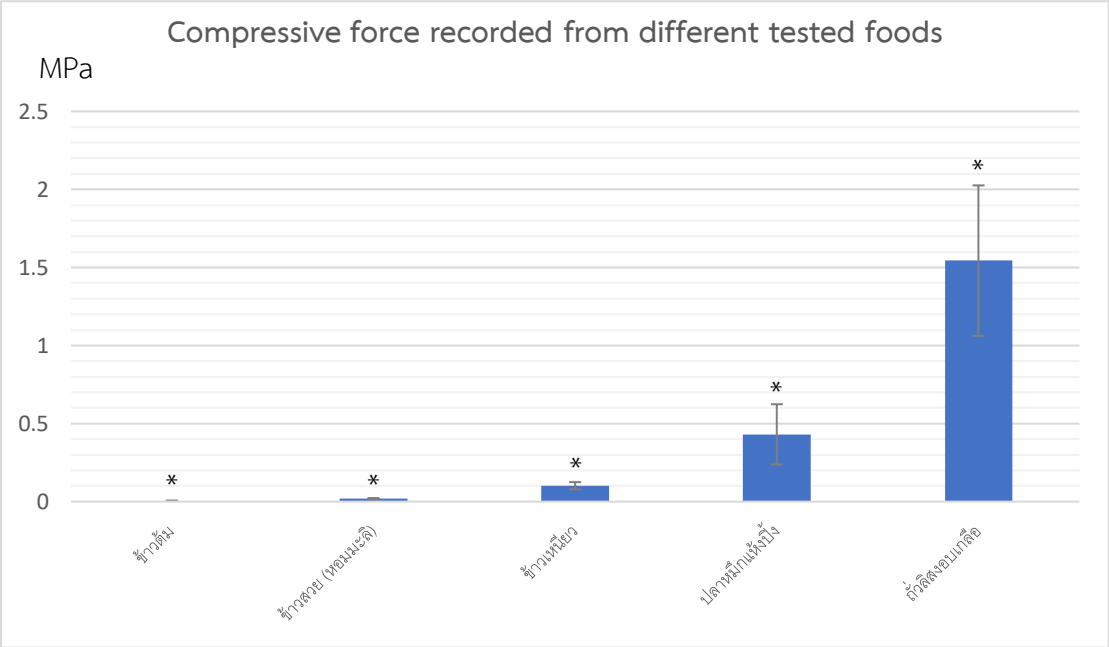
4.2.3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงกด

ค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารหรือความเค้น (stress) ของเนื้ออาหาร ในหน่วยเมกาปาสคาล (megapascal; MPa) แสดงดังตารางและแผนภูมิต่อไปนี้

ชนิดของอาหาร	ค่าเฉลี่ยแรงกด (mean±SD)
ข้าวต้ม	0.005±0.002*
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	0.019±0.004*
ข้าวเหนียว	0.102±0.023*
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	0.431±0.193*
ถั่วลิสงอบเกลือ	1.544±0.482*

**ค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารชนิดนั้นแตกต่างจากอาหารอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารหรือความเค้นของเนื้ออาหาร ในหน่วยเมกาปาสคาล



**ค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารชนิดนั้นแตกต่างจากอาหารอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารหรือความเค้นของเนื้ออาหาร ในหน่วยเมกาปาสคาล

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ One-way ANOVA ตามด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Multiple comparisons ด้วยสถิติ Tamhane (ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน) พบว่าอาหารทุกชนิดให้ค่าเฉลี่ยแรงกดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว< ปลาหมึกแห้งปิ้ง< ถั่วลิสงอบเกลือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวโน้มของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การใช้แบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตา การใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แสดงแนวโน้มค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้ง 3 วิธี

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี

ความสัมพันธ์ของการทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถวิเคราะห์โดยใช้ค่า Pearson correlation coefficient (r) ในการวัดระดับและทิศทางความสัมพันธ์ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงได้ดังนี้

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละพารามิเตอร์

แบ่งออกเป็น 2 กรณีตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ใช้วัดคลื่นไฟฟ้า

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

ชนิดของแบบสอบถาม	EMG parameters	Pearson correlation coefficient
คะแนนความแข็ง	Muscle work	0.256*
	Peak EMG	0.260*
	Mean amplitude	0.224*
	Mean muscle work per chew	0.256*
	Muscle effort	0.313*
คะแนนความเหนียว	Muscle work	0.228*
	Peak EMG	0.286*
	Mean amplitude	0.257*
	Mean muscle work per chew	0.228*
	Muscle effort	0.297*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

* *มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

ตารางที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์แต่ละพารามิเตอร์

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

ชนิดของแบบสอบถาม	EMG parameters	Pearson correlation coefficient
คะแนนความแข็ง	Muscle work	0.384*
	Peak EMG	0.301*
	Mean amplitude	0.245*
	Mean muscle work per chew	0.384*
	Muscle effort	0.275*
คะแนนความเหนียว	Muscle work	0.341*
	Peak EMG	0.258*
	Mean amplitude	0.281*
	Mean muscle work per chew	0.341*
	Muscle effort	0.296*

* *มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

ตารางที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสแต่ละพารามิเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม

ค่าการทดสอบ		Pearson correlation coefficient
ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร	คะแนนความแข็ง	0.750*
	คะแนนความเหนียว	Ns

** มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

Ns ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ตารางที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม

4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละพารามิเตอร์

แบ่งออกเป็น 2 กรณีตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ใช้วัดคลื่นไฟฟ้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

ค่าการทดสอบ		Pearson correlation coefficient
ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร	Muscle work	0.220*
	Peak EMG	0.198*
	Mean amplitude	0.174*
	Mean muscle work per chew	0.220*
	Muscle effort	0.196*

** มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

ตารางที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์แต่ละพารามิเตอร์

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

ค่าการทดสอบ		Pearson correlation coefficient
ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร	Muscle work	0.239*
	Peak EMG	0.190*
	Mean amplitude	Ns
	Mean muscle work per chew	0.239*
	Muscle effort	Ns

** มีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)*

Ns หมายถึง ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ตารางที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสแต่ละพารามิเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ดังต่อไปนี้

5.1.1 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลวิจัย

อาสาสมัครทั้ง 32 คน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันอยู่ในระดับสูง (ค่า $r > 0.8$) ทั้งการใช้แบบสอบถามความคิดเห็น และการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการประเมินความแข็งและความเหนียวของอาหาร แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการทดสอบซ้ำเครื่องมือวิจัยทั้งสองชนิดมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูง

5.1.2 การวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

5.1.2.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ได้จากแบบสอบถาม

ในการใช้แบบสอบถามความคิดเห็นประเมินความแข็งของอาหารพบว่าอาหารทุกชนิด ได้แก่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือ มีคะแนนความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของความเหนียวมีอาหารบางชนิดที่กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนความเหนียวออกมาไม่แตกต่างกัน ได้แก่ ข้าวสวย (หอมมะลิ) กับถั่วลิสงอบเกลือ และปลาหมึกแห้งปิ้งกับข้าวเหนียว โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากน้อยไปมาก แบ่งระดับคะแนนตามความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็ง (แบ่งออกได้ 5 ระดับ)

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว< ปลาหมึกแห้งปิ้ง< ถั่วลิสงอบเกลือ

ค่าเฉลี่ยคะแนนความเหนียว (แบ่งออกได้ 3 ระดับ)

ข้าวต้ม< ถั่วลิสงอบเกลือ/ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว/ปลาหมึกแห้งปิ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2.2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด

เมื่อวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยแยกตามกล้ามเนื้อ และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่าค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work) แมสซีเตอร์เพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวข้าวต้ม (0.183±0.112) ข้าวสวย (หอมมะลิ) (0.360±0.177) และข้าวเหนียว (0.494±0.238) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความแข็งเหนียวของอาหาร แต่เมื่อเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งพบว่าค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีค่าลดลงไป (0.363±0.138) โดยพบว่าค่าพารามิเตอร์นี้เพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวถั่วลิสงอบเกลือ (0.480±0.236) ซึ่งมีแนวโนวโน้มเดียวกับค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew) สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG) ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean amplitude) และค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort) มีแนวโน้มเดียวกัน โดยพบว่าค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) และข้าวเหนียว หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มคงที่เมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามคะแนนความแข็งของอาหารมากที่สุด เรียงลำดับจากน้อยไปมาก คือ ข้าวต้ม (26.397±2.446) ข้าวสวย (หอมมะลิ) (38.053±17.295) ข้าวเหนียว (44.909±20.972) ปลาหมึกแห้งปิ้ง (46.729±21.807) และถั่วลิสงอบเกลือ (47.129±24.852) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้าทุกพารามิเตอร์มีเพียงค่าที่ได้จากการเคี้ยวข้าวต้มเท่านั้นที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งค่าคลื่นไฟฟ้าทุกพารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์มีแนวโน้มสอดคล้องกับกล้ามเนื้อเทมโพราลิส แต่มีความแตกต่างกันคือกล้ามเนื้อเทมโพราลิสให้ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกพารามิเตอร์ต่ำกว่า รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10-14 และแผนภูมิที่ 6-10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยสรุปค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทั้งสองมัดให้ผลสอดคล้องกัน โดยพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะที่กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสงอบเกลือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีเพียงข้าวต้มเท่านั้นที่กลุ่มตัวอย่างให้ค่าคลื่นไฟฟ้าขณะเคี้ยวของกล้ามเนื้อทั้งสองมัดน้อยกว่าอาหารชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ผู้วิจัยแบ่งระดับความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้ความแตกต่างของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อได้เพียง 2 ระดับ

5.1.2.3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดอาหารที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงกด

พบว่าอาหารทุกชนิดให้ค่าเฉลี่ยแรงกดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยลำดับของค่าเฉลี่ยแรงกดจากน้อยไปมากแสดงได้ดังนี้

ข้าวต้ม< ข้าวสวย (หอมมะลิ)< ข้าวเหนียว< ปลาหมึกแห้งปิ้ง< ถั่วลิสงอบเกลือ

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสามวิธี

5.1.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละพารามิเตอร์

แบ่งตามตำแหน่งกล้ามเนื้อ ได้ดังนี้

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

คะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหาร มีความสัมพันธ์กับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกพารามิเตอร์ โดยพารามิเตอร์ที่พบความสัมพันธ์กับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารมากที่สุด ได้แก่ ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (ค่า r = 0.313 และ 0.297 ตามลำดับ)

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

ให้ผลสอดคล้องกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยพบว่าทั้งคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหาร มีความสัมพันธ์กับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกพารามิเตอร์เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อเทมโพราลิส ค่าพารามิเตอร์ที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารมากที่สุด ได้แก่ ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (ค่า r = 0.384 และ 0.341 ตามลำดับ) และค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (ค่า r = 0.384 และ 0.341 ตามลำดับ) ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์นี้ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันกับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารเท่ากัน

5.1.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม

พบว่าค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารมีความสัมพันธ์กับคะแนนความแข็งของอาหารเท่านั้น โดยพบความสัมพันธ์ในระดับสูง (ค่า r = 0.750)

5.1.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแต่ละพารามิเตอร์

แบ่งตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อ ได้ดังนี้

กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์

ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร มีความสัมพันธ์กับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกพารามิเตอร์ โดยพารามิเตอร์ที่พบความสัมพันธ์มากที่สุด ได้แก่ ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันกับค่าแรงกดเท่ากัน (ค่า r = 0.220)

กล้ามเนื้อเทมโพราลิส

ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด และค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว เป็นค่าพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าแรงกดมากที่สุด (ค่า r = 0.239) เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยกล้ามเนื้อเทมโพราลิสพบความสัมพันธ์กับค่าแรงกดมากกว่าเล็กน้อย

5.2 อภิปรายผล

บางการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความแปรผันของข้อมูลในแต่ละครั้งที่วัดซ้ำได้ค่อนข้างมาก (67, 90) โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีหลายปัจจัยด้วยกัน ทั้งปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น อายุ น้ำหนัก ความเจ็บปวด ลักษณะโครงสร้างใบหน้า เป็นต้น และปัจจัยทางด้านเทคนิค เช่น ตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า การเคลื่อนขยับของศีรษะหรือร่างกายขณะวัด เป็นต้น (67, 112, 113) ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามควบคุมปัจจัยเหล่านี้ โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างให้มีความจำเพาะ และทดสอบคลื่นไฟฟ้าซ้ำภายในวันเดียวกัน เพื่อลดความแปรผันจากปัจจัยทางกายภาพและเทคนิคที่ใช้ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าทั้งเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และแบบสอบถามเป็นเครื่องมือทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารที่มีค่าความน่าเชื่อถือของข้อมูลอยู่ในระดับสูง เมื่อมีการทดสอบซ้ำ (ค่า r > 0.8) โดยบทวิจารณ์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

5.2.1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแต่ละวิธี

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบอาหารด้วยวิธีต่างๆ พบว่าการใช้เครื่องทดสอบแรงกดและแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร สามารถจำแนกระดับความแข็ง

เหนียวของอาหารได้ดี โดยจำแนกได้ 3-5 ระดับตามความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ ในขณะที่การใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถจำแนกระดับความแข็งเหนียวอาหารตาม ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าได้เพียง 2 ระดับเท่านั้น

ในส่วนการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวผู้วิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ได้แก่ ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด และค่าความพยายามของกล้ามเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับในช่วงการเคี้ยวข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) และข้าวเหนียว หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มคงที่เมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือ ต่างจากค่าการทำงานของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว ซึ่งผู้วิจัยพบว่าทั้งสองพารามิเตอร์นี้มีค่าลดลงเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้ง (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10-14 และแผนภูมิที่ 6-10) ทั้งนี้เนื่องจากค่าคลื่นไฟฟ้าทั้งสองพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้เคี้ยวแต่ละครั้ง โดยมีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์คูณวินาที (mV.s) ดังนั้นการที่ปลาหมึกแห้งปิ้งมีขนาดชิ้นเล็กและบาง จึงอาจทำให้อาสาสมัครใช้เวลาเคี้ยวแต่ละครั้งน้อยกว่าอาหารชนิดอื่น ส่งผลให้ทั้งค่าการทำงานของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวออกมาต่ำกว่าการเคี้ยวข้าวเหนียว และถั่วลิสงอบเกลือ โดยมีค่าใกล้เคียงกับการเคี้ยวข้าวสวย สอดคล้องกับการศึกษาของ Kohyama และคณะ (32) ที่พบว่าขนาดของชิ้นอาหารส่งผลต่อค่าการทำงานของกล้ามเนื้อในหน่วยมิลลิโวลต์คูณวินาทีได้ ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Mioche และคณะกับการศึกษาของ Iguchi และคณะ (12, 17, 20) ที่พบว่าค่าพารามิเตอร์นี้เพิ่มระดับไปตามความแข็งเหนียวของอาหาร แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเหล่านี้ใช้อาหารที่สามารถเตรียมได้ในปริมาณเท่าๆ กัน (น้ำหนักหรือปริมาตร) นอกจากนี้เมื่อทดสอบทางสถิติการที่กล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีการทำงานแตกต่างกันเพียง 2 ระดับขณะเคี้ยวอาหารทดสอบชนิดต่างๆ อาจเนื่องมาจากในสภาวะการบดเคี้ยวกล้ามเนื้อมีการปรับตัวต่อความแข็งเหนียวของอาหารเพื่อไม่ให้เกิดแรงในการบดเคี้ยวมากเกินไป โดยขณะเคี้ยวแรงต้านจากอาหารจะส่งสัญญาณผ่านตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ (periodontal mechanoreceptor) ในเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) ซึ่งตอบสนองไวต่อการรับข้อมูลเกี่ยวกับทิศทางและขนาดของแรงที่เกิดขึ้นบนฟัน โดยข้อมูลจากตัวรับแรงเชิงกลนี้จะถูกส่งต่อไปยังสมอง เพื่อให้สมองสั่งการลงมาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างเหมาะสม (48, 114) นอกจากนี้สัญญาณจากตัวรับความรู้สึกของอวัยวะบดเคี้ยวต่างๆ เช่น ลิ้น ริมฝีปาก เพดานปาก ฟัน รวมถึงเอ็นยึดปริทันต์ยังสามารถส่งต่อข้อมูลไปยังศูนย์สร้างรูปแบบการเคลื่อนไหวกลางหรือซีพีจี (central pattern generator; CPG) ที่อยู่บริเวณก้านสมอง ซึ่งซีพีจีเป็นโครงสร้างที่ช่วยกำหนดจังหวะและควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวให้มีความเหมาะสม ทำให้เกิดการเคี้ยวที่มีประสิทธิภาพ ไม่นำมาซึ่งการบาดเจ็บของอวัยวะบดเคี้ยว (28) ระบบบดเคี้ยวจึงอาจมีกลไกควบคุมเพื่อป้องกันมิให้กล้ามเนื้อยกขากรรไกร (ทั้งกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แมสซีเตอร์และเทมโพราลิส) ทำงานมากเกินไปในช่วง 5 วงเคี้ยวแรก แม้ว่าความแข็งหรือความเหนียวของอาหารจะเพิ่มขึ้นก็ตาม นอกจากนี้การที่กล้ามเนื้อทำงานไม่สอดคล้องกับค่าแรงกดอาหารที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากสภาพอาหารขณะที่อยู่ในช่องปากมีความแตกต่างจากขณะที่ถูกทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด

5.2.2 ความสัมพันธ์ของการทดสอบอาหารทั้งสามวิธี

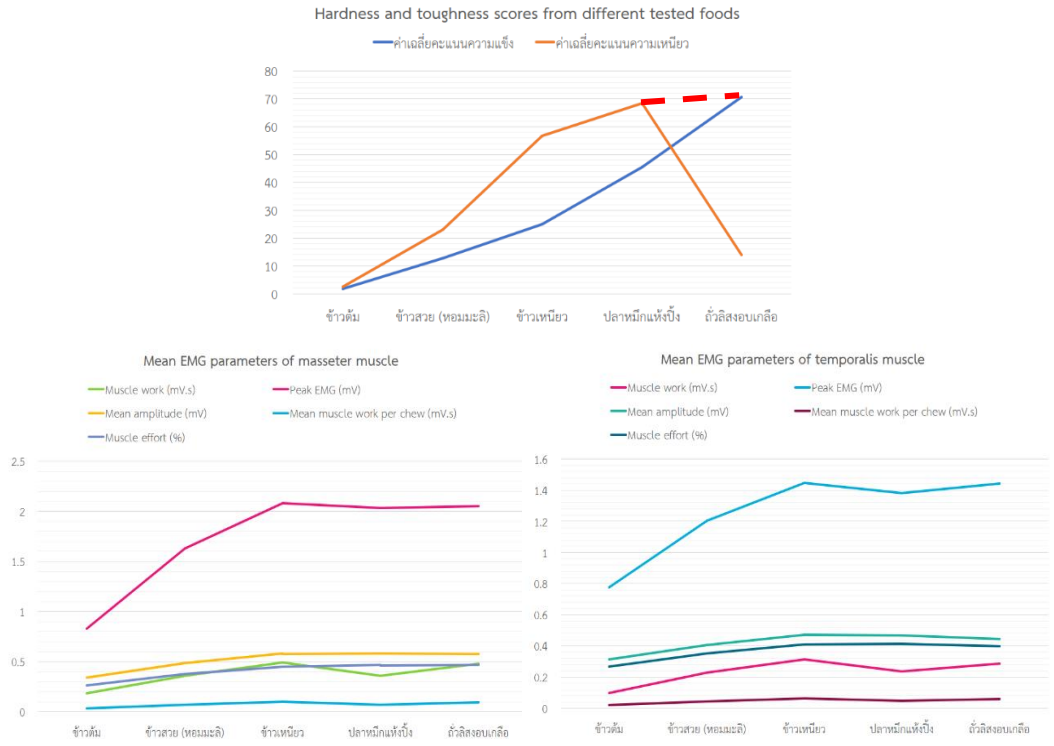
เนื่องจากนิยามของคำว่า “ความแข็ง” คือแรงที่ใช้ในการทำให้ชิ้นอาหารแตกออกระหว่างที่มีการกัดครั้งแรกด้วยฟันกราม (115) ซึ่งเป็นแรงแนวดิ่งที่เกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบอาหารด้วยเครื่องทดสอบแรงกด ดังนั้นจากแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ใช้มาตรวัดด้วยสายตาในการประเมิน ผู้วิจัยจึงพบว่ามีเพียงคะแนนความแข็งเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบอาหาร โดยพบความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ($r = 0.750$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Salleh และคณะ (23) ส่วนการทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้าทุกๆ พารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์มีความสัมพันธ์กับค่าแรงกดอาหาร แต่มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าแบบสอบถาม (ค่า r อยู่ในช่วง 0.174-0.220) ในขณะที่กล้ามเนื้อเทมโพราลิสพบความสัมพันธ์กับค่าแรงกดอาหารเพียงบางพารามิเตอร์เท่านั้น (ค่า r อยู่ในช่วง 0.190-0.239) ซึ่งความสัมพันธ์นี้มีแนวโน้มเดียวกับการศึกษาของ Ioannides และคณะ (108) ที่พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำระหว่างการทดสอบชิ้นแอปเปิ้ลที่มีระดับความแข็งต่างๆ กันด้วยเครื่องทดสอบแรงกดกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การที่ผู้วิจัยพบเพียงความสัมพันธ์ในระดับต่ำระหว่างพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและค่าแรงกดอาหาร อาจเนื่องมาจากในการทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อผู้วิจัยทดสอบในสภาวะการบดเคี้ยวจริง ซึ่งประกอบไปด้วยอวัยวะบดเคี้ยวต่างๆ ที่ทำงานร่วมกัน เช่น ฟัน ลิ้น ข้อต่อขากรรไกร กล้ามเนื้อบดเคี้ยว เป็นต้น มีการควบคุมโดยระบบประสาทและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ในสภาวะการบดเคี้ยวจริงยังมีการเคลื่อนขากรรไกรในหลายทิศทาง ทำให้เกิดแนวแรงที่กระทำต่อชิ้นอาหารในช่องปากแตกต่างกันออกไป (28) ต่างจากการทดสอบทางห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องทดสอบแรงกด ซึ่งมีแนวแรงทดสอบเพียงทิศทางเดียว ไม่มีอิทธิพลจากอวัยวะบดเคี้ยวต่างๆ รวมถึงไม่มีการควบคุมโดยระบบประสาทและกล้ามเนื้อเข้ามาเกี่ยวข้อง อีกทั้งสภาพชิ้นอาหารทดสอบขณะเคี้ยวจริงอาจมีความแตกต่างจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จึงอาจทำให้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงกดไม่สามารถนำมาใช้อธิบายถึงการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ดีนัก ในขณะที่ผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวและการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารด้วยแบบสอบถาม (ซึ่งทดสอบในสภาวะบดเคี้ยวจริง) มากกว่า (ค่า r อยู่ในช่วง 0.224-0.384) แต่ก็พบเพียงความสัมพันธ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง และผู้วิจัยพบว่าคะแนนความแข็งเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามมี

ความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้งสองมัด โดยค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่จากกล้ามเนื้อเทมโพราลิสมีความสัมพันธ์กับแบบสอบถามมากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ มีเพียงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์เท่านั้นที่พบความสัมพันธ์กับแบบสอบถามมากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพราลิส (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 16 และ 17) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่าในขณะเคี้ยวอาหารชนิดต่างๆ กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ให้ค่าคลื่นไฟฟ้าทุกๆ พารามิเตอร์มากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพราลิส ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาอื่นๆ (17, 29) และด้วยเหตุนี้ทำให้ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ซึ่งเป็นค่าร้อยละการทำงานของกล้ามเนื้อเทียบกับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อคูณด้วยระยะเวลาที่ใช้เคี้ยวมีความสัมพันธ์กับความแข็งเหนียวของอาหารมากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพราลิส

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของคะแนนความแข็งเหนียวของอาหาร และค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์และกล้ามเนื้อเทมโพราลิส ผู้วิจัยพบว่าหากผู้วิจัยแทนค่าคะแนนความเหนียวของถั่วลิสงอบเกลือด้วยคะแนนความแข็งของถั่วลิสงอบเกลือ จะทำให้แนวโน้มของค่าคะแนนความเหนียวมีลักษณะใกล้เคียงกับค่าคลื่นไฟฟ้าแต่ละพารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้ง 2 มัด (แสดงในภาพที่ 7) โดยเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความเหนียวที่ถูกแทนที่ด้วยคะแนนความแข็งของถั่งลิสงอบเกลือ กับค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 2 มัด พบว่าความสัมพันธ์ที่ได้มีค่าสูงขึ้น (ค่า r อยู่ในช่วง 0.341-0.497) ซึ่งสาเหตุที่ผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ในระดับที่สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากถั่วลิสงอบเกลือเป็นอาหารที่มีความแข็งแต่ไม่มีความเหนียว ในขณะที่อาหารทดสอบอีก 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียว และปลาหมึกแห้งปิ้ง มีลักษณะเหนียวมากกว่าแข็ง ดังนั้นเมื่อแทนค่าคะแนนความเหนียวของถั่วลิสงอบเกลือด้วยคะแนนความแข็ง ผู้วิจัยจึงพบความสัมพันธ์ในระดับที่สูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 7 แสดงแนวโน้มคะแนนความเหนียวของอาหาร เมื่อแทนค่าคะแนนความเหนียวของถั่วลิสงอบเกลือ ด้วยคะแนนความแข็งของถั่วลิสงอบเกลือ (เส้นประสีแดง) เทียบกับแนวโน้มค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้ง 2 มัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในขณะเคี้ยวการที่ความแข็งเหนียวของอาหารมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อเทมโพราลิสมากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์นั้น อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าเฉพาะกล้ามเนื้อเทมโพราลิสส่วนหน้าซึ่งมีขนาดเล็ก และมีแนวการเกาะของมัดกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับแนวแรงบดเคี้ยวที่น้อยกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ ส่งผลให้เมื่อเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งเหนียวมากขึ้น กล้ามเนื้อเทมโพราลิสต้องทำงานเพิ่มมากขึ้นกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ (เนื่องจากผู้วิจัยพบว่ากล้ามเนื้อเทมโพราลิสสร้างแรงกล้ามเนื้อได้น้อยกว่า) เพื่อปรับเปลี่ยนแรงบดเคี้ยวให้เหมาะสม ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mioche และคณะ (17) นอกจากนี้ Naeije และคณะยังพบว่าในช่วงที่มีการกัดด้วยแรงขนาดต่ำๆ กล้ามเนื้อเทมโพราลิสจะเป็นกล้ามเนื้อหลักที่ทำงาน (116) ซึ่งอาจส่งผลให้กล้ามเนื้อเทมโพราลิสปรับเปลี่ยนการทำงานไปตามความแข็งเหนียวของอาหารได้มากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยหากเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของ

อาหารจากแบบสอบถาม พบว่าคะแนนความแข็งมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัดมากกว่าคะแนนความเหนียวเล็กน้อย

โดยสรุปแล้วการศึกษานี้พบว่าการใช้แบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตาหรือวีเอเอสก็เพียงพอต่อการบ่งบอกระดับความแข็งของอาหาร เนื่องจากพบความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าแรงกดอาหาร แต่ในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง อาจเนื่องมาจากขณะเคี้ยวกล้ามเนื้อมีการปรับตัวต่อความแข็งเหนียวของอาหารไม่ให้เกิดการทำงานมากเกินไป ดังนั้นแบบสอบถามความแข็งเหนียวของอาหารที่ใช้มาตรวัดด้วยสายตาในการประเมินจึงเป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้สูงในการบ่งบอกลักษณะทางกายภาพ (ความแข็ง) ของอาหารและเชื่อถือได้ปานกลางในการบ่งบอกการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว โดยหากแทนที่คะแนนความเหนียวของถั่วลิสงด้วยคะแนนความแข็ง ผู้วิจัยพบว่าการใช้แบบสอบถามความแข็งเหนียวอาหารจะมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น ในแง่การบ่งบอกการทำงานของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในแง่ของปริมาณอาหารที่ใช้ทดสอบ เนื่องจากอาหารบางชนิด ได้แก่ ปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือมีลักษณะเนื้ออาหารแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ยากต่อการเตรียมอาหารเหล่านี้ให้มีขนาดและปริมาณเท่าๆ กัน ผู้วิจัยจึงเตรียมปริมาณอาหารโดยอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้าเป็นหลัก และเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการรับประทานใน 1 คำ (15) อาจทำให้เกิดความแปรผันของข้อมูลที่ได้ ซึ่งการศึกษาในลักษณะเดียวกันของ Miyaoka และคณะ (98) ที่ใช้อาหารทดสอบหลายชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน ก็พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำระหว่างความแข็งเหนียวของอาหารต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าคะแนนความแข็งเหนียวของอาหารที่ใช้ทดสอบในการศึกษานี้มีค่าจำกัดอยู่ในช่วง 1.773-70.570 คะแนน ซึ่งหากผู้วิจัยเลือกใช้อาหารที่มีระดับความแข็งเหนียวเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้พบความสัมพันธ์ในระดับสูงขึ้น และถึงแม้ว่าในงานวิจัยนี้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารบางชนิด แต่ก็ไม่สามารถบอกได้ว่าค่าคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารเหล่านั้นมีนัยสำคัญทางคลินิกหรือไม่

เนื่องจากแบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตาสามารถจำแนกระดับความแข็งเหนียวของอาหารได้ดีกว่าการทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ดังนั้นหากจะนำแบบสอบถามความแข็งเหนียวของอาหารที่ใช้มาตรวัดด้วยสายตาในการประเมินไปใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยทีเอ็มดี ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบก่อนว่าระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารที่ได้จากการสอบถามความรู้สึกกับระดับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหาร สิ่งใดมีความสัมพันธ์กับอาการเจ็บปวดของผู้ป่วยมากกว่ากัน อย่างไรก็ตาม Lund และคณะ (54) ได้เสนอแนวคิดทฤษฎีการปรับตัวของร่างกายต่อความเจ็บปวด (pain adaptation model)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอาไว้ โดยกล่าวว่าเมื่อมีความเจ็บปวดเกิดขึ้น กลุ่มกล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว (agonist muscle) จะลดการทำงานลง ในขณะเดียวกันจะพบการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้านการเคลื่อนไหว (antagonist muscle) โดยหากกลไกนี้เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อบดเคี้ยว จะนำมาซึ่งการจำกัดการเคลื่อนที่ของขากรรไกรและความยากลำบากในการบดเคี้ยวอาหารได้ (3, 11) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Svensson และคณะ (59) และผลการศึกษาของ Shimada และคณะ (10) ที่พบว่าความเจ็บปวดส่งผลต่อการลดการทำงานของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ขณะเคี้ยวอาหาร ด้วยเหตุนี้จึงอาจทำให้ระดับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารมีความสัมพันธ์กับอาการเจ็บปวดของผู้ป่วยมากกว่าระดับความแข็งเหนียวของอาหารที่ได้จากการสอบถามความรู้สึกก็เป็นได้ แต่ก็เป็นเพียงสมมติฐานของผู้วิจัยซึ่งควรมีการศึกษาต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากอาหารแต่ละชนิดมีลักษณะเนื้ออาหารแตกต่างกัน เช่น บางชนิดมีความแข็งแต่ไม่มีความเหนียว เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาถัดไปการใช้แบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตา ควรมีการทดสอบโดยใช้คำว่า “ความแข็งหรือเหนียว” เพิ่มอีกหนึ่งกรณี แล้ววิเคราะห์ว่าความสัมพันธ์ต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่ได้มีค่าสูงขึ้นหรือไม่

2) ในการศึกษาถัดไปผู้วิจัยควรเพิ่มชนิดของอาหารที่มีความแข็งเหนียวมากขึ้น (มากกว่า 70 คะแนนของสเกลมาตรวัดด้วยสายตา) เพื่อประเมินว่าระดับความแข็งเหนียวนี้ส่งผลต่อการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หากพบว่าส่งผลอาจทำให้ผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารจากแบบสอบถามต่อการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในระดับที่สูงขึ้น

3) ค่าคลื่นไฟฟ้าแต่ละพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด ควรนำไปศึกษาต่อในทางคลินิกว่าสัมพันธ์กับอาการเจ็บปวด หรือความผิดปรกติในการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวในผู้ป่วยทีเอ็มดีหรือไม่ อย่างไร

4) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งระดับความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้แบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตา เทียบกับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวว่าวิธีใดมีความสัมพันธ์กับอาการเจ็บปวด หรือความผิดปรกติในการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวในผู้ป่วยทีเอ็มดีมากกว่ากัน เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้พัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. Lobbezoo F, van Selms MK, Naeije M. Masticatory muscle pain and disordered jaw motor behaviour: Literature review over the past decade. Arch Oral Biol. 2006;51(9):713-20.

2. Ferreira CL, Machado BC, Borges CG, Rodrigues Da Silva MA, Sforza C, De Felicio CM. Impaired orofacial motor functions on chronic temporomandibular disorders. J Electromyogr Kinesiol. 2014;24(4):565-71.

3. Kumbuloglu O, Saracoglu A, Bingol P, Hatipoglu A, Ozcan M. Clinical study on the comparison of masticatory efficiency and jaw movement before and after temporomandibular disorder treatment. Cranio. 2013;31(3):190-201.

4. Cooper BC, Kleinberg I. Examination of a large patient population for the presence of symptoms and signs of temporomandibular disorders. Cranio. 2007;25(2):114-26.

5. Kumar A, Brennan MT. Differential diagnosis of orofacial pain and temporomandibular disorder. Dent Clin North Am. 2013;57(3):419-28.

6. de Leeuw R, Klasser GD. Orofacial Pain: Guidelines for Assessment, Diagnosis, and Management. 5 ed. IL: Quintessence publishing co, Inc; 2013.

7. Douglas CR, Avoglio JL, de Oliveira H. Stomatognathic adaptive motor syndrome is the correct diagnosis for temporomandibular disorders. Med Hypotheses. 2010;74(4):710-8.

8. Nielsen IL, McNeill C, Danzig W, Goldman S, Levy J, Miller AJ. Adaptation of craniofacial muscles in subjects with craniomandibular disorders. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;97(1):20-34.

9. Santana-Mora U, Cudeiro J, Mora-Bermudez MJ, Rilo-Pousa B, Ferreira-Pinho JC, Otero-Cepeda JL, et al. Changes in EMG activity during clenching in chronic pain patients with unilateral temporomandibular disorders. J Electromyogr Kinesiol. 2009;19(6):e543-9.

10. Shimada A, Baad-Hansen L, Svensson P. Effect of experimental jaw muscle pain on dynamic bite force during mastication. Arch Oral Biol. 2015;60(2):256-66.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

11. Kurita H, Ohtsuka A, Kurashina K, Kopp S. Chewing ability as a parameter for evaluating the disability of patients with temporomandibular disorders. J Oral Rehabil. 2001;28(5):463-5.

12. Mioche L, Bourdiol P, Monier S. Chewing behaviour and bolus formation during mastication of meat with different textures. Arch Oral Biol. 2003;48(3):193-200.

13. Piancino MG, Bracco P, Vallelonga T, Merlo A, Farina D. Effect of bolus hardness on the chewing pattern and activation of masticatory muscles in subjects with normal dental occlusion. J Electromyogr Kinesiol. 2008;18(6):931-7.

14. Imai E, Sato S. Electromyographic Measurement for Expressing Food Texture. J Home Econ Jpn. 2008;59(12):955-67.

15. González R, Montoya I, Cárcel J. Review: The Use of Electromyography on Food Texture Assessment. Food Sci Tech Int 2001;7(6):461–71.

16. Horio T, Kawamura Y. Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. J Oral Rehabil. 1989;16(2):177-83.

17. Mioche L, Bourdiol P, Martin JF, Noel Y. Variations in human masseter and temporalis muscle activity related to food texture during free and side-imposed mastication. Arch Oral Biol. 1999;44(12):1005-12.

18. Paphangkorakit J, Chaiyapanya N, Sriladlao P, Pimsupa S. Determination of chewing efficiency using muscle work. Arch Oral Biol. 2008;53(6):533-7.

19. Gomes SG, Custodio W, Faot F, Del Bel Cury AA, Garcia RC. Masticatory features, EMG activity and muscle effort of subjects with different facial patterns. J Oral Rehabil. 2010;37(11):813-9.

20. Iguchi H, Magara J, Nakamura Y, Tsujimura T, Ito K, Inoue M. Changes in jaw muscle activity and the physical properties of foods with different textures during chewing behaviors. Physiol Behav. 2015;152(Pt A):217-24.

21. Kohyama K, Mioche L, Martin JF. Chewing patterns of various texture foods studied by electromyography in young and elderly populations. J Texture Stud. 2002;33(4):269-83.

22. จิตติมา พุ่มกลิ่น. การพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยวอาหารของผู้ป่วยไทยที่มีอาการเท็มโพโรแมนดิบูลาร์ดิสออเดอร์ [วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. Salleh NM, Fueki K, Garrett NR, Ohyama T. Objective and subjective hardness of a test item used for evaluating food mixing ability. J Oral Rehabil. 2007;34(3):174-83.

24. Cecilio FA, Regalo SC, Palinkas M, Issa JP, Siessere S, Hallak JE, et al. Ageing and surface EMG activity patterns of masticatory muscles. J Oral Rehabil. 2010;37(4):248-55.

25. Galo R, Vitti M, Santos CM, Hallak JEC, Regalo SCH. The effect of age on the function of the masticatory system – an electromyographical analysis. Gerodontology. 2006;23(3):177-82.

26. Zwiri AM, Al-Omiri MK. Prevalence of temporomandibular joint disorder among North Saudi University students. Cranio. 2015:1-6.

27. Ryalat S, Baqain ZH, Amin WM, Sawair F, Samara O, Badran DH. Prevalence of temporomandibular joint disorders among students of the university of jordan. J Clin Med Res. 2009;1(3):158-64.

28. Okeson JP. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. 7 ed. Missouri: Mosby; 2013.

29. Fueki K, Sugiura T, Yoshida E, Igarashi Y. Association between food mixing ability and electromyographic activity of jaw-closing muscles during chewing of a wax cube. J Oral Rehabil. 2008;35(5):345-52.

30. Fueki K, Yoshida E, Sugiura T, Igarashi Y. Comparison of electromyographic activity of jaw-closing muscles between mixing ability test and masticatory performance test. J Prosthodont Res. 2009;53(2):72-7.

31. Kohyama K, Nakayama Y, Yamaguchi I, Yamaguchi M, Hayakawa F, Sasaki T. Mastication efforts on block and finely cut foods studied by electromyography. Food Qual Pref. 2007;18(2):313-20.

32. Kohyama K, Sawada H, Nonaka M, Kobori C, Hayakawa F, Sasaki T. Textural evaluation of rice cake by chewing and swallowing measurements on human subjects. Biosci Biotechnol Biochem. 2007;71(2):358-65.

33. Ferrario VF, Sforza C, Zanotti G, Tartaglia GM. Maximal bite forces in healthy young adults as predicted by surface electromyography. J Dent. 2004;32(6):451-7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

34. Bakke M, Michler L, Han K, Moller E. Clinical significance of isometric bite force versus electrical activity in temporal and masseter muscles. Scand J Dent Res. 1989;97(6):539-51.

35. Okeson JP, de Leeuw R. Differential diagnosis of temporomandibular disorders and other orofacial pain disorders. Dent Clin North Am. 2011;55(1):105-20.

36. Plesh O, Bishop B, McCall W. Effect of gum hardness on chewing pattern. Exp Neurol. 1986;92(3):502-12.

37. Grigoriadis A, Johansson RS, Trulsson M. Temporal profile and amplitude of human masseter muscle activity is adapted to food properties during individual chewing cycles. J Oral Rehabil. 2014;41(5):367-73.

38. Greene CS. Managing the care of patients with temporomandibular disorders: a new guideline for care. J Am Dent Assoc. 2010;141(9):1086-8.

39. Mense S. The pathogenesis of muscle pain. Curr Pain Headache Rep. 2003;7(6):419-25.

40. Okeson J. Bell's orofacial pains. 6 ed. Chicago: Quintessence Publishing Co Inc; 2005.

41. Zhang ZK, Ma XC, Gao S, Gu ZY, Fu KY. Studies on contributing factors in temporomandibular disorders. Chin J Dent Res. 1999;2(3-4):7-20.

42. Yun PY, Kim YK. The role of facial trauma as a possible etiologic factor in temporomandibular joint disorder. J Oral Maxillofac Surg. 2005;63(11):1576-83.

43. Brandt KD, Dieppe P, Radin E. Etiopathogenesis of osteoarthritis. Med Clin North Am. 2009;93(1):1-24, xv.

44. De Felicio CM, Ferreira CL, Medeiros AP, Rodrigues Da Silva MA, Tartaglia GM, Sforza C. Electromyographic indices, orofacial myofunctional status and temporomandibular disorders severity: A correlation study. J Electromyogr Kinesiol. 2012;22(2):266-72.

45. Naeije M, Hofman N. Biomechanics of the human temporomandibular joint during chewing. J Dent Res. 2003;82(7):528-31.

46. Ratnasari A, Hasegawa K, Oki K, Kawakami S, Yanagi Y, Asaumi JI, et al. Manifestation of preferred chewing side for hard food on TMJ disc displacement side. J Oral Rehabil. 2011;38(1):12-7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

47. Radke JC, Kull RS, Sethi MS. Chewing movements altered in the presence of temporomandibular joint internal derangements. Cranio. 2014;32(3):187-92.

48. Trulsson M, van der Bilt A, Carlsson GE, Gotfredsen K, Larsson P, Muller F, et al. From brain to bridge: masticatory function and dental implants. J Oral Rehabil. 2012;39(11):858-77.

49. Ikebe K, Matsuda K, Kagawa R, Enoki K, Yoshida M, Maeda Y, et al. Association of masticatory performance with age, gender, number of teeth, occlusal force and salivary flow in Japanese older adults: is ageing a risk factor for masticatory dysfunction? Arch Oral Biol. 2011;56(10):991-6.

50. Buschang PH. Masticatory Ability and Performance: The Effects of Mutilated and Maloccluded Dentitions. Semin Orthod. 2006;12(2):92-101.

51. Eberhard L, Braun S, Wirth A, Schindler HJ, Hellmann D, Giannakopoulos NN. The effect of experimental balancing interferences on masticatory performance. J Oral Rehabil. 2014;41(5):346-52.

52. Tomonari H, Kubota T, Yagi T, Kuninori T, Kitashima F, Uehara S, et al. Posterior scissors-bite: masticatory jaw movement and muscle activity. J Oral Rehabil. 2014;41(4):257-65.

53. Castelo PM, Gaviao MB, Pereira LJ, Bonjardim LR. Masticatory muscle thickness, bite force, and occlusal contacts in young children with unilateral posterior crossbite. Eur J Orthod. 2007;29(2):149-56.

54. Lund JP. Mastication and its control by the brain stem. Crit Rev Oral Biol Med. 1991;2(1):33-64.

55. Avivi-Arber L, Martin R, Lee JC, Sessle BJ. Face sensorimotor cortex and its neuroplasticity related to orofacial sensorimotor functions. Arch Oral Biol. 2011;56(12):1440-65.

56. Trulsson M. Sensory-motor function of human periodontal mechanoreceptors. J Oral Rehabil. 2006;33(4):262-73.

57. Stohler CS. Muscle-related temporomandibular disorders. J Orofac Pain. 1999;13(4):273-84.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

58. Bakke M, Hansdottir R. Mandibular function in patients with temporomandibular joint pain: a 3-year follow-up. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(2):227-34.

59. Svensson P, Arendt-Nielsen L, Houe L. Sensory-motor interactions of human experimental unilateral jaw muscle pain: a quantitative analysis. Pain. 1996;64(2):241-9.

60. Lund JP, Donga R, Widmer CG, Stohler CS. The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. Can J Physiol Pharmacol. 1991;69(5):683-94.

61. Moyers RE. Temporomandibular muscle contraction patterns in Angle Class II, division 1 malocclusions; an electromyographic analysis. Am J Orthod. 1949;35(11):837-57, illust.

62. Glossary of prosthodontic terms. J Prosthet Dent. 1987;58(6):713-62.

63. Suvinen TI, Kemppainen P. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. J Oral Rehabil. 2007;34(9):631-44.

64. Basmajian JV, Luca CJd. Muscles Alive : their functions revealed by electromyography. Baltimore [etc.]: Williams & Wilkins; 1985.

65. Rilo B, Santana U, Mora MJ, Cadarso CM. Myoelectrical activity of clinical rest position and jaw muscle activity in young adults. J Oral Rehabil. 1997;24(10):735-40.

66. Gay T, Piecuch JF. An electromyographic analysis of jaw movements in man. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1986;26(5-6):365-84.

67. Klasser GD, Okeson JP. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. J Am Dent Assoc. 2006;137(6):763-71.

68. Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Jr., D'Addona A, Barbini E. Electromyographic activity of human masticatory muscles in normal young people. Statistical evaluation of reference values for clinical applications. J Oral Rehabil. 1993;20(3):271-80.

69. Abekura H, Kotani H, Tokuyama H, Hamada T. Asymmetry of masticatory muscle activity during intercuspal maximal clenching in healthy subjects and subjects with stomatognathic dysfunction syndrome. J Oral Rehabil. 1995;22(9):699-704.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

70. Gross MD, Ormianer Z, Moshe K, Gazit E. Integrated electromyography of the masseter on incremental opening and closing with audio biofeedback: a study on mandibular posture. Int J Prosthodont. 1999;12(5):419-25.

71. Suvinen TI, Reade PC, Kononen M, Kemppainen P. Vertical jaw separation and masseter muscle electromyographic activity: a comparative study between asymptomatic controls & patients with temporomandibular pain & dysfunction. J Oral Rehabil. 2003;30(8):765-72.

72. Kossioni AE, Karkazis HC. Random variation in the masseteric silent period after chin taps. J Prosthet Dent. 1995;73(5):450-6.

73. Farella M, Van Eijden T, Baccini M, Michelotti A. Task-related electromyographic spectral changes in the human masseter and temporalis muscles. Eur J Oral Sci. 2002;110(1):8-12.

74. Carlson KE, Alston W, Feldman DJ. Electromyographic study of aging in skeletal muscle. Am J Phys Med. 1964;43:141-5.

75. Visser SL, de Rijke W. Influence of sex and age on EMG contraction pattern. Eur Neurol. 1974;12(4):229-35.

76. Tudorascu I, Sfredel V, Riza AL, Danciulescu Miulescu R, Ianosi SL, Danoiu S. Motor unit changes in normal aging: a brief review. Rom J Morphol Embryol. 2014;55(4):1295-301.

77. Peyron MA, Blanc O, Lund JP, Woda A. Influence of age on adaptability of human mastication. J Neurophysiol. 2004;92(2):773-9.

78. Zhu Y, Hollis JH. Differences in chewing behaviors between healthy fully dentate young and older adults assessed by electromyographic recordings. Int J Food Sci Nutr. 2015;66(4):452-7.

79. Visser A, McCarroll RS, Oosting J, Naeije M. Masticatory electromyographic activity in healthy young adults and myogenous craniomandibular disorder patients. J Oral Rehabil. 1994;21(1):67-76.

80. Ueda HM, Miyamoto K, Saifuddin M, Ishizuka Y, Tanne K. Masticatory muscle activity in children and adults with different facial types. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2000;118(1):63-8.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

81. Miralles R, Hevia R, Contreras L, Carvajal R, Bull R, Manns A. Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. Angle Orthod. 1991;61(4):277-84.

82. Tsai CM, Chou SL, Gale EN, McCall WD, Jr. Human masticatory muscle activity and jaw position under experimental stress. J Oral Rehabil. 2002;29(1):44-51.

83. Tosato Jde P, Caria PH, Gomes CA, Berzin F, Politti F, Gonzalez Tde O, et al. Correlation of stress and muscle activity of patients with different degrees of temporomandibular disorder. J Phys Ther Sci. 2015;27(4):1227-31.

84. De la Barrera EJ, Milner TE. The effects of skinfold thickness on the selectivity of surface EMG. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1994;93(2):91-9.

85. Koole P, de Jongh HJ, Boering G. A comparative study of electromyograms of the masseter, temporalis, and anterior digastric muscles obtained by surface and intramuscular electrodes: raw-EMG. Cranio. 1991;9(3):228-40.

86. Huang DH, Chou SW, Chen YL, Chiou WK. Frowning and jaw clenching muscle activity reflects the perception of effort during incremental workload cycling. J Sports Sci Med. 2014;13(4):921-8.

87. Zedka M, Kumar S, Narayan Y. Comparison of surface EMG signals between electrode types, interelectrode distances and electrode orientations in isometric exercise of the erector spinae muscle. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1997;37(7):439-47.

88. Ng JK, Kippers V, Richardson CA. Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. Electromyogr Clin Neurophysiol. 1998;38(1):51-8.

89. Jensen C, Vasseljen O, Westgaard RH. The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1993;67(3):266-73.

90. Burdette BH, Gale EN. Reliability of surface electromyography of the masseteric and anterior temporal areas. Arch Oral Biol. 1990;35(9):747-51.

91. Miralles R, Palazzi C, Ormeno G, Giannini R, Verdugo F, Valenzuela S, et al. Body position effects on EMG activity of sternocleidomastoid and masseter muscles in healthy subjects. Cranio. 1998;16(2):90-9.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

92. Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, Von Korff M, Howard J, Truelove E, et al. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. J Am Dent Assoc. 1990;120(3):273-81.

93. Komiyama O, Asano T, Suzuki H, Kawara M, Wada M, Kobayashi K, et al. Mandibular condyle movement during mastication of foods. J Oral Rehabil. 2003;30(6):592-600.

94. Mizumori T, Tsubakimoto T, Iwasaki M, Nakamura T. Masticatory laterality--evaluation and influence of food texture. J Oral Rehabil. 2003;30(10):995-9.

95. Shiau YY, Peng CC, Wen SC, Lin LD, Wang JS, Lou KL. The effects of masseter muscle pain on biting performance. J Oral Rehabil. 2003;30(10):978-84.

96. Lassauzay C, Peyron MA, Albuisson E, Dransfield E, Woda A. Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods. Eur J Oral Sci. 2000;108(6):484-92.

97. Miyaoka Y, Ashida I, Tamaki Y, Kawakami S, Iwamori H, Yamazaki T, et al. Analysis of Masseter Activity Patterns Using TP Values during Chewing of Foods with Different Shapes and Textural Properties. J Texture Stud. 2013;44(3):196-204.

98. Miyaoka Y, Ashida I, Tamaki Y, Kawakami S, Iwamori H, Yamazaki T, et al. Quantitative Analysis of Relationships between Masseter Activity during Chewing and Textural Properties of Foods. Food Nutr Sci. 2013;4(2):144-9.

99. Karkazis HC, Kossioni AE. Re-examination of the surface EMG activity of the masseter muscle in young adults during chewing of two test foods. J Oral Rehabil. 1997;24(3):216-23.

100. Brown WE, Shearn M, MacFie HJH. Method to Investigate Differences in Chewing Behaviour in Humans. Ii. Use of Electromyography during Chewing to Assess Chewing Behaviour. J Texture Stud. 1994;25(1):17-31.

101. Mioche L, Martin J-F. Training and Sensory Judgment Effects on Mastication as Studied by Electromyography. J Food Sci. 1998;63(1):1-5.

102. Schindler HJ, Stengel E, Spiess WE. Feedback control during mastication of solid food textures--a clinical-experimental study. J Prosthet Dent. 1998;80(3):330-6.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

103. Brown WE, Langley KR, Braxton D. Insight into consumers' assessments of biscuit texture based on mastication analysis hardness versus crunchiness. J Texture Stud. 1998;29(5):481-97.

104. Miyaoka Y, Ashida I, Iwamori H, Kawakami S-y, Yamazaki T, Ito N. The Effect of Masseter Activity Patterns during Chewing on Suprahyoid Activity in Subsequent Chewing Cycles. J Behav Brain Sci. 2014;04(02):69-74.

105. Wang JS, Stohler CS. Textural properties of food used in studies of mastication. J Dent Res. 1990;69(9):1546-50.

106. Cazal MS, da Silva AM, Galo R, Junior WM, da Silva MA. Comparison of dynamic electromyographic analysis of masticatory capsules with materials of different textures. Cranio. 2015:1-7.

107. Mioche L, Peyron MA. Bite force displayed during assessment of hardness in various texture contexts. Arch Oral Biol. 1995;40(5):415-23.

108. Ioannides Y, Seers J, Defernez M, Raithatha C, Howarth MS, Smith A, et al. Electromyography of the masticatory muscles can detect variation in the mechanical and sensory properties of apples. Food Qual Prefer. 2009;20(3):203-15.

109. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady D, Newman TB. Designing clinical research : an epidemiologic approach. 4 ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.

110. พรรณี ปิติสุทธิธรรม, ชยันต์ พิเชียรสุนทร. ตำราการวิจัยทางคลินิก. กรุงเทพฯ: คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล; 2554.

111. Fukutomi Y, Taniguchi M, Nakamura H, Konno S, Nishimura M, Kawagishi Y, et al. Association between body mass index and asthma among Japanese adults: risk within the normal weight range. Int Arch Allergy Immunol. 2012;157(3):281-7.

112. Castroflorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. J Oral Rehabil. 2008;35(8):638-45.

113. Wozniak K, Lipski M, Lichota D, Szyszka-Sommerfeld L. Muscle fatigue in the temporal and masseter muscles in patients with temporomandibular dysfunction. Biomed Res Int. 2015;2015:269734.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

114. Brodin P, Turker KS, Miles TS. Mechanoreceptors around the tooth evoke inhibitory and excitatory reflexes in the human masseter muscle. J Physiol. 1993;464:711-23.

115. Lee III WE, Takahashi K, Pruitt JS. Temporal aspects of the oral processing of viscous solutions. Food Technol. 1992;46(11):106-12.

116. Naeije M, McCarroll RS, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. J Oral Rehabil. 1989;16(1):63-70.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

รหัสเข้าร่วมงานวิจัย.....

1.เพศ

☐ชาย ☐หญิง

2.อายุ .....ปี.....เดือน

3.ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) คำนวณจาก $\frac{\text{น้ำหนักตัว (kg)}}{\text{ส่วนสูง}^2\ (m^2)}$ มีค่าเท่ากับ.....

4.ท่านอยู่ระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันหรือไม่

☐ใช่ ☐ไม่ใช่

5.ท่านมีความเจ็บปวดบริเวณใบหน้าและช่องปาก ที่ส่งผลต่อการบดเคี้ยวอาหารหรือไม่

☐ใช่ ☐ไม่ใช่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.ท่านเคยรับประทานอาหารทุกชนิด ดังต่อไปนี้หรือไม่ ข้าวต้ม ข้าวสวย (หอมมะลิ) ข้าวเหนียวนึ่ง ปลาหมึกแห้งปิ้ง และถั่วลิสง

☐ใช่ ☐ไม่ใช่ ชนิดที่ไม่เคยรับประทาน คือ.....

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร

หากท่านคิดว่าอาหารชนิดต่างๆ ในแบบถาม มี**<u>ความแข็ง</u>**อยู่ในระดับใด ให้ทำเครื่องหมาย / ลงบนเส้นมาตรวัดด้วยสายตาของอาหารชนิดนั้น

ชนิดอาหาร/ คะแนนความแข็งเหนียว	**มาตรวัดด้วยสายตา**
ข้าวต้ม	ไม่มีความแข็ง — มีความแข็งมากที่สุด
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	ไม่มีความแข็ง — มีความแข็งมากที่สุด
ข้าวเหนียวนึ่ง	ไม่มีความแข็ง — มีความแข็งมากที่สุด
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	ไม่มีความแข็ง — มีความแข็งมากที่สุด
ถั่วลิสง	ไม่มีความแข็ง — มีความแข็งมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากท่านคิดว่าอาหารชนิดต่างๆ ในแบบถาม มี**<u>ความเหนียว</u>**อยู่ในระดับใด ให้ทำเครื่องหมาย / ลงบนเส้นมาตรวัดด้วยสายตาของอาหารชนิดนั้น

ชนิดอาหาร/ คะแนนความแข็งเหนียว	**มาตรวัดด้วยสายตา**
ข้าวต้ม	ไม่มีความเหนียว — มีความเหนียวมากที่สุด
ข้าวสวย (หอมมะลิ)	ไม่มีความเหนียว — มีความเหนียวมากที่สุด
ข้าวเหนียวนึ่ง	ไม่มีความเหนียว — มีความเหนียวมากที่สุด
ปลาหมึกแห้งปิ้ง	ไม่มีความเหนียว — มีความเหนียวมากที่สุด
ถั่วลิสง	ไม่มีความเหนียว — มีความเหนียวมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
ตารางบันทึกค่าตัวแปรที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

1.1 ค่าที่ประมวลผลจากซอฟต์แวร์

ชนิดของอาหาร/ ค่า EMG	MVCM	MVCT	MwM	MwT	MxM	MxT	MnM	MnT
ข้าวต้ม								
ข้าวสวย (หอมมะลิ)								
ข้าวเหนียวนึ่ง								
ปลาหมึกแห้งปิ้ง								
ถั่วลิสง								

เมื่อ MVCM = maximum voluntary contraction of masseter muscle (mV)

MVCT = maximum voluntary contraction of temporalis muscle (mV)

MwM = muscle work of masseter muscle (mV.s)

MwT = muscle work of temporalis muscle (mV.s)

MxM = maximum voltage of masseter muscle (mV)

MxT = maximum voltage of temporalis muscle (mV)

MnM = mean amplitude of masseter muscle (mV)

MnT = mean amplitude of temporalis muscle (mV)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 ค่าที่ได้จากการคำนวณ

ชนิดของอาหาร/ค่า EMG	McM	McT	MeM	MeT
ข้าวต้ม				
ข้าวสวย (หอมมะลิ)				
ข้าวเหนียวนึ่ง				
ปลาหมึกแห้งปิ้ง				
ถั่วลิสง				

เมื่อ McM = mean muscle work per chew of masseter muscle (mV.s)

McT = mean muscle work per chew of temporalis muscle (mV.s)

MeM = muscle effort of masseter muscle (%)

MeT = muscle effort of temporalis muscle (%)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนพร โสวิทยสกุล เกิดวันที่ 10 เดือนเมษายน พุทธศักราช 2532 ที่จังหวัดสุโขทัย สำเร็จปริญญาทันตแพทยศาสตรบัณฑิตจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อปีการศึกษา 2557 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งพนักงานสายวิชาการ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University