

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกกับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

The Relationship Between the Level of Sensory Hardness and Toughness Evaluation and Electromyography Parameters of Some Thai Foods

ธนพร โสวิทยสกุล¹, วีระ สุพรศิลป์ชัย² และ พนมพร วานิชชานนท์¹

Thanaporn Sowithayasakul¹, Weera Suprongsinchai² and Phanomporn Vanichanon¹

¹ภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยว คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

¹Department of Occlusion, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

²ภาควิชาสรีรวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

²Department of Physiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกโดยใช้แบบสอบถามเทียบกับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในกลุ่มตัวอย่างวัยหนุ่มสาวของประเทศไทยที่สุขภาพดี ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหาร จำนวน 32 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งเหนียวแตกต่างกัน 5 ชนิด แล้วทดสอบระดับความแข็งเหนียวของอาหารด้วยแบบสอบถามมาตรวัดด้วยสายตา (วีเอเอส) เทียบกับการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยว ผลการศึกษาพบว่าทั้งคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบดเคี้ยวทุกพารามิเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันอยู่ระหว่าง 0.224-0.384 โดยสรุปแล้วผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบอาหารทั้งสองวิธีในระดับต่ำถึงปานกลาง อาจเนื่องมาจากกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีการปรับตัวที่ดีต่อความแข็งเหนียวของอาหาร การใช้แบบสอบถามในการประเมินระดับความแข็งเหนียวของอาหาร จึงสามารถบ่งบอกถึงการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ในระดับหนึ่ง

คำสำคัญ: ความแข็ง, ความเหนียว, พารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ, มาตรวัดด้วยสายตา, อาหาร

Abstract

The 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 healthy young Thai adults who did not have masticatory problems. The subjects were given 5 Thai foods with different hardness and toughness to chew and afterward were tested for those levels by using visual analog scale (VAS) 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 $r = 0.224-0.384$). A weak to moderate correlation between two test methods 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.

Keywords: Electromyography parameters, Foods, Hardness, Toughness, Visual analog scale

Received Date: Jun 13,2017

Accepted Date: Aug 25,2017

doi: 10.14456/jdat.2018.9

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ

พนมพร วานิชานนท์ ภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยว คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-2188529 อีเมล: vphanomp@chula.ac.th

Correspondence to:

Phanomporn Vanichanon. Department of Occlusion, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Rd., Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand Tel.: 02-2188529 E-mail: vphanomp@chula.ac.th

บทนำ

ผู้ที่มีการทำงานของระบบบดเคี้ยวที่ผิดปกติไม่ควรมีความเจ็บปวดบริเวณกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ข้อต่อขากรรไกร หรืออวัยวะที่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นทั้งในขณะพัก ขณะทำหน้าที่บดเคี้ยว และขณะใช้งานอื่น ๆ¹⁻³ แต่สำหรับผู้ป่วยเพิ่มโพโรแมนดิบิวลาริติดิสออเดอร์ หรือทีเอ็มดี (temporomandibular disorders; TMD) มักมีความเจ็บปวดเกิดขึ้นบริเวณข้อต่อขากรรไกรและ/หรือกล้ามเนื้อบดเคี้ยว และความเจ็บปวดมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ขากรรไกร⁴⁻⁶ ส่งผลต่อการบดเคี้ยวและการทำงานของขากรรไกรโดยรวม รวมถึงอาจทำให้กล้ามเนื้อบดเคี้ยว (muscle activity) ทั้งสองด้านทำงานไม่สมดุลกัน⁷⁻⁹ โดยพบว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ (masseter muscle) และกล้ามเนื้อเทมโพราลิส (temporalis muscle) ในด้านที่มีอาการเจ็บปวดจะทำงานน้อยกว่าด้านที่ไม่มีอาการ^{8,10,11} ทำให้ผู้ป่วยที่เอ็มดีมีความยากลำบากในการบดเคี้ยวอาหารมากกว่าคนปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีความแข็ง^{3,12,13} ดังนั้นการศึกษาระดับความแข็งแรงเหนียวของอาหารจึงมีความสำคัญทั้งในด้านของการนำมาใช้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และประเมินความสามารถในการทำหน้าที่ของระบบบดเคี้ยวผู้ป่วย

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหรืออีเอ็มจี (electromyography; EMG) ที่วัดจากกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงและเหนียวของอาหารโดยพบว่า เมื่ออาหารมีความแข็งแรงหรือเหนียวมากขึ้น ค่าคลื่นไฟฟ้าที่บันทึกขณะเคี้ยวอาหารนั้นจะมีค่าสูงขึ้น¹⁴⁻¹⁹ ค่าพารามิเตอร์ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่วัดในการศึกษาที่ผ่านมาหลายค่า ได้แก่ ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle work) ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (mean

amplitude) และค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (maximum voltage/peak EMG)¹⁴⁻²⁰ นอกจากนี้ยังมีค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (muscle effort) ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากการคำนวณโดยนำค่าการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในขณะบดเคี้ยวอาหารจริงเทียบกับค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว (maximum muscle work) ที่มีโอกาสเป็นไปได้ในการเคี้ยวครั้งนั้น ๆ (หน่วยร้อยละ) เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าความพยายามของกล้ามเนื้อไม่แปรผันไปตามสมรรถนะการบดเคี้ยวที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล²¹ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำค่าของพารามิเตอร์นี้มาใช้ประเมินความแข็งแรงและเหนียวของอาหารร่วมด้วย

จิตติมาและคณะ²² ได้พัฒนาแบบสอบถามการวัดความสามารถในการบดเคี้ยวของผู้ป่วยไทยที่มีอาการทีเอ็มดีไว้ ในแบบสอบถามประกอบไปด้วยอาหารไทย 7 ชนิดที่มีระดับความแข็งแรงเหนียวต่างกัน แบ่งออกเป็น 4 ระดับ (ไม่มีความเหนียวหรือความแข็งแรง มีความเหนียวหรือความแข็งแรงเล็กน้อย มีความเหนียวหรือความแข็งแรงปานกลาง และมีความเหนียวหรือความแข็งแรงมาก) ซึ่งระดับความแข็งแรงและเหนียวนี้ได้มาจากการสำรวจความคิดเห็นของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถบอกได้ว่าสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างไร ผู้วิจัยจึงคัดเลือกอาหารในแต่ละระดับความแข็งแรงเหนียวจากแบบสอบถามและนำมาศึกษาเพิ่มเติมด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคี้ยว โดยอาหารที่คัดเลือกมาจะถูกประเมินความแข็งแรงและเหนียวของอาหารด้วยแบบสอบถามอีกครั้ง แต่ผู้วิจัยเลือกใช้มาตรวัดด้วยสายตา (visual analog scale; VAS) แทนวิธีการประเมิน

แบบเดิม เนื่องจากมีความละเอียดของมาตรวัดมากกว่า และยังพบว่าวิธีการทดสอบนี้ให้ผลสัมพันธ์กับการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดยึด (tensipresser) ในระดับสูง (ร้อยละ 90)²³

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบว่าข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความแข็งแรงเหนียวของอาหารเพียงอย่างเดียวสามารถนำมาใช้พัฒนาแบบสอบถามประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อบิดเคี้ยวได้หรือไม่ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความแข็งแรงเหนียวของอาหารไทยจากความรู้สึกโดยใช้แบบสอบถามเทียบกับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

วัตถุประสงค์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ HREC-DCU 2016-039 เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดได้อย่างเข้มงวด และเนื่องจากอายุ สุขภาพ ร่างกายและช่องปากอาจส่งผลให้ค่าคลื่นไฟฟ้ามีความแตกต่างกันออกไปได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดเป็นประชากรไทยในวัยหนุ่มสาว (young adults) ทั่วไป อายุ 18-25 ปีที่สุขภาพดี ไม่มีปัญหาในการบดเคี้ยวอาหาร และใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตทันตแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 คน

เกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างเข้าศึกษา

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องเป็นนิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงอายุ 18-25 ปี ที่มีค่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ($18.50-24.99 \text{ kg/m}^2$)²⁴ ไม่ได้อยู่ระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน และไม่มีภาวะเจ็บปวดบริเวณใบหน้าและช่องปากที่ส่งผลต่อการบดเคี้ยวอาหาร

เกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างออกจากการศึกษา

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกคัดออกจากการศึกษาในกรณีที่มีการสบฟันนอกเหนือจากการสบฟันแบบที่ 1 (class I) มีฟันแท่นน้อยกว่า 28 ซี่ (ไม่นับรวมฟันกรามซี่ที่ 3) หรือเป็นผู้ที่ให้ประวัติฟันอนกกัดฟัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งแรงเหนียวของอาหาร

แบบสอบถามประกอบไปด้วยชนิดของอาหารที่มีระดับความแข็งแรงแตกต่างกันตามที่เคยทดสอบในงานวิจัยของจิตติมาและคณะ²² โดยชนิดของอาหารที่เลือกมา ได้แก่ ข้าวต้ม

(gruel) ข้าวสวย (cooked rice) ข้าวเหนียว (sticky rice) และปลาหมึกแห้งปิ้ง (charcoal-grilled squid) นอกจากนี้ยังเพิ่มถั่วลิสงอบเกลือ (salted peanut) เข้ามาอีกหนึ่งชนิด เนื่องจากทันตแพทย์ที่คลินิกทันตกรรมบดเคี้ยว คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ความเห็นว่ามักส่งผลให้เกิดอาการเจ็บปวดขึ้นในผู้ป่วยที่เอนดี โดยอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้ประเมินความแข็งแรงและเหนียวของอาหารโดยใช้มาตรวัดด้วยสายตา ที่มีความยาว 100 มิลลิเมตร

อาหาร

อาหารที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ข้าวต้ม (บริษัท นิปปอน ฟู้ด โปรดักส์ จำกัด, สมุทรสงคราม, ประเทศไทย) ข้าวสวย (บริษัท ซีพีแรม จำกัด, ปทุมธานี, ประเทศไทย) ข้าวเหนียวหนึ่ง (บริษัท ซีพีเอฟ จำกัด, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย) ปลาหมึกแห้งปิ้ง (ร้านค้าเดียวกัน) และถั่วลิสงอบเกลือ (บริษัท ทองการ์เดิน จำกัด, นนทบุรี, ประเทศไทย) รวมทั้งหมด 5 ชนิด โดยอาหารทุกชนิดถูกเตรียมที่อุณหภูมิห้อง

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรไทยและนิยมใช้ช้อนโต๊ะในการรับประทาน ผู้วิจัยจึงเตรียมข้าวทั้ง 3 ชนิดในปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะเพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาวะการบดเคี้ยวอาหารจริง แต่ปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือเป็นอาหารที่ไม่สามารถเตรียมได้ในปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ผู้วิจัยจึงเตรียมปลาหมึกแห้งปิ้งที่ขนาด 1.5×1.5 ตารางเซนติเมตร¹⁷ ซึ่งเป็นขนาดที่การศึกษาอื่น ๆ นิยมใช้และถั่วลิสงอบเกลือปริมาณ 6 ซี่ (ชิ้นละ 1/2 เมล็ด) ตามลำดับ

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหรืออีเอ็มจี

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้มีชื่อทางการค้าคือ 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) ถึง 2 กิโลเฮิรตซ์ (Kilohertz) และใช้ขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดพื้นผิว (surface electrode)

ผู้วิจัยตั้งค่าตัวกรองคลื่น (filter) อยู่ในช่วง 10-1000 เฮิรตซ์ เพื่อกรองคลื่นความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป และตั้งค่าอัตราการสุ่มตัวอย่าง (sampling rate) ของคลื่นสัญญาณที่ 1000 เฮิรตซ์^{21,25} ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากพอที่ใช้ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสัญญาณ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ประเมินความแข็งแรงเหนียวของอาหารโดยใช้แบบสอบถาม

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยให้คะแนนความแข็งแรงและคะแนนความเหนียวของอาหารหลังจากที่เคี้ยวอาหารแต่ละชนิด

ผ่านทางมาตรวัดด้วยสายตาที่อยู่ในแบบสอบถาม โดยให้ทำแบบสอบถามซ้ำกัน 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงวัดค่าที่ได้แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยระดับความแข็งและความเหนียวของอาหารแต่ละชนิด และคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของข้อมูล

บันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวโดยใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และเทมโพราลิสส่วนหน้า (anterior temporalis muscle) ของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งชายและหญิง ซึ่งตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าระบุได้โดยใช้ลักษณะทางกายวิภาค (anatomical landmark) ตามการศึกษาก่อนหน้านี้^{10,14,25,26}

งานวิจัยนี้ใช้ระยะห่างระหว่างขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่บันทึกในกล้ามเนื้อแต่ละมัดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร^{14,15,25,27} โดยในระหว่างการบันทึกอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยต้องอยู่ในตำแหน่งนั่ง (หลังตั้งฉากกับแนวระนาบ) และต้องไม่สามารถมองเห็นหน้าจอแสดงผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากลักษณะนิสัยการเคี้ยวของแต่ละบุคคลอาจทำให้เกิดความแปรผันในแง่ของจำนวนวงเคี้ยวและด้านที่ใช้เคี้ยวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้อาสาสมัครเคี้ยวเฉพาะด้านที่ถนัด และเลือกวิเคราะห์ผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉพาะช่วง 5 วงเคี้ยวแรกเท่านั้น ซึ่งการบันทึกคลื่นไฟฟ้าจะทำซ้ำ 2 ครั้ง ภายในวันเดียวกัน เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และในแต่ละครั้งที่ทดสอบจะสลับลำดับของอาหารทั้ง 5 ชนิด จาก

แข็งเหนียวน้อยไปมาก และจากแข็งเหนียวมากไปน้อยตามลำดับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประเมินความแข็งเหนียวของอาหารแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

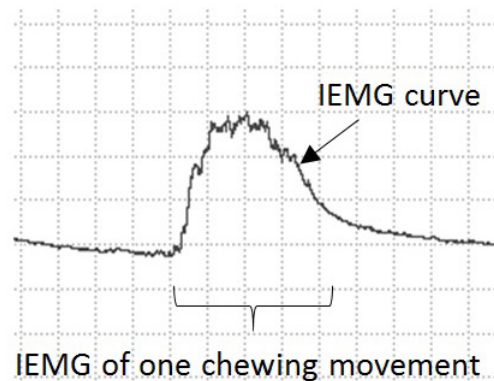
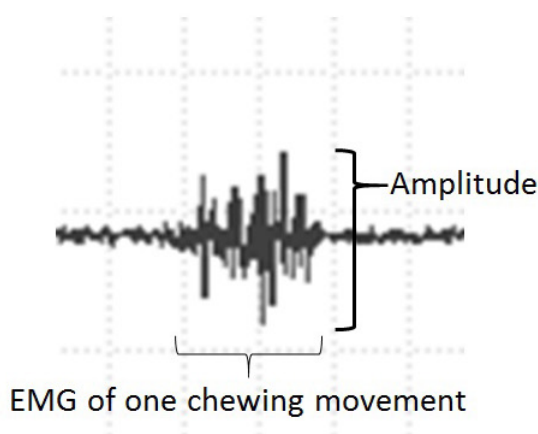
1. ค่าที่ประมวลผลได้จากซอฟต์แวร์ ได้แก่

ค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximum voluntary contraction; MVC): บันทึกในขณะที่อาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยกักแน่นฟันในตำแหน่งสบสับหว่าง (intercuspal position) ด้วยแรงมากที่สุด เป็นระยะเวลา 2 วินาที ซึ่งจะบันทึกค่าตัวแปรนี้ก่อนเริ่มทดสอบการเคี้ยว โดยทำซ้ำ 2 ครั้ง และเลือกครั้งที่คลื่นสัญญาณไฟฟ้ามีค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (millivolt; mV) คำนับบันทึกเพื่อนำไปใช้คำนวณค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ

ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ หรือ muscle work (MW): เป็นค่าพื้นที่ใต้กราฟของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวม (integral electromyography curve; IEMG curve) ที่บันทึกช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการบดเคี้ยวอาหาร มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์คูณวินาที (mV.s)^{14,16,17,19,21,25,28}

ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด หรือ peak EMG (PE): เป็นค่าแอมพลิจูดสูงสุด (maximum amplitude) ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้งสองด้านในช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์^{16,20,25,28-30}

ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด หรือ mean amplitude (MA): เป็นค่าเฉลี่ยแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัด ที่บันทึกช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการบดเคี้ยวอาหาร มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์²⁰



รูปที่ 1 (ซ้าย) แอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต่อหนึ่งวงเคี้ยว, (ขวา) กราฟคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวมต่อหนึ่งวงเคี้ยว

Figure 1 (left) EMG amplitude of one chewing movement, (right) Integral electromyography curve (IEMG) of one chewing movement

2. ค่าที่ได้จากการคำนวณ ได้แก่

ค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (mean muscle work per chew; MWC): คำนวณได้จากการรวมค่าการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละมัดและหารด้วยจำนวนครั้งของการเคี้ยวที่เกิดขึ้น ซึ่งในที่นี้เลือกวิเคราะห์ผลเฉพาะช่วง 5 วงเคี้ยวแรกของการเคี้ยวอาหารชนิดนั้น ๆ มีหน่วยเป็นมิลลิวัตต์คูณวินาที^{14,19,20}

ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ หรือ muscle effort (ME): เป็นค่าที่คำนวณได้จากการนำค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมาเปรียบเทียบกับค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อที่มีโอกาสเป็นไปได้ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%)²¹ โดยค่าการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อที่มีโอกาสเป็นไปได้ มีค่าเท่ากับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อคุณด้วยระยะเวลาช่วง 5 วงเคี้ยวแรก ของการเคี้ยวอาหารทดสอบชนิดนั้น ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการทดสอบด้วยแบบสอบถามและเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ข้อมูลที่ได้จะถูกทดสอบความเชื่อถือด้วยเทคนิคการวัดซ้ำ (test-retest technique) ซึ่งประเมินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation; r) โดยหากมีค่าเข้าใกล้ 1 ($r > 0.8$) แสดงว่าการทดสอบมีความเชื่อถือได้สูง

สำหรับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบอาหารแต่ละชนิด ทั้ง 2 วิธี จะใช้การทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มแบบทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้

ได้จากอาหารแต่ละชนิดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นจึงทดสอบแบบเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple comparison) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีละคู่ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบแต่ละวิธีโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันในการวัดระดับและทิศทางความสัมพันธ์ โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการวิจัย

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมดประกอบไปด้วยอาสาสมัครเพศชาย 7 คน และเพศหญิง 25 คน (ไม่มีผู้ใดถอนตัวออกจากงานวิจัย) อายุเฉลี่ย 21.4 ปี และมีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 20.3 kg/m^2 ผลการวิจัยแบ่งออกได้ดังนี้

ความน่าเชื่อถือของข้อมูล

อาสาสมัครทั้ง 32 คน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันอยู่ในระดับสูง (ค่า r อยู่ในช่วง 0.812-0.927) ทั้งการใช้แบบสอบถามความคิดเห็น และการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการประเมินความแข็งและความเหนียวของอาหาร แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิดมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูง

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

จากมาตรวัดด้วยสายตาบนสเกล 0-100 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ได้จากแบบสอบถาม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารที่ได้จากแบบสอบถามวีเอเอส (0-100 มิลลิเมตร)

Table 1 Mean hardness and toughness scores of tested food obtained from the VAS questionnaires (0-100 millimeter)

Food	Hardness Mean (SD)	Toughness Mean (SD)
Gruel	1.773 (2.131)*	2.430 (3.089)*
Cooked rice	12.727 (10.128)*	22.961 (15.544)†
Sticky rice	25.016 (13.308)*	56.633 (18.268)‡
Charcoal-grilled squid	45.469 (21.149)*	68.375 (21.466)‡
Salted peanut	70.570 (15.751)*	13.945 (16.510)†

*Statistically significant difference $p < 0.05$

†, ‡No statistically significant difference

จากการทดสอบทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า อาหารทุกชนิดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าคะแนนที่แตกต่างกันชัดเจน ทำให้สามารถแบ่งระดับความแข็งของอาหารได้ 5 ระดับตามค่าเฉลี่ย เรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก คือ ข้าวต้ม (1.773±2.131) ข้าวสวย (12.727±10.128) ข้าวเหนียว (25.016±13.308) ปลาหมึกแห้งปิ้ง (45.469±21.149) และถั่วลิสงอบเกลือ (70.570±15.751) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างคะแนนความเหนียวของถั่วลิสงอบเกลือกับข้าวสวย และข้าวเหนียวกับปลาหมึกแห้งปิ้ง จึงแบ่งคะแนนความเหนียวของอาหารที่ใช้ทดสอบครั้งนี้ได้เพียง 3 ระดับ เรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก คือ ข้าวต้ม (2.430±3.089) ถั่วลิสงอบเกลือกับข้าวสวย (13.945±16.510 และ 22.961±15.544 ตามลำดับ) และข้าวเหนียวกับปลาหมึกแห้งปิ้ง (56.633±18.268 และ 68.375±21.466 ตามลำดับ)

ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด
เมื่อวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยแยกตามกล้ามเนื้อ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์มีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (MW) ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวข้าวต้ม (0.183±0.112) ข้าวสวย (0.360±0.177) และข้าว

เหนียว (0.494±0.238) ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความแข็งเหนียวของอาหาร แต่เมื่อเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งพบว่าค่าการทำงานของกล้ามเนื้อมีค่าลดลง (0.363±0.138) โดยพบว่าค่าพารามิเตอร์นี้เพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวถั่วลิสงอบเกลือ (0.480±0.236) ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (MWC) ดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (PE) ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (MA) และค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (ME) พบว่ามีแนวโน้มเดียวกันคือค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวข้าวต้ม ข้าวสวย และข้าวเหนียว หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มคงที่เมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามคะแนนความแข็งของอาหารมากที่สุด เรียงลำดับจากน้อยไปมาก คือ ข้าวต้ม (26.397±2.446) ข้าวสวย (38.053±17.295) ข้าวเหนียว (44.909±20.972) ปลาหมึกแห้งปิ้ง (46.729±21.807) และถั่วลิสงอบเกลือ (47.129±24.852) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าคลื่นไฟฟ้าทุกพารามิเตอร์มีเพียงค่าที่ได้จากการเคี้ยวข้าวต้มเท่านั้นที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์เมื่อเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด

Table 2 Mean electromyographic parameters of masseter muscle of each tested food

Tested food	Mean (SD) of EMG parameters				
	MW (mV.s)	PE (mV)	MA (mV)	MWC (mV.s)	ME (%)
Gruel	0.183 (0.112)*	0.828 (0.598)*	0.341 (0.190)*	0.037 (0.022)*	26.397 (2.446)*
Cooked rice	0.360 (0.177)	1.630 (0.883)	0.489 (0.218)	0.072 (0.035)	38.053 (17.295)
Sticky rice	0.494 (0.238)	2.080 (1.118)	0.580 (0.276)	0.099 (0.048)	44.909 (20.972)
Charcoal-grilled squid	0.363 (0.138)	2.032 (0.965)	0.585 (0.224)	0.073 (0.028)	46.729 (21.807)
Salted peanut	0.480 (0.236)	2.054 (1.031)	0.581 (0.265)	0.096 (0.047)	47.129 (24.852)

*Statistically significant difference $p < 0.05$

MW= muscle work, PE= peak EMG, MA= mean amplitude, MWC= mean muscle work per chew, ME= muscle effort

ในส่วนค่าพารามิเตอร์จากกล้ามเนื้อเทมโพราลิสพบว่าทุกค่ามีแนวโน้มเดียวกับกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ แต่มีค่าน้อยกว่า

รายละเอียดค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเทมโพราลิสแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเทมโพราลิสเมื่อเคี้ยวอาหารแต่ละชนิด

Table 3 Mean electromyographic parameters of temporalis muscle of each tested food

Tested food	Mean (SD) of EMG parameters				
	MW (mV.s)	PE (mV)	MA (mV)	MWC (mV.s)	ME (%)
Gruel	0.099 (0.061)*	0.775 (0.589)*	0.313 (0.175)*	0.020 (0.012)*	26.640 (13.768)*
Cooked rice	0.228 (0.099)	1.204 (0.625)	0.408 (0.156)	0.046 (0.020)	35.186 (12.488)
Sticky rice	0.312 (0.113)	1.448 (0.668)	0.471 (0.174)	0.062 (0.023)	41.116 (14.666)
Charcoal-grilled squid	0.235 (0.086)	1.380 (0.640)	0.467 (0.155)	0.047 (0.017)	41.492 (14.765)
Salted peanut	0.288 (0.129)	1.443 (0.647)	0.446 (0.158)	0.058 (0.026)	39.845 (15.420)

*Statistically significant difference $p < 0.05$

MW= muscle work, PE= peak EMG, MA= mean amplitude, MWC= mean muscle work per chew, ME= muscle effort

ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความแข็งเหนียวของอาหารทั้งสองวิธี

ผู้วิจัยพบว่าคะแนนความแข็งเหนียวของอาหารกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกพารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อทั้งสองมัดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพบความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ค่า r อยู่ในช่วง 0.224-0.384) พารามิเตอร์ของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ที่พบความสัมพันธ์กับทั้งคะแนนความแข็งและความเหนียวมากที่สุด คือ ค่า

ความพยายามของกล้ามเนื้อ (ค่า $r=0.313$ และ 0.297 ตามลำดับ) สำหรับกล้ามเนื้อเทมโพราลิสค่าพารามิเตอร์ที่พบความสัมพันธ์กับคะแนนความแข็งและความเหนียวมากที่สุด คือ ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (ค่า $r=0.384$ และ 0.341 ตามลำดับ) และค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (ค่า $r=0.384$ และ 0.341 ตามลำดับ) รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบทั้งสองวิธีแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแข็งเหนียวกับค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

Table 4 Correlation between hardness or toughness scores and EMG parameters

VAS	EMG	Pearson correlation coefficient	
		Masseter muscle	Temporalis muscle
Hardness	MW	0.256*	0.384*
	PE	0.260*	0.301*
	MA	0.224*	0.245*
	MWC	0.256*	0.384*
	ME	0.313*	0.275*
Toughness	MW	0.228*	0.341*
	PE	0.286*	0.258*
	MA	0.257*	0.281*
	MWC	0.228*	0.341*
	ME	0.297*	0.296*

*Statistically significant correlation $p < 0.05$

MW= muscle work, PE= peak EMG, MA= mean amplitude, MWC= mean muscle work per chew, ME= muscle effort

บทวิจารณ์

เนื่องจากการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีความแปรผันของข้อมูลในแต่ละครั้งที่บันทึกค่อนข้างมาก^{31,32} โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มีหลายปัจจัยด้วยกัน ทั้งปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น อายุ น้ำหนัก ความเจ็บปวด ลักษณะโครงสร้างใบหน้า เป็นต้น และปัจจัยทางด้านเทคนิค เช่น ตำแหน่งการวางขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้า การเคลื่อนขยับของศีรษะหรือร่างกายขณะวัด เป็นต้น^{11,26,32} ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามควบคุมปัจจัยเหล่านี้โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างให้มีความจำเพาะและทดสอบคลื่นไฟฟ้าซ้ำภายในวันเดียวกันเพื่อลดความแปรผันจากปัจจัยทางกายภาพและเทคนิคที่ใช้ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าทั้งเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและแบบสอบถามเป็นเครื่องมือทดสอบความแข็งแรงเหนียวของอาหารที่มีความน่าเชื่อถือของข้อมูลอยู่ในระดับสูงเมื่อมีการทดสอบซ้ำ (ค่า r อยู่ในช่วง 0.812-0.927)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบอาหารทั้ง 2 วิธี พบว่าการใช้แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งแรงเหนียวของอาหาร สามารถจำแนกระดับความแข็งแรงเหนียวของอาหารได้ดีโดยจำแนกได้ 3-5 ระดับตามความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความแข็งแรงเหนียวของอาหาร ในขณะที่การใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถจำแนกระดับความแข็งแรงเหนียวอาหารตามความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ได้เพียง 2 ระดับเท่านั้น ผู้วิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด ได้แก่ ค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (PE) ค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (MA) และค่าความพยายามของกล้ามเนื้อ (ME) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับในช่วงการเคี้ยวข้าวต้ม ข้าวสวย และข้าวเหนียว หลังจากนั้นจึงมีแนวโน้มคงที่เมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือต่างจากค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ (MW) และค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว (MWC) ซึ่งผู้วิจัยพบว่าทั้งสองพารามิเตอร์นี้มีค่าลดลงเมื่ออาสาสมัครเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากค่าคลื่นไฟฟ้าทั้งสองพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้เคี้ยวแต่ละครั้ง โดยมีหน่วยการวัดเป็นมิลลิโวลต์คูณวินาที ดังนั้นการที่ปลาหมึกแห้งปิ้งมีขนาดชิ้นเล็กและบาง อาจทำให้อาสาสมัครใช้เวลาเคี้ยวแต่ละครั้งน้อยกว่าเคี้ยวข้าวเหนียวและถั่วลิสงอบเกลือ ส่งผลให้ทั้งค่าการทำงานของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยวขณะเคี้ยวปลาหมึกแห้งปิ้งออกมาต่ำกว่าอาหารทั้ง 2 ชนิด โดยมีค่าใกล้เคียงกับการเคี้ยวข้าวสวย ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Mioche และคณะ ที่พบว่าค่าพารามิเตอร์นี้เพิ่มระดับไปตามความแข็งแรง

เหนียวของอาหาร^{14,19} แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ใช้อาหารที่สามารถเตรียมได้ในขนาดหรือปริมาณเท่า ๆ กัน

การที่คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเคี้ยวอาหารทดสอบมีความแตกต่างกันเพียงสองระดับอาจเนื่องมาจาก ในสภาวะการบดเคี้ยวอาหารกล้ามเนื้อมีการปรับตัวต่อความแข็งแรงเหนียวของอาหารเพื่อไม่ให้เกิดแรงในการบดเคี้ยวมากเกินไป โดยขณะเคี้ยวแรงต้านจากอาหารจะส่งสัญญาณผ่านตัวรับแรงเชิงกลของอวัยวะปริทันต์ (periodontal mechanoreceptor) ที่อยู่บริเวณเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) ไปยังสมอง เพื่อให้สมองสั่งการลงมาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอย่างเหมาะสม^{33,34} และถึงแม้ว่าในงานวิจัยนี้จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารบางชนิด แต่ก็ไม่สามารถบอกได้ว่าค่าคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นขณะเคี้ยวอาหารเหล่านั้นมีนัยสำคัญทางคลินิกหรือไม่ ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

ในแง่ความสัมพันธ์ของการทดสอบโดยใช้แบบสอบถามและค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ผู้วิจัยพบว่าแม้คะแนนความแข็งแรงเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม จะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทั้งสองมัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็พบเพียงความสัมพันธ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ค่า r อยู่ในช่วง 0.224-0.384) และค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่จากกล้ามเนื้อเทมโพรลิสมีความสัมพันธ์กับแบบสอบถามมากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์ที่พบความสัมพันธ์มากที่สุดคือค่าการทำงานของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อหนึ่งวงเคี้ยว มีเพียงค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์เท่านั้นที่พบความสัมพันธ์กับความแข็งแรงเหนียวของอาหารมากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพรลิส อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่าในขณะที่เคี้ยวอาหารชนิดต่าง ๆ กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ให้ค่าคลื่นไฟฟ้าทุก ๆ พารามิเตอร์มากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพรลิส ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาอื่น ๆ^{19,25} และด้วยเหตุนี้ทำให้ค่าความพยายามของกล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ซึ่งเป็นค่าร้อยละการทำงานของกล้ามเนื้อเทียบกับค่าการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อคุณด้วยระยะเวลาที่ใช้เคี้ยวจึงมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงเหนียวของอาหารมากกว่ากล้ามเนื้อเทมโพรลิส

การที่ความแข็งแรงเหนียวของอาหารมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อเทมโพรลิสมากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์นั้นอาจเนื่องมาจากผู้วิจัยติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าเฉพาะกล้ามเนื้อเทมโพรลิสส่วนหน้าซึ่งมีขนาดเล็ก และมีแนวการเกาะของมัดกล้ามเนื้อ

เนื้อที่สัมพันธ์กับแนวแรงบิดเคี้ยวที่น้อยกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ ส่งผลให้เมื่อเคี้ยวอาหารที่มีความแข็งเหนียวมากขึ้นกล้ามเนื้อเทมโพรลิสต้องทำงานเพิ่มมากขึ้นกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ (เนื่องจากกล้ามเนื้อเทมโพรลิสสร้างแรงกล้ามเนื้อได้น้อยกว่า) เพื่อปรับเปลี่ยนแรงบิดเคี้ยวให้เหมาะสม ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mioche และคณะ¹⁹ นอกจากนี้การศึกษาของ Naeije และคณะยังพบว่าในช่วงที่มีการกัดด้วยแรงขนาดต่ำ ๆ กล้ามเนื้อเทมโพรลิสจะเป็นกล้ามเนื้อหลักที่ทำงาน³⁵ ซึ่งอาจส่งผลให้กล้ามเนื้อเทมโพรลิสปรับเปลี่ยนการทำงานไปตามความแข็งเหนียวของอาหารได้มากกว่ากล้ามเนื้อแมสซีเตอร์ และหากเปรียบเทียบระหว่างคะแนนความแข็งและความเหนียวของอาหารจากแบบสอบถาม พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วคะแนนความแข็งมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งสองมัดมากกว่าคะแนนความเหนียวเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4

ดังนั้นหากต้องการประเมินระดับความแข็งเหนียวของอาหาร การใช้เพียงแบบสอบถามมาตรวจวัดด้วยสายตาที่เพียงพอ เนื่องจากในการศึกษาของ Salleh และคณะ²³ พบว่าการทดสอบด้วยวิธีนี้มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าแรงกดอาหารที่ได้จากเครื่องทดสอบแรงกดยึด อย่างไรก็ตามหากต้องการประเมินในแง่ความแข็งเหนียวของอาหารต่อการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การจำแนกระดับความแข็งเหนียวของอาหารโดยใช้เพียงแบบสอบถามไม่สามารถบ่งบอกการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างชัดเจนนัก เนื่องจากขณะบดเคี้ยวกล้ามเนื้อมีการปรับตัวต่อความแข็งเหนียวของอาหารไม่ให้เกิดการทำงานมากเกินไป ทำให้ผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำถึงปานกลางระหว่างการประเมินความแข็งเหนียวของอาหารด้วยแบบสอบถามกับการใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แต่งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในแง่ของปริมาณอาหารที่ใช้ทดสอบเนื่องจากอาหารบางชนิด ได้แก่ ปลาหมึกแห้งปิ้งและถั่วลิสงอบเกลือมีลักษณะเนื้ออาหารแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ยากต่อการเตรียมอาหารเหล่านี้ให้มีขนาดและปริมาณเท่า ๆ กัน และเนื่องจากผู้วิจัยต้องการจำลองปริมาณอาหารจากสถานการณ์การเคี้ยวจริงในชีวิตประจำวัน ผู้วิจัยจึงเตรียมปริมาณอาหารโดยอ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้เป็นหลัก โดยเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการรับประทานใน 1 คำ¹⁷ และเนื่องด้วยลักษณะนิสัยการเคี้ยวของแต่ละบุคคลอาจส่งผลต่อจำนวนครั้งหรือจำนวนครั้งที่เคี้ยวรวม ผู้วิจัยจึงเลือกวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้าเฉพาะ 5 วงเคี้ยวแรกเท่านั้นซึ่งอาจส่งผลต่อข้อมูลที่ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าคะแนนความแข็งเหนียวของอาหารในการศึกษานี้มีค่าจำกัดอยู่ในช่วง 1.773-70.570 คะแนน (บนสเกล 0-100

มิลลิเมตร) หากผู้วิจัยเลือกใช้อาหารที่มีระดับความแข็งเหนียวเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้พบความสัมพันธ์ในระดับสูงขึ้น

การศึกษาที่ผ่านมาของ Svensson และคณะ³⁶ โดยฉีดสารที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดไปยังกล้ามเนื้อบดเคี้ยวของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าในขณะที่บดเคี้ยวกลุ่มตัวอย่างมีการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่วัดจากเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Shimada และคณะ¹⁰ ซึ่งกลไกลดการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อมีอาการปวดสามารถอธิบายได้โดยแนวคิดทฤษฎีการปรับตัวของร่างกายต่อความเจ็บปวด (pain adaptation model) ที่นำเสนอโดย Lund และคณะ³⁷ ที่กล่าวว่าเมื่อมีความเจ็บปวดเกิดขึ้น กลุ่มกล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว (agonist muscle) จะลดการทำงานลง ในขณะที่เดียวกันจะพบการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้านการเคลื่อนไหว (antagonist muscle) โดยหากกลไกนี้เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อบดเคี้ยว จะนำมาซึ่งการจำกัดการเคลื่อนที่ของขากรรไกรและความยากลำบากในการบดเคี้ยวอาหารได้^{3,12} องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้จึงมีประโยชน์ในแง่การทำให้เกิดแนวคิดของการนำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร (ที่ใช้มาตรวจวัดด้วยสายตาในการประเมิน) ไปใช้พัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวของผู้ป่วยที่เฝ้าติดตามที่มีอาการเจ็บปวดบริเวณข้อต่อขากรรไกรและ/หรือกล้ามเนื้อบดเคี้ยวต่อไป เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าแบบสอบถามนี้มีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว แต่อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่พบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งควรมีการศึกษาและพัฒนาต่อไป

บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้แบบสอบถามความคิดเห็นต่อความแข็งเหนียวของอาหาร กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นระหว่างเคี้ยว แต่เป็นความสัมพันธ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความแข็งเหนียวของอาหารสามารถบ่งบอกถึงการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามหากผู้วิจัยต้องการพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการบดเคี้ยวอาหารของผู้ป่วย โดยประเมินผ่านการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ผู้วิจัยควรใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อควบคู่ไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ทพ.จรินทร์ ปภังกรกิจ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการศึกษาในภาควิชาทันตกรรมบดเคี้ยวและภาควิชาสรีรวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย ขอขอบคุณนิสิตทันตแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่สละเวลาเข้ามาช่วยงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง จนเสร็จสิ้นงานวิจัย และงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

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;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;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;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;2:114-26.
5. Kumar A, Brennan MT. Differential diagnosis of orofacial pain and temporomandibular disorder. *Dent Clin North Am* 2013;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. 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;1:20-34.
8. 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;6:e543-9.
9. Tartaglia GM, Lodetti G, Paiva G, De Felicio CM, Sforza C. Surface electromyographic assessment of patients with long lasting temporomandibular joint disorder pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;4:659-64.
10. Shimada A, Baad-Hansen L, Svensson P. Effect of experimental

jaw muscle pain on dynamic bite force during mastication. *Arch Oral Biol* 2015;2:256-66.

11. 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.
12. 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;5:463-5.
13. Douglas CR, Avoglio JL, de Oliveira H. Stomatognathic adaptive motor syndrome is the correct diagnosis for temporomandibular disorders. *Med Hypotheses* 2010;4:710-8.
14. Mioche L, Bourdiol P, Monier S. Chewing behaviour and bolus formation during mastication of meat with different textures. *Arch Oral Biol* 2003;3:193-200.
15. Piacino 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;6:931-7.
16. Imai E, Sato S. Electromyographic Measurement for Expressing Food Texture. *J Home Econ Jpn* 2008;12:955-67.
17. González R, Montoya I, Cárcel J. Review: The Use of Electromyography on Food Texture Assessment. *Food Sci Tech Int* 2001;6:461-71.
18. Horio T, Kawamura Y. Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J Oral Rehabil* 1989;2:177-83.
19. 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;12:1005-12.
20. Kohyama K, Mioche L, Martin JF. Chewing patterns of various texture foods studied by electromyography in young and elderly populations. *J Texture Stud* 2002;4:269-83.
21. Paphangkorakit J, Chaiyapanya N, Sriladlao P, Pimsupa S. Determination of chewing efficiency using muscle work. *Arch Oral Biol* 2008;6:533-7.
22. Pumklin J, Malakul A, Vanichanon P. Development of chewing ability questionnaire for thai temporomandibular disorder patients [Dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2007.
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;3:174-83.
24. 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;3:281-7.

25. 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;5:345-52.
26. Castroflorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. *J Oral Rehabil* 2008;8:638-45.
27. 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;Pt A:217-24.
28. 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;2:72-7.
29. 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;2:313-20.
30. 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;2:358-65.
31. Burdette BH, Gale EN. Reliability of surface electromyography of the masseteric and anterior temporal areas. *Arch Oral Biol* 1990;9:747-51.
32. Klasser GD, Okeson JP. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc* 2006;6:763-71.
33. 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;11:858-77.
34. 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.
35. 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;1:63-70.
36. Svensson P, Arendt-Nielsen L, Houe L. Sensory-motor interactions of human experimental unilateral jaw muscle pain: a quantitative analysis. *Pain* 1996;2:241-9.
37. 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;5:683-94.