# การใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายเพื่อปรับท่าทางการทำงานในนักศึกษาทันตแพทย์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**พรสวรรค์ ธนธรวงศ์*  อรศรี ชุติเนตร****

**บทคัดย่อ**

การปฏิบัติงานทางทันตกรรมของทันตแพทย์ในปัจจุบันพบว่า มีทันตแพทย์จำนวนมากที่มีอาการปวดเมื่อยบริเวณ คอ บ่า ไหล่ และหลัง จนนำไปสู่การลดประสิทธิภาพของการทำงาน จากลักษณะงานเป็นการทำงานซ้ำๆ เป็นเวลานาน และต้องการความละเอียดสูง จึงทำให้ทันตแพทย์ต้องทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสมเพื่อทำให้มองเห็นได้ชัดเจน ปัจจุบันจึงมีการนำหลักการยศาสตร์มาใช้เพื่อช่วยลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานภายใต้แนวคิดการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning)

**วัตถุประสงค์:** งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย (Intelligent Posture Trainer: IPT) เพื่อช่วยกำหนดท่าทางการทำงานที่เหมาะสม โดยมีการบันทึกการเคลื่อนไหวและให้ข้อมูลป้อนกลับเมื่อทันตแพทย์ทำงานอยู่ในท่าทางที่ไม่สอดคล้องกับช่วงการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 8 คน กลุ่มแรกมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) อีกกลุ่มหนึ่งมีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว ให้ทำการขูดหินน้ำลายในบริเวณฟันหลังบนด้านขวาโดยใช้เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิค 10 นาที ทำการฝึก 2 วัน วันละ 5 ครั้ง ในวันแรกทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของทั้ง 2 กลุ่มเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน จากนั้นทำการฝึก 5 ครั้ง ในวันที่ 2 ทำการฝึก 5 ครั้งเช่นกัน ในวันที่ 3 ทำการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวทั้งสองกลุ่ม 2 ครั้ง นำข้อมูลการเคลื่อนไหวของทั้ง 2 กลุ่มที่เป็นข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบกับข้อมูลครั้งหลังสุดโดยใช้ Pair T-test

**ผลการทดลอง:** กลุ่มนักศึกษาที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย แบบที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวและให้ข้อมูลป้อนกลับมีการปรับท่าทางการเคลื่อนไหวให้กลับมาอยู่ในช่วงการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**สรุปผล:** อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย ช่วยกำหนดท่าทางการทำงานที่เหมาะสม

***คำสำคัญ:*** อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย อาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ การให้ข้อมูลป้อนกลับชนิดสั่น ระบบเฉพาะส่วนบุคคล แบบจำลองมาคอฟ

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110*

***อาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110*

# The Relation of Position and Movement of Neck when using the Intelligent Posture Trainer with Dental Students of Srinakharinwirot University

**Bhornsawan Thanathornwong*  Aurasri Chutinet****

**Abstract**

Many dentists suffering from musculoskeletal disorders which affect many parts of the body: neck, shoulder, and back. This leads to the decreasing of the performance of dental practice and even retire from the profession before the appropriate time. As a result of working in a repeated motion for a long time which require precision makes dentists work inevitably in inappropriate position to gain a better visual access. Therefore, applying ergonomics on working routine will help dentist work longer and reduce the risk of injuries during dental practice.

**Objective:** The aim of this study was to develop a wireless technology for the Intelligent Posture Trainer: IPT. It has a capability to determine the proper position in dental practice. The Intelligent Posture Trainer is the tool that helps correcting the work position by recording it and also alarming when a dentist is not working in the suitable range.

**Materials and Methods:** In this study 16 dental students were randomly divided into 2 groups. They were assigned to use the IPT in 2 different trials, with and without receiving feedback from the smart phone. This device can transfer in real time the neck's angle position data via Bluetooth to the connected phone. Each group did 4 sessions of scaling the upper right posterior teeth with ultrasonic scaler for 10 minutes. For the first time, the feedback of the IPT was turned off when the sample was out of range of the position for the baseline data. And then the second and third time, the feedback was turned on. Finally, for the last time the feedback, the IPT was turned off again. The collected data were compared with the baseline values and the statistical data were obtained using the pair t-test.

**Results:** The results showed the samples with feedback from the IPT is significantly positioned and along with the movement of the neck compared to the samples without IPT feedback.

**Conclusion:** The result of this study showed that the IPT helps to promote the proper position in participants significantly.

***Key words:*** Intelligent posture trainer, Musculoskeletal disorders, Vibrotactile biofeedback, Personalization, Hidden Markov model

**Assistant Professor, Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok, Thailand 10110*

***Lecturer, Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok, Thailand 10110*

**บทนำ**

ความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (musculoskeletal disorders) หมายถึง ความผิดปกติของเนื้อเยื่อโครงร่างของร่างกาย ได้แก่ กล้ามเนื้อ ข้อต่อ เส้นเอ็น และเส้นประสาท สามารถมีอาการปวดได้ตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงระดับรุนแรง ทันตแพทย์สามารถพบอาการปวดตึงบริเวณคอ (neuropathy tension neck syndrome) และอาการปวดกล้ามเนื้อทราพีเซียส (trapezius myalgia) ได้บ่อย เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวเพื่อปฏิบัติงานในบริเวณที่แคบและต้องอยู่ในท่าทางใดท่าทางหนึ่งเป็นเวลานาน (prolong static movement) มีการเคลื่อนไหวบางส่วนของร่างกายในลักษณะเดิมเป็นเวลานาน (repetitive movement) ทำให้เกิดความเครียดต่ออวัยวะและกล้ามเนื้อหลายส่วนของร่างกาย โดยเฉพาะบริเวณคอและหลังส่วนบน นอกจากนี้องศาการเคลื่อนไหวของการก้มคอที่เพิ่มขึ้น แปรผันตรงกับการเกิดความเจ็บปวดที่บริเวณคอและไหล่ โดยมักเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน ทำให้กล้ามเนื้อขาดเลือดและกล้ามเนื้อจะผลิตกรดแลคติค (lactic acid) ขึ้นมา ซึ่งก่อให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ ดังนั้นอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกิดกับทันตแพทย์จึงเรียกได้ว่าเป็นอาการผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน (work-related musculoskeletal disorders)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า 5 ใน 6 ของบุคลากรทางทันตกรรม เกิดอาการเจ็บปวดจากความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงานในช่วงระยะเวลา 12 เดือนของการทำงาน [1,2] โดยพบว่าคอและไหล่เป็นบริเวณที่พบปัญหามากที่สุดในหมู่ทันตแพทย์ [2-5] สำหรับการศึกษากราฟคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography) พบว่างานทางทันตกรรมมีการก่อให้เกิดค่ากระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่สูงกว่าการปฏิบัติงานอื่นๆ โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อทราพีเซียส [6,7] นอกจากนี้มีหลายการศึกษาพบว่าทันตแพทย์ที่อายุน้อยหรือมีประสบการณ์น้อยมีแนวโน้มของการเกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อบริเวณคอ หลังส่วนบนและไหล่มากกว่าทันตแพทย์ที่อายุมากหรือมีประสบการณ์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [8,9] สอดคล้องกับการศึกษาของทันตแพทย์ในประเทศไทย [8] พบว่าอาการเจ็บปวดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ประสิทธิรูปการทำงานของทันตแพทย์และคุณรูปชีวิตลดลงมีความจำเป็นต้องลาป่วยเนื่องจากอาการเจ็บปวดเหล่านี้ จนถึงต้องเข้ารักษาในโรงพยาบาล สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่พบว่าอาการเจ็บปวดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุให้ทันตแพทย์ร้อยละ 10-40 ต้องลาป่วย โดยระยะเวลาการลาป่วยนั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 1-7 วัน [10,11]

ตามลักษณะทางกายวิภาค กระดูกสันหลังประกอบด้วยส่วนโค้งที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ได้แก่ กระดูกสันหลังส่วนคอมีลักษณะแอ่น (cervical lordosis) กระดูกสันหลังส่วนอกมีลักษณะโกง (thoracic kyphosis) และกระดูกสันหลังส่วนเอวมีลักษณะแอ่น (lumbar lordosis) การรักษาส่วนโค้งเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ เมื่อส่วนโค้งทั้งหมดอยู่ในแนวกึ่งกลางของแนวแรงโน้มถ่วง กระดูกสันหลังจะรองรับน้ำหนักตัวไว้โดยมีแรงเครียดเพียงเล็กน้อยกดลงบนกล้ามเนื้อ เส้นเอ็นและเนื้อเยื่อโดยรอบ เมื่อไรก็ตามเมื่อส่วนโค้งของกระดูกสันหลังสูญเสียไป เช่น การที่ศีรษะมีการยื่นไปข้างหน้าจะส่งผลให้น้ำหนักไม่ลงตามแกนกระดูกสันหลัง กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องต้องหดตัวอย่างมากเพื่อช่วยพยุง ทำให้เกิดอาการเจ็บปวดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ดังนั้นท่าทางที่เหมาะสม คงสรีระส่วนโค้งของกระดูกสันหลังตามธรรมชาติ จึงเป็นหลักสำคัญในการป้องกันอาการเจ็บปวดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ [12]

จากการศึกษาที่ผ่านมาที่มุ่งเน้นอาการปวดกล้ามเนื้อบริเวณคอในกลุ่มทันตแพทย์ มีรายงาน เกี่ยวกับความต้องการทางกายรูปในการทำงาน ได้แก่ การมองเห็นบริเวณทำงานได้ดี การจดจ่อต่องานที่ทำ ความแม่นยำในการทำงาน ความละเอียดของงาน เหล่านี้ส่งผลให้ท่าทางการทำงานอยู่ในท่าทางที่รู้สึกไม่สบายเป็นเวลานานๆ และซ้ำๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ หลายการศึกษาพบว่าการทำงานด้วยท่าทางที่ก้มคอมากกว่า 20 องศา มีความสัมพันธ์กับอาการเจ็บปวดที่คอและการปวดศีรษะ [13,14] สอดคล้องกับการปฏิบัติงานของทันตแพทย์ มักมีการก้มคอมากกว่า 29 องศารวม

ทั้งยกไหล่ เกินครึ่งของช่วงเวลาในขณะทำงาน [14] เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ อันได้แก่ อาการปวดตึงบริเวณคอ (Tension neck syndrome) และ อาการปวดบริเวณกล้ามเนื้อทราพีเซียส (Trapezius myalgia) ซึ่งเกิดจากการหดตัวและการขาดเลือดในกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบน และกล้ามเนื้อลีเวเตอร์สแคพพูล่า (Levator Scapulae) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดภาวะที่มีการกดทับของเส้นเลือดและ/หรือเส้นประสาทบริเวณต้นแขนใต้ต่อกระดูกไหปลาร้า (Thoracic outlet syndrome) ซึ่งเกิดจากการแข็งตึงของกล้ามเนื้อคอด้านหน้า การอ่อนแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดความมั่นคงของไหล่ (shoulder girdle stabilizer muscle) และการห่อไหล่ทำให้เกิดการกดทับโครงสร้างระบบประสาทและหลอดเลือด

มีการสำรวจความสัมพันธ์ของอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงานในนักศึกษาทันตแพทย์โดย deCarvalho และคณะ [15] ได้ทำการเก็บข้อมูลในนักศึกษาทันตแพทย์ 2 มหาวิทยาลัย ประเทศบราซิล ทำการสุ่มตัวอย่าง 227 คน จากภาคการศึกษาที่ 5-9 (ชั้นคลินิก) ซึ่งเป็นระดับชั้นที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงานมากที่สุด เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดจำนวน 20 ข้อ เกี่ยวกับอาการเจ็บปวดของนักศึกษาทันตแพทย์ โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับความเจ็บปวดตามการศึกษาของ Oliveira [16] ทำการสัมภาษณ์ 2 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 1 เดือน และใช้คำถามเดิม ผลการศึกษาพบว่าร้อยละ 77.5 ของนักศึกษาทันตแพทย์ไม่ได้ตระหนักถึงอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน ร้อยละ 18.5 ของนักศึกษาทันตแพทย์มีการตระหนักถึงอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน ร้อยละ 54.2 ของนักศึกษาทันตแพทย์ไม่เคยเรียนเกี่ยวกับลักษณะท่าทางการทำงานที่เหมาะสมในหลักสูตรโดยตรง แต่ร้อยละ 85 ของนักศึกษาทันตแพทย์เคยได้รับแนะนำถึงลักษณะท่าทางการทำงานที่เหมาะสม ร้อยละ 18.5 ของนักศึกษาทันตแพทย์ได้รับการวินิจฉัยว่ามีอาการของความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน ร้อยละ 64.3 ของนักศึกษาทันตแพทย์มีการป้องกันตนเองเพื่อไม่ให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน โดยวิธีต่างๆ ดังนี้ มีลักษณะท่าทางการทำงานที่เหมาะสม ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม มีการหยุดพักขณะทำงานเมื่อต้องทำงานเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน มีการผ่อนคลายกล้ามเนื้อเป็นระยะขณะทำงาน หรือทำมากกว่า 1 วิธี และจากงานวิจัยนี้พบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของการออกกำลังกายต่อภาวะความเจ็บปวดขณะทำงานทางทันตกรรม

การวิเคราะห์งานมีเป้าหมายเพื่อประเมินความเสี่ยงการเกิดอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อจากการทำงาน เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน ได้แก่ เครื่องมือวัดมุมของข้อต่อ (electrogoniometer) เครื่องมือวัดความเอียง (inclinometer) และเซนเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer sensor) เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมีทั้งข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป มีหลายการศึกษาที่นำเซนเซอร์วัดความเร่งมาใช้วัดการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ ของร่างกายซึ่งสามารถวัดการเคลื่อนไหวได้ 3 แกน และในช่วงหลายปีที่ผ่านมาพบว่าเซนเซอร์วัดความเร่งได้รับความนิยมสูงในการทำงานวิจัยในหลายๆประเทศ เพราะสามารถใช้วิเคราะห์การเคลื่อนไหวของร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพและมีความผิดพลาดค่อนข้างน้อย ดังเช่นในการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้คอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้มีงานวิจัยทางการแพทย์ได้นำเครื่องมือนี้มาเป็นดัชนีในการวัดสุขภาพ ประเมินคุณภาพชีวิตและป้องกันปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวได้ให้เหตุผลหลักของการเลือกใช้เครื่องมือนี้ คือ มีความถูกต้อง แม่นยำ ให้ผลดีและประยุกต์ใช้งานได้ง่าย (correctness, accuracy, communication, optimization, usability and adaptability) [17,18] นอกจากนี้ปัจจุบันยังมีการนำเครื่องเซนเซอร์วัดความเร่งมาใช้เพื่อวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานอย่างแพร่หลาย

การศึกษาที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงาน (Patent No: 7659) ซึ่งมีส่วนสำคัญหลักๆ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร่งและหน่วยเก็บข้อมูล (data logger) เพื่อวัดจากองศาของการ

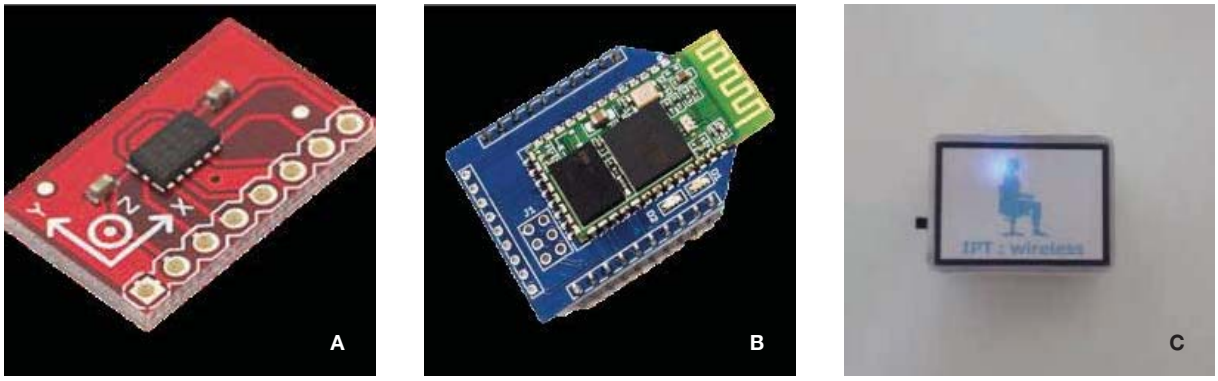
ไหวของศีรษะและหลัง ในแนวก้ม-เงย เอียงซ้าย-ขวา และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT ที่เขียนโมเดล (Hidden Markov Model) โดยการประเมินจากรูปแบบท่าทางการเคลื่อนไหวในการปฏิบัติงานขูดหินน้ำลาย [19] ซึ่งข้อเสียของอุปกรณ์ดังกล่าวคือ มีสายเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์วัดความเร่งและหน่วยเก็บข้อมูล อาจมีผลกีดขวางต่อการทำงานทางทันตกรรม ส่งผลก่อให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่เก็บได้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว งานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย ร่วมกับการศึกษาลักษณะการทำงานของกลุ่มนักศึกษาทันตแพทย์ เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงานที่มีโอกาสในการก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อตลอดจนเพื่อเป็นแนวทางช่วยกำหนดท่าทางการทำงานที่เหมาะสม

**วิธีดำเนินงานวิจัย**

- **วัสดุอุปกรณ์**

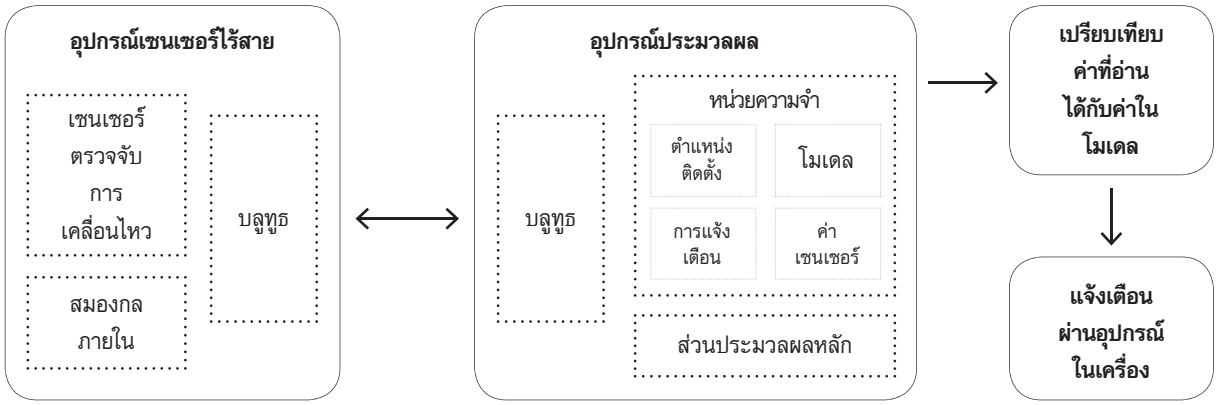
1. อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย ที่มีเซนเซอร์ และสามารถเชื่อมต่อระบบไร้สายด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้นบลูทูธมาที่โทรศัพท์มือถือได้ (รูปที่ 1)

ซึ่งมีการทำงานดังรูปที่ 2




*รูปที่ 1 อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย A. เซนเซอร์วัดความเร่ง ADXL345 B. บลูทูธ C. อุปกรณ์ในส่วนฮาร์ดแวร์*

*Fig 1. Wireless technology for the Intelligent Posture Trainer. A. Accelerometer sensor ADXL345 B. Bluetooth C. The hardware device*



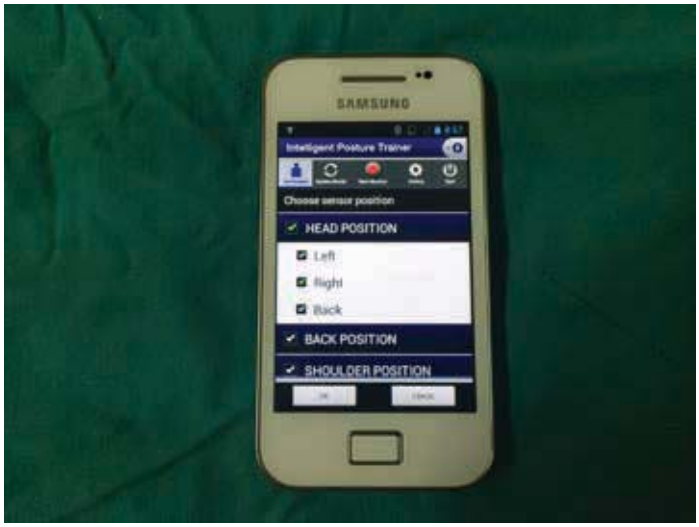

*รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย*

*Fig 2. Overview of Intelligent Posture Trainer system.*

2. โทรศัพท์มือถือใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และได้ลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Intelligent Posture Trainer (IPT) สำหรับเชื่อมต่อและเก็บข้อมูลและให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยระบบสั่น (รูปที่ 3) ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT ได้มาโดยการเขียนโมเดล (Hidden Markov Model) เพื่อประเมินท่าทางการเคลื่อนไหวของคอในทันตแพทย์ขณะปฏิบัติงานขูดหินน้ำลาย การสร้างโมเดลนี้ ทำโดยการเก็บข้อมูลจากทันตแพทย์ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ กลุ่มทันตแพทย์ที่มีอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ อีกกลุ่มคือ กลุ่มทันตแพทย์ที่ไม่มีอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ซึ่งประโยชน์ของระบบนี้คือทำให้ทราบแนวโน้มท่าทางการเคลื่อนไหวของคอขณะปฏิบัติงานขูดหินน้ำลายที่เหมาะสม [19]

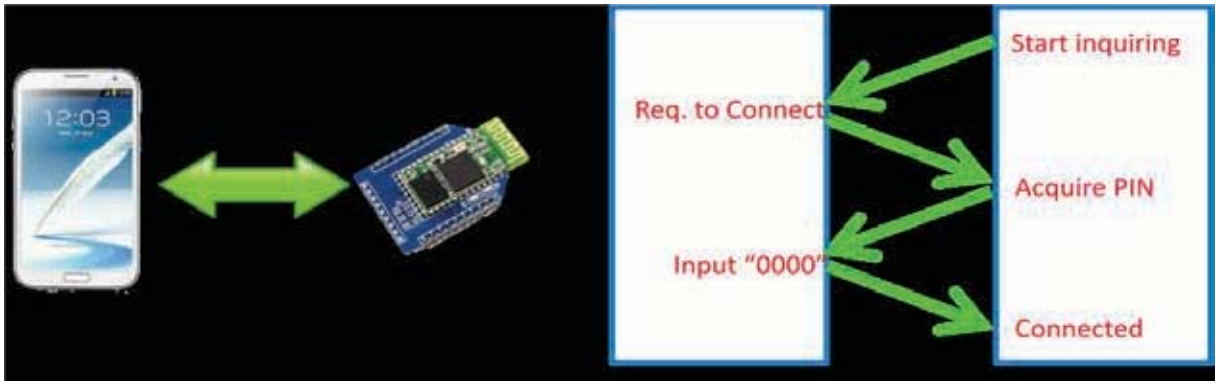
ลักษณะของการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ เมื่อเปิดอุปกรณ์ ในส่วนฮาร์ดแวร์ จะทำการรอการร้องขอการติดต่อจากอุปกรณ์อื่นๆ จากนั้นโทรศัพท์ทำการร้องขอการติดต่อไปยังอุปกรณ์ในส่วนฮาร์ดแวร์ เมื่ออุปกรณ์ในส่วนฮาร์ดแวร์ ได้รับการร้องขอจะส่งคำสั่งขอรหัส Pin Pair โทรศัพท์ใส่รหัสเพื่อทำการจับคู่อุปกรณ์ทำให้การเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์ (รูปที่ 4)

3. แว่นตานิรภัย เพื่อปกป้องดวงตาจากละอองน้ำระหว่างทำการวิจัย




*รูปที่ 3 โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีการลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT*

***Fig 3. Smart phone with IPT application on Android operating system.***




*รูปที่ 4 การเชื่อมต่อกันระหว่างเซนเซอร์วัดความเร่งและ โทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์*

***Fig 4. The connection between sensor and smart phone.***

4. เครื่องขูดหินน้ำลายระบบอัลตราโซนิคของบริษัท Thai Dental Products® รุ่น Superson Mark 3 ใช้งานร่วมกับหัวขูดหินน้ำลายชนิด P10

5. คอมพิวเตอร์สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลกับโทรศัพท์มือถือที่ได้ลงโปรแกรม SPSS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สถิติ

**ผู้เข้าร่วมงานวิจัย**

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยคือนักศึกษาทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 6 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 16 คน อาสาสมัครทุกคนไม่มีประวัติได้รับอุบัติเหตุบริเวณศีรษะ คอ ไหล่ และหลังส่วนบน หรือมีความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมาแต่กำเนิด และให้ความยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัย โดยการศึกษานี้ได้รับอนุมัติทางจริยธรรมการศึกษาในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**ขั้นตอนดำเนินการวิจัย**

การออกแบบงานวิจัย เป็นการวิจัยแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized controlled trial) คำนวนจำนวนประชากรที่ต้องการศึกษาโดยกำหนดค่าความแตกต่างภายในและระหว่างกลุ่มที่จะศึกษาเท่ากับ 0.20 ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐาน null เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นที่จะเกิด type I error เท่ากับ 0.05 [20] จากการคำนวนโดยใช้ power and sampling methods (จาก http://ps-power-and-sample-size-calculation.software.informer.com) จะได้จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 16 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 8 คน อาสาสมัครจะถูกสุ่มเลือกแบบใช้ความน่าจะเป็น (probability sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก กลุ่มแรกมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) อีกกลุ่มหนึ่งมีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวหรือกลุ่มควบคุม

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

1. เริ่มทำการทดลองโดยให้นักศึกษาทันตแพทย์ผู้เข้าร่วมวิจัย นั่งที่เก้าอี้ทันตแพทย์ โดยปรับความสูงเก้าอี้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัย อยู่ในที่ท่าที่นั่งหลังตรง แขนอยู่ข้างลำตัว วางเท้าราบกับพื้นระนาบ ขาส่วนล่างตั้งฉากกับพื้นและทำมุมฉากกับต้นขา ต้นขาวางราบบนฐานรองนั่งซึ่งอยู่ในแนวขนานกับพื้นห้อง จากนั้นติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายไว้ที่ตำแหน่งด้านขวาของแว่นตานิรภัย

2. จัดตำแหน่งของนักศึกษาทันตแพทย์ผู้เข้าร่วมวิจัยให้ Frankfurt horizontal plane ขนานกับ แนวราบ มือขวาจับเครื่องมือ (รูปที่ 5) หลังจากนั้นเลือก Set origin ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT โดยกำหนดตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งอ้างอิง ให้ตำแหน่ง ณ ปัจจุบันเป็น 0, 0

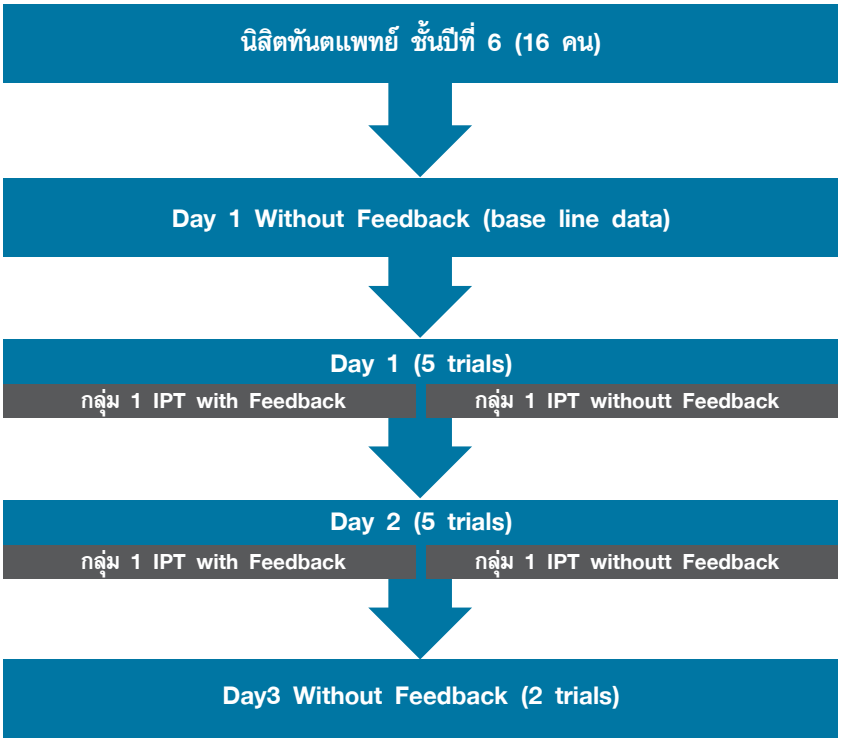
***รูปที่ 5 ผู้ร่วมวิจัยขณะจัดท่าทางก่อนเริ่มการวิจัย***

***Fig 5. The setting posture of participant performed scaling.***

3. ให้อาสาสมัครที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเหงือกอักเสบเล็กน้อยนั่งที่ยูนิตทำฟัน ปรับระดับความสูงในแนวดิ่งของอาสาสมัครให้ระดับช่องปากของอาสาสมัครอยู่บริเวณกึ่งกลางของหน้าอกของนักศึกษาทันตแพทย์ผู้เข้าร่วมวิจัย ให้นักศึกษาทันตแพทย์ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการรักษาทางทันตกรรมโดยการขูดหินน้ำลายบริเวณฟันหลังบนขวาของอาสาสมัครจนเสร็จ ใช้เวลาโดยประมาณ 10 นาที (รูปที่ 6)

4. เก็บข้อมูลองศาการเคลื่อนไหวตลอดการทำงานของผู้เข้าร่วมวิจัย (รูปที 7) ดังนี้

*รูปที่ 6 ผู้ร่วมวิจัยขณะปฏิบัติการขูดหินน้ำลาย*
*Fig 6. The participant performed scaling.*




*รูปที่ 7 แผนภูมิ ขั้นตอนการเก็บข้อมูล*
*Fig 7. Flowchart of participants through trials.*

ในวันแรกทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของทั้ง 2 กลุ่ม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน จากนั้นกลุ่มแรกมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) อีกกลุ่มหนึ่งมีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว ทำการขูดหินน้ำลายในบริเวณฟันหลังบนขวาของอาสาสมัครจนเสร็จ จำนวน 5 ครั้ง [21,22] เก็บข้อมูลทั้ง 5 ครั้งตลอดการทำงาน จากนั้นพัก 1 สัปดาห์

ในวันที่ 2 ของการฝึก เช่นเดิมกลุ่มแรกมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) อีกกลุ่มหนึ่งมีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว ทำการขูดหินน้ำลายในบริเวณฟันหลังบนขวาของอาสาสมัครจนเสร็จ จำนวน 5 ครั้ง เก็บข้อมูลทั้ง 5 ครั้ง ตลอดการทำงาน จากนั้นพัก 1 สัปดาห์

ในวันที่ 3 ทำการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวทั้งสองกลุ่ม 2 ครั้ง นำข้อมูลการเคลื่อนไหวของทั้ง 2 กลุ่มที่เป็นข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบกับข้อมูลครั้งหลังสุดโดยใช้ pair t-test ทั้งนี้ก่อนทำการเก็บข้อมูลในแต่ละวัน ผู้วิจัยได้ทำการวัดมุมที่ได้จากอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายเทียบกับเครื่องวัดมุมของข้อต่อ (goniometer)

**ผลการทดลอง**

หลังจากที่ได้ทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้วได้เชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยได้ถูกแบ่งเป็นชุดข้อมูลของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback) (ตารางที่ 1 และรูปที่ 8) กับกลุ่มที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว (without feedback) (ตารางที่ 2 และรูปที่ 8) โดยในการศึกษานี้การให้ข้อมูลป้อนกลับคือ โทรศัพท์จะสั่นเตือน เมื่อมีการก้มมากกว่าช่วงการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT

**ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของคอของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายโดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback)**

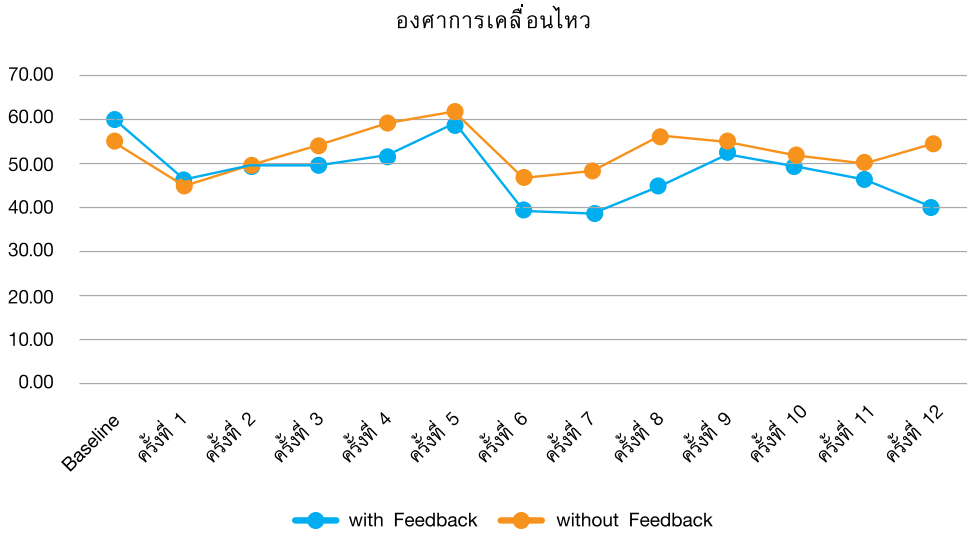
**Table 1. The mean of neck movements in feedback group.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | mean± SD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ข้อมูลพื้นฐาน (baseline)** | 68.09 | 48.88 | 60.43 | 59.54 | 61.32 | 53.45 | 68.43 | 61.99 | 60.27±6.64 |
| **ระหว่างการฝึก (ครั้งที่ 10)** | 48.98 | 55.03 | 47.3 | 57.34 | 39.55 | 48.87 | 50.43 | 51.4 | 49.86±5.34 |
| **หลังการฝึก (ครั้งที่ 12)** | 41.02 | 39.43 | 36.02 | 38.22 | 42.09 | 43.91 | 39.99 | 43.34 | 40.50±2.65 |

**ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของคอของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว (without feedback)**

**Table 2. The mean of neck movements in without feedback group.**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | mean± SD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ข้อมูลพื้นฐาน (baseline)** | 60.66 | 50.03 | 48.32 | 40.05 | 60.44 | 62.36 | 65.88 | 50.24 | 54.75±8.86 |
| **ระหว่างการฝึก (ครั้งที่ 10)** | 61.23 | 48.22 | 46.9 | 49.89 | 58.09 | 42.32 | 57.43 | 50.05 | 51.77±6.48 |
| **หลังการฝึก (ครั้งที่ 12)** | 67.34 | 51.9 | 59.98 | 41.89 | 58.23 | 44.11 | 66.09 | 46.34 | 54.49±9.88 |




***รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของคอของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายโดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback) กับกลุ่มที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว (without feedback)***

***Fig 8. The mean of neck movements, comparing between with feedback and without feedback group.***

จากข้อมูลที่ได้จากผู้เข้าร่วมการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของคอของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback) นั้นมีการพัฒนาที่ดีขึ้น คือองศาการเคลื่อนไหวลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวพื้นฐาน และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติด้วย pair t-test พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนในกลุ่มที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว (without feedback) พบว่า ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวพื้นฐาน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังพบว่าภายหลังการฝึก ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวของคอของกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายโดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback) และกลุ่มที่มีการบันทึกการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตาราง 3)

**ตารางที่ 3 เปรียบเทียบนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วย paired t-test**

**Table 3. The paired t-test is used to compare means between two groups.**

| องศาการเคลื่อนไหวของคอ | n | mean | S.D. | t | df | sig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| คู่ที่ 1 เปรียบเทียบกลุ่มมี feedback ข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลระหว่างการฝึก | 8 | 10.40 | 9.60 | 3.065 | 7 | .018* |
| คู่ที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มมี feedback ข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลหลังการฝึก | 8 | 19.76 | 7.22 | 7.740 | 7 | .000* |
| คู่ที่ 3 เปรียบเทียบกลุ่มไม่มี feedback ข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลระหว่างการฝึก | 8 | 2.98 | 8.53 | .988 | 7 | .356 |
| คู่ที่ 4 เปรียบเทียบกลุ่มไม่มี feedback ข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลหลังการฝึก | 8 | 0.26 | 8.78 | .085 | 7 | .935 |
| คู่ที่ 5 เปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน กลุ่มมี feedback และกลุ่มไม่มี feedback | 8 | 5.52 | 8.98 | 1.739 | 7 | .126 |
| คู่ที่ 6 เปรียบเทียบข้อมูลหลังการฝึก กลุ่มมี feedback และกลุ่มไม่มี feedback | 8 | 13.98 | 10.84 | -3.649 | 7 | .008* |

* *แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p<0.05*

* *Statistically significance p<0.05*

**บทวิจารณ์และสรุป**

วิชาชีพทันตกรรมนั้นมีความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมาก ซึ่งเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน วิธีการทำงานและท่าทางในขณะทำงาน การทำงานของทันตแพทย์จะมีลักษณะท่าทางในการทำงานที่โน้มตัวไปด้านหน้าร่วมกับการเอียงตัวไปด้านข้าง ทำให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าการโน้มตัวไปด้านหน้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมอาการปวดบริเวณคอและหลังส่วนบน [23-25] องค์กรด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของประเทศสหรัฐอเมริกา (NIOSH) [26] พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อและท่าทางในการทำงานที่เกินขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อหลังส่วนบน และมีหลายการศึกษาที่พบว่าความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อบริเวณคอมีความสัมพันธ์อย่างมากกับท่าทางในการทำงานที่เกินขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อคอและไหล่ [2-5,14] นอกจากนี้มีการศึกษายืนยันว่าท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมสามารถนำมาซึ่งอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อ [13,14] ซึ่ง Rundcrantz และคณะ [27] พบว่าทันตแพทย์ที่มีความผิดปกติของคอมีสาเหตุมาจากท่าทางการทำงานที่ก้มคอหรือหมุนคอหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน การศึกษาของ ลkesson และคณะ [28] รายงานว่าท่าทางการทำงานของทันตแพทย์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกบริเวณหลังส่วนบนและทันตแพทย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในท่าก้มหลังส่วนบนที่เปอร์เซนต์ไทล์ 50 คือ ตำแหน่งมุมก้มมากกว่า 39 องศา งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย (Patent No: 10270) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่ สมองกล (Microcontroller) ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์วัดความเร่ง ADXL345 (sensitivity ranges from +/- 2G to +/- 16G.) [29] และส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IPT ทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ทำให้ทราบถึงโอกาส (probability) แนวโน้มท่าทางการเคลื่อนไหวของคอที่จะเกิดกลุ่มอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของตนเองได้ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับในการปรับท่าทางการปฏิบัติงานให้แก่ผู้ใช้ ภายใต้แนวคิดการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เพื่อช่วยลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ส่วนฮาร์ดแวร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ทำงานเชื่อมต่อกันแบบไร้สาย เพื่อแก้ปัญหาที่สายเชื่อมต่อกีดขวางต่อการทำงานทางทันตกรรม อาจผลก่อให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่เก็บได้ [30]

จากสมมติฐานที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยคาดว่าเมื่อกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย โดยมีการบันทึกและให้ข้อมูลป้อนกลับ (with feedback) ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากเครื่องโทรศัพท์จะมีการปรับเปลี่ยนท่าทางให้เหมาะสม ช่วยลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ เนื่องจากเป็นการคงสรีระส่วนโค้งของกระดูกสันหลังตามธรรมชาติไว้ [12] ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อให้กลุ่มอาสาสมัครใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย ซึ่งมีการวิเคราะห์องศาการเคลื่อนไหวของคอแล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องโทรศัพท์ให้มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) เมื่ออาสาสมัครผู้ใช้อยู่ในท่าทางนอกเหนือจากช่วงที่กำหนด จะสามารถทำให้กลุ่มอาสาสมัครผู้ใช้ปฏิบัติงานทางทันตกรรมในช่วงการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม เกิดการเรียนรู้ การจดจำของกล้ามเนื้อ (muscle memory) ถึงแม้ว่าต่อมากลุ่มอาสาสมัครผู้ใช้จะไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย ค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยองศาการเคลื่อนไหวพื้นฐาน ซึ่งแตกต่างกับกลุ่มที่มีการให้บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ค่าองศาการเคลื่อนไหวของคอในกลุ่มอาสาสมัครใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย และมีการให้ข้อมูลป้อนกลับแตกต่างจากกลุ่มที่มีการให้บันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Madeleine และคณะ [31] ที่พบว่าการนำเครื่องวัดการทำงานของกล้ามเนื้อมาใช้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานด้วย

เครื่องคอมพิวเตอร์และมีการแจ้งเตือนเมื่อค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าปกติจะช่วยลดการทำงานของกล้ามเนื้อทราพีเซียสได้อย่างมีนัยสำคัญ และช่วยลดโอกาสเกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ งานวิจัยของ Milosevic [32] ที่ได้ทำการทดลองนำการให้ข้อมูลป้อนกลับทางชีวภาพ (biofeedback) มาใช้ควบคุมท่าทางในการทำงานให้กลับคืนท่าทางที่เหมาะสมเมื่อออกจากตำแหน่งสมดุลที่กำหนดไว้ พบว่าเมื่อกลุ่มทดลองได้รับข้อมูลป้อนกลับจะช่วยในการกำหนดท่าทางที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ประโยชน์ของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยคาดว่าผู้ใช้อุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สายขณะปฏิบัติงาน จะมีการจัดวางท่าทางในการปฏิบัติงานที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้กับงานด้านอื่นๆ ได้ โดยการปรับปรุงโมเดลประเมินกลุ่มอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อให้เหมาะสมกับแต่ละงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ได้ทำการศึกษาเฉพาะท่าทางการเคลื่อนไหวของคอขณะปฏิบัติงานขูดหินน้ำลายเท่านั้น

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมกำกับท่าทางการทำงานและเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานแบบไร้สาย

**เอกสารอ้างอิง**

1. Al Wazzan KA, Almas K, Al Shethri SE, Al-Qahtani MQ. Back and Neck Problems among Dentists and Dental Auxiliaries. J Contemp Dent Pract 2001; 2(3): 17-30.

2. Akesson I, Johnsson B, Rylander L, Moritz U, Skerfving S. Musculoskeletal disorders among female dental personnel-clinical examination and a 5-year follow-up study of symptoms. Int Arch Occup Environ Health 1999; 72: 395-403.

3. Akesson I, Schutz A, Horstmann V, Skerfving S, Moritz U. Musculoskeletal symptoms among dental personnel-lack of association with mercury and selenium status, overweight and smoking. Swed Dent J 2000; 24: 23-28.

4. Oberg T, Oberg U. Musculoskeletal complaints in dental hygiene: a survey study from a Swedish country. J Dent Hyg 1993; 67: 257-261.

5. Lalumandier JA, McPhee SD, Parrott CB, Vendemia M. Musculoskeletal pain: prevalence, prevention, and differences among dental office personnel. Gen Dent 2001; 49(2): 160-166.

6. Milerad E, Ericson MO, Nisell R, Kilbom ล. An electromyographic study of dental work. Ergonomics 1991; 34: 953-962.

7. Öberg T, Karsznia A, Sandsjö L, Kadefors R. Work load, fatigue, and pause patterns in clinical dental hygiene. J Dent Hyg 1995; 69: 223-229.

8. Chowanadisai S, Kukiattrakoon B, Yapong B, Kedjarune U, Leggat PA. Occupational health problems of dentists in southern Thailand. Int Dent J 2000; 50: 36-40.

9. Marshall ED, Duncombe LM, Robinson RQ, Kilbreath SL. Musculoskeletal symptoms in New South Wales dentists. Aust Dent J 1997; 42: 240-246.

10. Andersson GBJ, Ortengren R, Machismo RL, Elfstrom G, Broman H. The sitting posture: an electromyographic and disco-metric study. Orthop Clin North Am 1975; 6: 104-121.

11. Ayers KMS, Thomson WM, Newton JT, Morgaine KC, Rich AM. Self-reported occupational health of general dental practitioners. Occup Med 2009; 59(3): 142–148.

12. Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: neck and shoulder kinematics. Man Ther 2005; 10(4): 281-291.

13. Branson BG1, Bray KK, Gadbury-Amyot C, Holt LA, Keselyak NT, Mitchell TV, Williams KB. Effect of magnification lenses on student operator posture. J Dent Educ 2004; 68(3): 384-389.

14. Murphy D. Ergonomics and the Dental Care Worker. Washington, DC: American Public Health Association 1998; 113-128, 191, 344, 350.

15. deCarvalho MV, Soriano EP, de França Caldas A Jr, Campello RI, de Miranda HF, Cavalcanti FI. Work-related musculoskeletal disorders among Brazilian dental students. J Dent Educ 2009; 73(5): 624-630.

16. Oliveira JT. LER-RSI-repetitive strain injury: a questionable and harmful concept. Arq Neuropsiquiatr 1999; 57(1): 126–131.

17. Pitts F. Musculoskeletal disorders in dentistry. Master of Science in Industrial Engineering. Louisiana: Louisiana State University, Baton Rouge: Louisiana; 2005.

18. Godfrey A, Conway R, Meagher D, OLaighin G. Direct measurement of human movement by accelerometry. Med Eng Phys 2008; 30(10): 1364-1386.

19. Thanathornwong B, Suebnukarn S, Ouivirach K. The system for predicting and preventing musculoskeletal disorders among dental students. Int J Occup Saf Ergon (JOSE) 2014, 20(3): 463-475.

20. Thanathornwong B, Suebnukarn S. The Improvement of Dental Posture Using Personalized Biofeedback. Stud Health Technol Inform 2015; 216: 756-760.

21. Suebnukarn S, Haddawy P, Rhienmora P, Jittimanee P, Viratket P. Augmented Kinematic Feedback from Haptic Virtual Reality for Dental Skill Acquisition. J Dent Edu 2010; 12: 1357-1366.

22. Young DE, Schmidt RA. Augmented kinematic feedback for motor learning. J Mot Behav 1992; 24(3): 261–273.

23. Valachi E, Valachi K. Mechanism leading to musculoskeletal disorders in dentistry. J Am Dent Assoc 2003; 134: 1344-1350.

24. Milerad E, Ekenvall L. Symptoms of the neck and upper extremities in dentists. Scand J Work Environ Health 1990; 16: 129-134.

25. Alexopoulos EC, Stathi LC, Charizani F. Prevalence of musculoskeletal disorders in dentists. BMC Musculoskelet Disord 2004; 5: 16.

26. WHO. A review of "Identification and Control of Work-Related Diseases." WHO Technical Report Series 714. Geneva. WHO, 1985: 174.

27. Rundcrantz BL, Johnsson B, Moritz U. Pain and discomfort in the musculoskeletal system among dentists. Swed Dent J 1991; 15: 219-228.

28. Akesson I, Hansson GA, Balogh I, Moritz U, Skerfving S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. Int Arch Occup Environ Health 1997; 69: 461-474.

29. Carnaz L, Batistao MV, Gil Coury HJC. A Review of Direct Neck Measurement in Occupational Settings. Sensors (Basel, Switzerland) 2010; 10(12): 10967-10985.

30. Thanathornwong B, Suebnukarn S, Songpaisan Y, Ouivirach K. A system for predicting and preventing work related musculoskeletal disorders among dentists. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering 2014; 17(2): 177-185.

31. Madeleine P, Vedsted P, Blangsted AK, Sjøgaard G, Søgaard K. Effects of electromyographic and mechanomyographic biofeedback on upper trapezius muscle activity during standardized computer work. Ergonomics 2006; 49(10): 921-933.

32. Milosevic M. Audio-visual biofeedback system for postural control. Int J Disabil Hum Dev 2011; 10(4): 321-324.

**ติดต่อบทความ:**
ผศ.ทพญ.ดร. พรสวรรค์ ธนธรวงศ์
ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 15092
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ppeetakul@hotmail.com

**Correspondent author:**
Assistant Professor Dr. Bhornsawan Thanathornwong
Department of General Dentistry,
Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University,
Sukhumvit 23, Wattana,
Bangkok, Thailand 10110
Tel: 02-649-5000 ext. 15092
E-mail: ppeetakul@hotmail.com