การศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมกล้ามเนื้อของหลังส่วนบนขณะทำงานของนักศึกษาทันตแพทย์ที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

พรสวรรค์ ธนธรวงศ์*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมกล้ามเนื้อของหลังส่วนบนขณะทำงานของนักศึกษาทันตแพทย์ที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ประชากรเป้าหมายในการศึกษาเป็นนักศึกษาทันตแพทย์ จำนวน 16 คน งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบบ 2 × 2 Crossover design คือมีกลุ่มนักศึกษาทันตแพทย์ 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน แต่ละกลุ่มแบ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน และ กลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน บันทึกข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบน ด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) ร่วมกับการให้ข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ ผู้ร่วมวิจัยจะติดตั้งเซนเซอร์ไว้ที่กระดูกสันหลังส่วนอกชิ้นที่ 4 (4^{th}Thoractic) แล้วเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่มีโมเดลวิเคราะห์อัจฉริยะรวมอยู่ในฐานข้อมูล ขณะเก็บข้อมูล ระบบจะมีการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมทุกๆ 5 วินาที และในช่วงที่ให้ข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน ระบบจะทำการแจ้งเตือนหรือให้ข้อมูลป้อนกลับผู้ใช้งานทันทีที่ระบบตรวจพบว่าท่าทางการทำงานนั้นๆ เสี่ยงต่อการบาดเจ็บของร่างกาย ส่วนในช่วงที่ไม่ให้ข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน ระบบจะไม่มีการแจ้งเตือน ผู้วิจัยจัดหาอาสาสมัครที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเหงือกอักเสบ และมีความประสงค์จะรับการรักษาโรคเหงือกอักเสบโดยการขูดหินน้ำลาย ผู้เข้าร่วมงานวิจัยขูดหินน้ำลายทุกตำแหน่งในช่องปากของอาสาสมัครโดยเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตร้าโซนิก (ultrasonic scaler) บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนตลอดการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนของนักศึกษาทันตแพทย์ในกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ มีค่าเท่ากับ 7.74 ± 6.57 % MVC ในกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ เท่ากับ 16.52 ± 4.42 % MVC เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนของนักศึกษาทันตแพทย์ทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

สรุป: ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนของกลุ่มที่ได้ข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะมีค่าแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปฏิบัติงานทันตกรรมมีแนวโน้มสูงที่จะเกิดอาการปวดของกล้ามเนื้อและกระดูก งานวิจัยนี้คาดหวังให้นักศึกษาทันตแพทย์ได้เพิ่มความตระหนักในท่าทางการทำงาน ฝึกการปฏิบัติงานทางคลินิกในท่าทางที่ถูกต้องเพื่อให้เกิดการจดจำของกล้ามเนื้อต่างๆ การให้ข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้นักศึกษาทันตแพทย์ปรับท่าทางการทำงานให้ร่างกายส่วนต่างๆโดยเฉพาะหลังส่วนบนอยู่ในสภาวะปกติและสมดุล

คำสำคัญ: แบบจำลองมาร์คอฟ อาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ การให้ข้อมูลป้อนกลับชนิดสั่น การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ระบบเฉพาะส่วนบุคคล

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

A Comparative Study on Muscle Activity of Upper Back among Dental Students with and without the Intelligent Posture Trainer System during Work.

Bhornsawan Thanathornwong*

Abstract

Objective: To compare muscle activity of upper back among dental students with and without the intelligent posture trainer system during work.

Materials and Methods: To assess the position of the upper back, 2 × 2 Crossover design with 16 dental students was conducted. Subjects were randomized to either of the two groups (feedback=8 or no-feedback=8) separated by a washout period of 7 days. To compare the activity of muscles, upper part of Trapezius muscles were studied using Electromyography, combined with the data from the feedback by the intelligent posture trainer system. An accelerometer sensor were attached to 4th thoracic spine, then connected to the computer which had the intelligent analysis models in the database. The information was analyzed every 5 seconds and gave feedback to the user as soon as the system detected the improper position by vibrating a warning period as defined in the program. In no-feedback group, there is no notification from systems. The system only kept track of the position of the upper back. The research group's supply of volunteers who have been diagnosed as mild gingivitis, and treated with scaling used ultrasonic scaler. The data were collected from the Electromyography until full mouth scaling finish. The electrical activities of the upper part of Trapezius muscle had been evaluated and analyzed by paired t-test.

Results: The electrical activity of the upper part of trapezius muscles of the group that is using feedback from the intelligent posture trainer were 7.74 ± 6.57 %MVC. The group not using feedback from the intelligent posture trainer system were 16.52 ± 4.42 %MVC. Paired t-test analysis found that the electrical activity of the upper part of trapezius muscles in 2 group were significantly different ($p < 0.05$).

Conclusion: The electrical activity of the upper part of trapezius muscles of the group that is using feedback from the intelligent posture trainer were significantly different from that of no-feedback group. Dentists at work are susceptible to the development to work related musculoskeletal disorders (WMSDs). This research expecting dental students has increased awareness in the work. Clinical operations training in the correct posture to achieve recognition of the muscles memory. The results presented here demonstrate that Intelligence posture training for posture in dental students is feasible and associated with quantitative improvements.

Key words: Hidden Markov Model, Musculoskeletal disorders, Vibrotactile biofeedback, Electromyogram, Personalization

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

บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในกลุ่มทันตแพทย์และทันตบุคลากรมากมาย แต่การศึกษาอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในกลุ่มนักศึกษาทันตแพทย์ยังมีจำนวนไม่มาก มีรายงานว่านักศึกษาทันตแพทย์ที่เริ่มปฏิบัติงานในระดับคลินิกพบว่ามีปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมากขึ้น โดยร้อยละ 46 ของนักศึกษาทันตแพทยศาสตร์มีอาการปวดบริเวณส่วนบนของลำตัว (Upper back pain) และจะมีอาการเพิ่มมากขึ้นเมื่อฝึกปฏิบัติในชั้นปีที่สูงขึ้น [1, 2] ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Barry และคณะ [3] ที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน ในนักศึกษาทันตแพทย์ เนื่องจากมีท่าทางที่ไม่สมดุลในการฝึกปฏิบัติระดับคลินิกช่วงสองปีแรก Valachi และ Valachi [4] ได้กล่าวถึงท่าทางในขณะทำงานที่เหมาะสมของทันตแพทย์ไว้ว่าตำแหน่งศีรษะขณะทำงานควรอยู่ในลักษณะก้มมาทางด้านหน้า (Forward head position) ไม่เกิน 20 องศาเพื่อมองเห็นบริเวณทำงานได้อย่างชัดเจน แต่จากการศึกษาของ Sanders และ Michalak [5] พบว่า ทันตแพทย์มักจะทำงานในท่าที่ก้มคอมากกว่า 30 องศา พร้อมๆ กับการเอียงศีรษะและหันศีรษะ และมีการกางแขนมากกว่า 45 องศา ร่วมด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Marklin และ Cherney [6] ได้ทำการศึกษาท่าทางขณะทำงานของทันตแพทย์ พบว่า มีการก้มคออย่างน้อย 30 องศา คิดเป็นเวลาร้อยละ 85 ของการทำงานในแต่ละครั้ง พร้อมกับการกางแขนอย่างน้อย 30 องศา คิดเป็นเวลาร้อยละ 45 ในข้างซ้าย และร้อยละ 34 ในข้างขวาของการทำงานในแต่ละครั้ง รวมถึงยังคงสภาพอยู่ในท่าเหล่านี้เป็นเวลานาน ทำให้กล้ามเนื้อทราพีเซียส เกิดอาการเมื่อยล้า

มีการสำรวจความสัมพันธ์ของอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงานในนักศึกษาทันตแพทย์ของ 2 มหาวิทยาลัย ในประเทศบราซิล สุ่มตัวอย่าง 227 คน จากภาคการศึกษาที่ 5-9 (ชั้นคลินิก) ซึ่งเป็นระดับชั้นที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงานมากที่สุด เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นคำถามปลายปิดจำนวน 20 ข้อ เกี่ยวกับอาการเจ็บปวดของนักศึกษาทันตแพทย์ โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับความเจ็บปวดตามการศึกษาของ Oliveira [7] 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 [8]

การวิเคราะห์งานมีเป้าหมายเพื่อประเมินความเสี่ยงการเกิดอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อจากการทำงาน เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์งานมีหลายอย่าง ได้แก่ เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) เซ็นเซอร์วัดความเอียง (Inclinometer sensor) เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer sensor) เครื่องมือวัดมุม (Goniometer) เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมกล้ามเนื้อพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อขณะทำงานทางทันตกรรม ได้แก่ ตรวจฟัน อุดฟันและขูดหินน้ำลายมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวัดการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะทำงานของกล้ามเนื้อคอไหล่และแขน พบว่ากล้ามเนื้อทราปีเซียสมีการทำงานมากสุดโดยกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวามีการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 9.0 และกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านซ้ายมีการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 7.6 เมื่อทำการศึกษาต่อโดยการแบ่งกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบนและส่วนล่างและทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อก่อนและหลังการทำงานของทันตแพทย์ พบว่าค่ากระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบนก่อนและหลังการทำงานของทันตแพทย์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนล่างก่อนและหลังการทำงานของทันตแพทย์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบนมีหน้าที่หลักในการยกไหล่ขึ้นข้างบนและรั้งศีรษะไปข้างหลังซึ่งเป็นท่าที่ทันตแพทย์ใช้ในการปฏิบัติงานต่างจากกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนล่างซึ่งมีหน้าที่ในการรั้งสะบักมาข้างหลัง [9-11]

เนื่องจากนักศึกษาทันตแพทย์ยังมีประสบการณ์ในการทำงานน้อย ขาดทักษะความชำนาญและใช้เวลาในการทำงานที่ค่อนข้างนาน รวมทั้งยังมีการจัดตำแหน่งของผู้ป่วย ตำแหน่งการเข้าทำงานและการวางเครื่องมือไม่เหมาะสมดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกิจกรรมกล้ามเนื้อของหลังส่วนบนที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

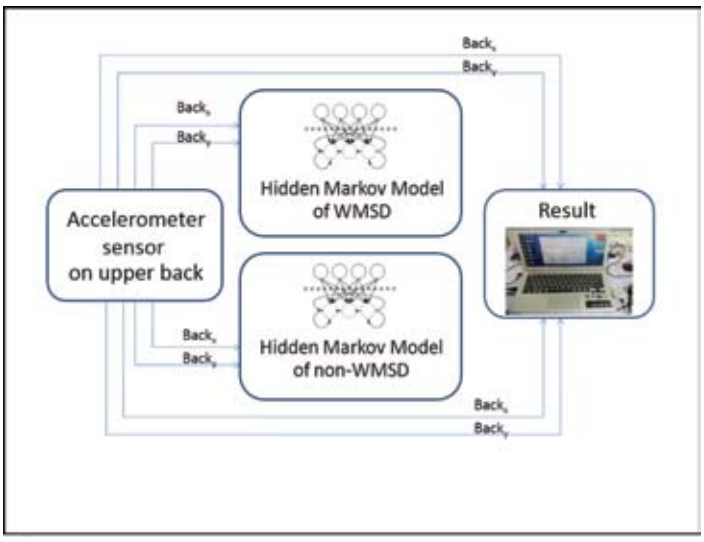
วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกิจกรรมกล้ามเนื้อของหลังส่วนบนขณะทำงานของนักศึกษาทันตแพทย์ที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1.ระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

2. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ BioEMG III™ และโปรแกรมสำเร็จรูป (Integration Software) ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 2) ซึ่งมีข้อกำหนดทางเทคนิคของเครื่องดังนี้ Sampling frequency 20-500 Hz, High Input impedance (>100 MΩ), High common mode rejection ratio (CMRR > 107dB) และอิเล็คโทรด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ของ Ambu® ประเทศมาเลเซีย

รูปที่ 2 เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

3. เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิค (Ultrasonic scaler) รุ่น EMS ผลิตในประเทศสวิสเซอร์แลนด์

4. เครื่องคอมพิวเตอร์ Laptop ของ Sony

5. โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS version 11.5

ทฤษฎีและการออกแบบ

ในงานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งเป็นงานวิจัยเชิงนวัตกรรมในการพัฒนาระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ โดยมีส่วนประกอบดังนี้ สมองกล (Microcontroller) ที่ทำงานร่วมกับตัวเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) และอุปกรณ์สำหรับสั่น ซึ่งมีขาอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อีกส่วนคือส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนสมองกล ซึ่งประกอบด้วย ส่วนประมวลผล ที่ทำงานร่วมกับส่วนสั่งทำงาน และส่วนหน่วยความจำที่แบ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บค่าปัจจุบันที่มีข้อมูลค่ามุมในแนวแกนทิศทางเดียวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบ (x) พร้อมกับมุมในแนวแกนทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบ (y) และหน่วยความจำอีกส่วนหนึ่งจะเก็บคาบเวลาสำหรับแจ้งเตือนผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 3 ส่วนโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยส่วนโปรแกรมประมวลผลที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมสั่งทำงานและส่วนฐานข้อมูล ที่แบ่งเป็นฐานข้อมูลสำหรับเก็บค่าปัจจุบัน ที่มีข้อมูลค่ามุมในแนวแกนทิศทางเดียวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบ (x) พร้อมกับมุมในแนวแกนทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบ (y) โดยมีฐานข้อมูลโมเดลอัจฉริยะสำหรับอ้างอิงการวางท่าทางที่เหมาะสมในการทำงาน ฐานข้อมูลที่ใช้อ้างอิงได้มาจากการเก็บข้อมูลท่าทางการทำงานในทันตแพทย์ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีอาการของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกิดจาการทำงานและกลุ่มที่ไม่มีอาการของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกิดจาการทำงาน ซึ่งได้ปฏิบัติงานทันตกรรมโดยการขูดหินน้ำลายทั้งปาก โดยตำแหน่งของการขูดหินน้ำลายจะเรียงตามการแบ่งพื้นที่ (Quadrant) คือ บนขวา บนซ้าย ล่างซ้ายและล่างขวา ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากทั้ง 2 กลุ่มมาสร้างแบบจำลองมาร์คอฟ (HiddenMarkov Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ประยุกต์เอาทฤษฎีความ

น่าจะเป็นมาใช้ โดยศึกษาถึงพฤติกรรมหรือความเป็นไปของการดำเนินงานของสถานการณ์ (state variable) จากเวลาหนึ่งไปยังอีกเวลาหนึ่งว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร [12] จากฐานข้อมูลโมเดลอัจฉริยะสำหรับอ้างอิงการวางท่าทางที่เหมาะสมในการทำงานดังที่กล่าวมาระบบจะมีการเตือนของ sensor โดยการประมวลผลการเคลื่อนไหว (องศา) การทำงานเมื่อมีแนวโน้มการเคลื่อนไหวมีรูปแบบเข้าใกล้การเคลื่อนไหวกลุ่มที่มีอาการของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงาน ซึ่งมีฐานข้อมูลผลการวิเคราะห์สำหรับเก็บผลการวิเคราะห์ข้อมูล พร้อมทั้งข้อมูลคาบเวลาสำหรับแจ้งเตือน ผู้ใช้งานให้ปรับปรุงท่าทางให้เหมาะสมเพื่อลดอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ [13] ดังรูปที่ 4

รูปที่ 3 ส่วนสมองกล

รูปที่ 4 ส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

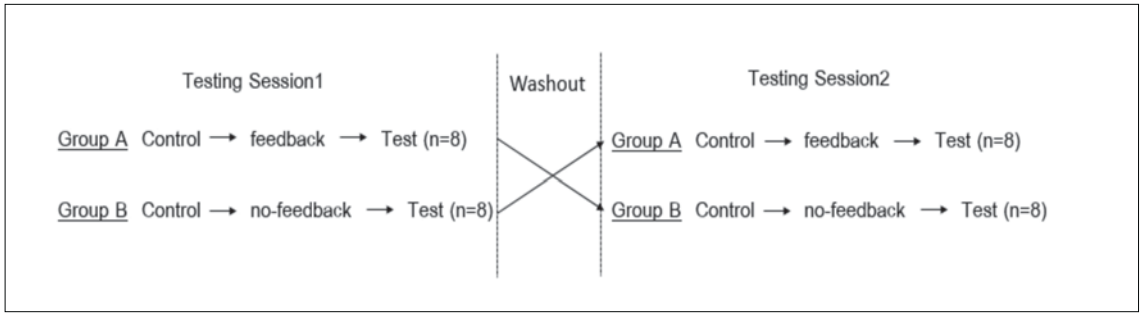
กระบวนการการทำงานระบบ เมื่อผู้ใช้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกดปุ่มที่โปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับท่าทาง ผู้ใช้ต้องทำการตั้งค่าคาบเวลาสำหรับแจ้งเตือน 3-15 วินาที หลังจากนั้นกดปุ่มเริ่มทำงาน ส่วนประมวลผลจะอ่านค่าข้อมูลคาบเวลาสำหรับแจ้งเตือนเข้ามาไว้ในหน่วยความจำสำหรับเก็บคาบเวลาสำหรับแจ้งเตือน ต่อจากนั้นจะเริ่มอ่านค่าท่าทางการเคลื่อนไหวจากตัวเซนเซอร์เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำค่าปัจจุบันแล้วส่งต่อไปยังฐานข้อมูลค่าปัจจุบันแล้วส่วนโปรแกรมประมวลผลทำการเปรียบเทียบค่าปัจจุบันกับค่าในฐานข้อมูลโมเดลอัจฉริยะ หากค่าดังกล่าวมีค่ามากกว่าข้อมูลในฐานข้อมูลโมเดลอัจฉริยะ โปรแกรมประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังส่วนสั่งทำงาน เพื่อให้ทำการแจ้งเตือนหรือให้ข้อมูลป้อนกลับโดยการสั่นอุปกรณ์ตรวจจับท่าทาง ตามคาบเวลาแจ้งเตือน เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งานให้ปรับท่าทางให้เหมาะสม แต่ในกรณีที่ผู้ใช้งานเลือกการทำงานในระบบวิเคราะห์ ระบบจะไม่มีการสั่นแจ้งเตือนผู้ใช้งาน แต่จะบันทึกผลการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว

ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยคือนักศึกษาทันตแพทย์ชั้นปีที่ 5 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 16 คน อาสาสมัครทุกคนไม่มีอาการเจ็บปวดกล้ามเนื้อ (Myofascial pain) บริเวณกล้ามเนื้อทราปีเซียส และให้ความยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัย โดยการศึกษานี้ได้รับอนุมัติทางจริยธรรมการศึกษาในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วันที่ 15 พฤศจิกายน 2555 (เลขที่ 21/2555)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A หรือกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน (Feedback) จากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ และ กลุ่ม B หรือกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน (No-feedback) จากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ กลุ่มละ 8 คน รูปแบบการทดลองคือ 2 x 2 Crossover design โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกสุ่ม (Randomized allocation) ให้ได้รับลำดับเป็น AB หรือ BA และมีช่วงเวลาหยุดพักก่อนเปลี่ยนวิธีการรักษาเรียกว่า “Washout period” ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ 1 สัปดาห์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบการทดลอง 2 x 2 crossover design

2. ข้อมูลที่เก็บในการศึกษานี้ คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนของกลุ่มผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับและ กลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงานจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

3. เริ่มทำการทดลองโดยให้ผู้ทดลองออกแรงที่กล้ามเนื้อทราปีเซียสในลักษณะที่ทำงานมากที่สุด (100% Maximum Voluntary Contraction) คือท่าออกแรงยกไหล่เต็มที่ จากนั้นวัดค่าแรงในการหดตัวที่มากที่สุด

4. ติดระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะไว้ที่ตำแหน่งกลางหลังส่วนบนของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยจัดตำแหน่งของผู้เข้าร่วมวิจัย ดังนี้ Frankfort horizontal plane ขนานแนวระนาบ เพื่อแสดงถึงตำแหน่งศีรษะธรรมชาติและสามารถจัดให้เป็นมาตรฐานและทำซ้ำได้ นั่งหลังตรง ขาตั้งฉาก วางเท้าบนพื้นระนาบ แขนอยู่ข้างลำตัว มือขวาจับเครื่องมือ

5. ติดอิเล็คโทรดของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบนกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบนของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยมีตำแหน่งอ้างอิง คือ 1st อิเล็คโทรดและ 2nd อิเล็คโทรด อยู่ระหว่างปุ่มหัวไหล่ (Acromion) และกระดูกสันหลังส่วนคอ (C7) โดยมีระยะห่าง 2 เซนติเมตร และ 3rd อิเล็คโทรดอยู่แหน่งกระดูกสันหลังส่วนอก (T12)

6. ให้ผู้ร่วมวิจัยทำการรักษาทางทันตกรรมโดยการขูดหินน้ำลายในผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเหงือกอักเสบเล็กน้อย ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 ผู้ร่วมวิจัยทำการรักษาทางทันตกรรมโดยการขูดหินน้ำลาย

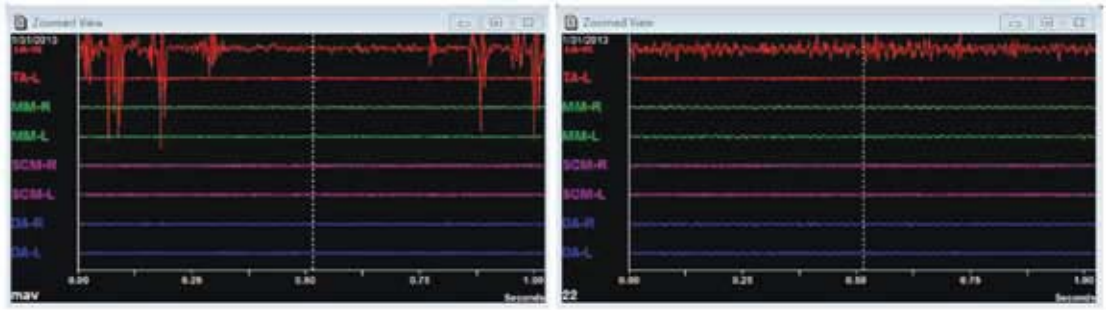
7. เก็บข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบน ตลอดการทำงานของผู้เข้าร่วมวิจัย จากนั้นนำข้อมูลจากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Paired T-Test โดยโปรแกรม SPSS version 11.5

ผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เก็บข้อมูลในนักศึกษาทันตแพทย์จำนวน 16 คน แบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ และกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงานจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมและนำมาวิเคราะห์ คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนของนักศึกษาทันตแพทย์ ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป BioPAK version 7.2 ในการศึกษานี้ได้มีการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) ของ % Maximum Voluntary Contraction (%MVC) ซึ่งวิธีการ normalize EMG ได้คำนวนจากสูตร Max EMG in mV = MVC (100%) ดังรูปที่ 7



(ก) (ข)

รูปที่ 7 ตัวอย่างค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบน (ก) นักศึกษาทันตแพทย์ที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงาน (ข)

นักศึกษาทันตแพทย์ที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงานจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ พบว่ากิจกรรมของกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งท่าทางการทำงานทั้งในแนวระนาบและแนวดิ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวาน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวาเท่ากับ 7.74 ± 6.57 % MVC เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ มีค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวาเท่ากับ 16.52±4.42 %MVC เมื่อนำค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมาคำนวณโดยใช้สถิติการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันพบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวาของทั้งสองกลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนที่ได้จากกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

Dental students	Mean of muscular load (%MVC)
No-feedback group	16.52 ± 4.42
Feedback group	7.74 ± 6.57*

*กลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

บทวิจารณ์

งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งเป็นการพัฒนาระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงานและปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ เพื่อเก็บข้อมูลค่าองศาของตำแหน่งหลังส่วนบนทั้งแนวก้ม-เงยและเอียงซ้าย-ขวา ส่วนประมวลผลอ่านค่าท่าทางการเคลื่อนไหวจากตัวเซนเซอร์ และทำการแจ้งเตือนโดยการสั่นอุปกรณ์ เพื่อแจ้งผู้ใช้งานให้ปรับท่าทางให้เหมาะสม การศึกษาทางด้านการให้ข้อมูลป้อนกลับกับกิจกรรมของกล้ามเนื้อมีการศึกษาของ Palmerud และคณะ [14] ให้ข้อมูลท่าทางป้อนกลับแก่กลุ่มทดลองพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสในท่าทางต่างๆ โดยไม่มีแรงกระทำจากภายนอก มีผลทำให้ค่าการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงได้ถึงร้อยละ 56 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่ได้จากการศึกษาในกลุ่มนักศึกษาทันตแพทย์ครั้งนี้ มีค่าลดลงร้อยละ 53.15 กล่าวคือ ขณะทำงานเมื่ออยู่ในท่าทางที่เหมาะสม มีผลทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ Haslegrave [15] แต่ได้มีงานศึกษาของ Carlson และคณะ [16] พบว่าในกลุ่มคนที่มีอาการผิดปกติทางระบบโครงกระดูกและกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อทราปีเซียสจะมีการทำงานลดลง ซึ่งเป็นผลจากการปรับตัวของร่างกายที่พยายามลดการทำงานของกล้ามเนื้อลงโดยเลี่ยงไปใช้กล้ามเนื้อมัดอื่นแทน มีหลายงานวิจัยที่ได้ทดลองนำเครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับมาใช้ Wong และคณะ [17] ได้ศึกษาการใช้เครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับโดยให้เสียงเตือน (Audio feedback) ในการฝึกการควบคุมท่าทางของร่างกายในผู้ป่วยวัยรุ่นที่มีอาการหลังเอียงแต่กำเนิดโดยไม่ทราบสาเหตุ (Adolescent Idiopathic Scoliosis; AIS) พบว่าเครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับโดยให้เสียงเตือน ให้ผลสำเร็จในการควบคุมท่าทางของร่างกายมีค่าใกล้เคียงกับการใช้กายอุปกรณ์เสริมชนิดแข็ง แต่มีข้อดีกว่ากายอุปกรณ์เสริมชนิดแข็งคือ สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานของเครื่องได้ ทำให้สามารถทราบว่าผู้ป่วยได้ใส่เครื่องมือนี้หรือไม่ เครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับโดยให้เสียงเตือนยังเป็นที่พึงพอใจของผู้ป่วยเนื่องจากเครื่องมือมีขนาดเล็กกว่ากายอุปกรณ์เสริมชนิดแข็ง ทำให้ลดผลกระทบต่อการเข้าสังคม นอกจากนี้ยังไม่ทำให้เกิดการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อกระดูกสันหลัง กระดูกซี่โครงผิดรูป ผิวหนังลอก และความผิดปกติของทางเดินอาหาร Wu [18] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับทันที (Real-time visual feedback) มาใช้ในการบอกจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเพื่อใช้ในการฝึกการทรงตัวของผู้ป่วยสูงอายุที่เป็นโรคชาบริเวณเส้นประสาทส่วนปลาย (Peripheral neuropathy) โดยจะประเมินผลจากการทรงตัว พบว่า การใช้เครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับทันที สามารถให้ผลการฝึกการทรงตัวที่ดีกว่า และยังทำให้ผู้ป่วยมีความมั่นใจการทรงตัวมากขึ้น โดยก่อนหน้านี้เคยมีรายงานความสำเร็จของการใช้เครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับทันทีในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก (Hemiplegia) และผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของระบบการทรงตัว (Vestibular disorder) และจากงานวิจัยของ Alahakone และ Senanayake [19] ได้ใช้ระบบให้ข้อมูลป้อนกลับ (Real-time system with assistive feedback) โดยวัดองศาการเคลื่อนไหวของลำตัว เพื่อประเมินการทรงตัว พบว่าการได้รับข้อมูลป้อนกลับสามารถควบคุมตำแหน่งการทำงานและความสมดุลของร่างกายได้ดีกว่าการไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alahakone และ Senanayake [20] พบว่าเครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับชนิดสั่น (Vibrotactile biofeedback) จะช่วยพัฒนาลักษณะการเดินของผู้ป่วยที่มีอาการเดินต่อเท้าในแนวเส้นตรงไม่ได้ เนื่องจากมีพยาธิสภาพข้างใดข้างข้างหนึ่ง (Tandem Gait) ซึ่งดีกว่าการปล่อยให้คนไข้ฝึกปฏิบัติเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาของ Dozza และคณะ [21, 22] ได้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องให้ข้อมูลป้อนกลับโดยให้เสียงเตือน (Auditory biofeedback) พบว่า กลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับมีการเคลื่อนไหวของร่างกายในแนวหน้าหลังและแนวซ้ายขวาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือมีการทรงตัวที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษา

ของ Gopalai และ Senanayake [23] โดยให้ข้อมูลป้อนกลับชนิดสั่น ที่บริเวณช่วงหลังส่วนล่าง พบว่ากลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับมีการเคลื่อนไหวของร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือมีการทรงตัวที่ดีขึ้น ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดลองในนักศึกษาทันตแพทย์เมื่อให้ข้อมูลป้อนกลับเช่นเดียวกัน คือค่าเฉลี่ยร้อยละของการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสด้านขวาของกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลป้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไหล่และแขน Haddad และคณะ [24] ได้ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสในขณะทำงานทางทันตกรรมโดยเปรียบเทียบระหว่างการนั่งทำงานในเก้าอี้ทั่วไปและเก้าอี้ที่ออกแบบมาเฉพาะทางทันตกรรม (Ergonomically Designed Chair; EDC) โดยออกแบบให้มีการรองรับแรงช่วงแขนและลำตัว ผลการศึกษาพบว่า เก้าอี้ที่ออกแบบมาเฉพาะทางทันตกรรมสามารถลดการทำงานของกล้ามเนื้อทราปีเซียสได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยจะมีการก้มคอประมาณ 15 องศา ขณะใช้เก้าอี้ที่ออกแบบมาเฉพาะทางทันตกรรม และ % MVC ของกล้ามเนื้อทราปีเซียสส่วนบนมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

บทสรุป

เนื่องจากนักศึกษาทันตแพทย์ ยังมีประสบการณ์ในการทำงานน้อย ขาดทักษะความชำนาญและใช้ระยะเวลาในการทำงานที่ค่อนข้างนาน รวมถึงมีการจัดตำแหน่งของผู้ป่วย ตำแหน่งการทำงานและการวางเครื่องมือที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้มีกิจกรรมของกล้ามเนื้อสูง การให้ข้อมูลป้อนกลับตำแหน่งของท่าทางการทำงานจากระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดท่าทางการทำงานให้เหมาะสม ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบนน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการพัฒนาระบบวิเคราะห์แนวโน้มการเจ็บป่วยจากท่าทางการทำงาน และปรับปรุงท่าทางการทำงานอัจฉริยะ

เอกสารอ้างอิง

1. Melis M, Abou-Atme YS, Cottogno L, Pittau R. Upper body musculoskeletal symptoms in Sardinian dental students. J Can Dent Assoc 2004; 70(5): 306-310.

2. Morse T, Bruneau H, Michalak-Turcotte C, Sanders M, Warren N, Dussetschleger J, et al. Musculoskeletal disorders of the neck and shoulder in dental hygienists and dental hygiene students. J Dent Hyg 2007; 81(1): 10.

3. Barry R, Woodall W, Mahan J. Postural changes in dental hygienists. Four-year longitudinal study. J Dent Hyg 1992; 66(3): 147-150.

4. Valachi B, Valachi K. Preventing musculoskeletal disorders in clinical dentistry; Stratedies to address the mechanisms leading to musculoskeletal disorders. J Am Dent Assoc 2003; 134: 1604-1612.

5. Sanders M, Michalak TC. Preventing work-related MSDs in dental hygienists. In: Sanders M., editor. Ergonomics and the management of musculoskeletal disorders. 2nd ed. St. Louis, MO: Butterworth Heinemann; 2004. p.448-469.

6. Marklin R, Cherney K. Working postures of dentists and dental hygienists. J Calif Dent Assoc 2005; 33(2): 133-136.

7. Oliveira C, Renata PP, Simone G, Santos N, Raquel de V. Risk and Protection: Looking for an Equilibrium that Provides Resiliance. Psicologia 2004; 20: 135–143.

8. 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.

9. Pitts F. Musculoskeletal disorders in dentistry [Master of Science in Industrial Engineering]. Louisiana: Louisiana State University; 2005

10. Merletti R. Standards for Reporting EMG Data. J Electromyogr Kines 1999; 9(1): 3-4.

11. McCabe RA, Orishimo KF, McHugh MP, Nicholas SJ. Surface electromygraphic analysis of the lower trapezius muscle during exercises performed below ninety degrees of shoulder elevation in healthy subjects. N Am J Sports PhysTher 2007; 2(1): 34-43.

12. Rabiner LR. A tutorial on hidden Markov models and selected application in speech recognition. In Proceedings of the IEEE: February 1989; Kaufmann, San Mateo, CA. Edited by Waibel A and Lee KF, 1989: 257–286.

13. Thanathornwong B, Suebnukarn S, Songpaisan Y, et al. A system for predicting and preventing work related musculoskeletal disorders among dentists. Comput Methods Biomech Biomed Engin 2014; 17(2):177-185.

14. Palmerud G, Kadefors R, Sporrong H, Ja¨rvholm U, Herberts P. Voluntary redistribution of muscle activity in human shoulder muscles. Ergonomics 1995; 38: 806-815.

15. Haslegrave CM. What do we mean by a 'working posture'?. Ergonomics 1994; 37(4): 781-799.

16. Carlson CR, Wynn KT, Edwards J, Okeson JP, Nitz AJ, Workman DE, Cassisi J. Ambulatory Electromyogram Activity in the Upper Trapezius Region: Patients With Muscle Pain vs. Pain-free Control Subjects. Spine 1996; 21(5): 595-599.

17. Wong MS, Mak AF, Luk KD, Evans JH, Brown B. Effectiveness of audio-biofeedback in postural training for adolescent idiopathic scoliosis patients. ProsthetOrthotInt 2001; 25: 60-70.

18. Wu G. Real-time feedback of body center of gravity for postural training of elderly patients with peripheral neuropathy. IEEE Trans Rehabil Eng 1997; 5: 399-402.

19. Alahakone AU, Senanayake SMNA. A real-time interactive biofeedback system for sport training and rehabilitation. Journal Sports Engineering and Technology 2010; 224: 181–190.

20. Alahakone AU, Senanayake SMNA. A Real-Time System with Assistive Feedback for Postural Control in Rehabilitation. MECHATRONICS 2010; 15: 226-233.

21. Dozza M, Chiari L, Horak FB. Audio-biofeedback improves balance in patients with bilateral vestibular loss. Arch Phys Med Rehabil 2005; 86: 1401-1403.

22. Dozza M, Chiari L, Chan B, Rocchi L, Horak FB, Cappello. A: Influence of a portable audio-biofeedback device on structural properties of postural sway. J Neuroeng Rehabil 2005; 2:1-12.

23. Gopalai AA, Senanayake SMNA. A Wearable Real-Time Intelligent Posture Corrective System Using Vibrotactile Feedback. Mechatronics 2011; 16: 827-834.

24. Haddad O, Sanjari M, Amirfazli A, Narimani R, Parnianpour M. Trapezius Muscle Activity in using Ordinary and Ergonomically Designed Dentistry Chairs. Int J Occup Environ Med 2012; 3(2): 76-83.

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

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