บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในชีวิตประจำวัน "ความล้า" (fatigue) เป็นสิ่งที่รู้จักและคุ้นเคยกันดี อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับความล้าก็ยังเข้าใจในความหมายต่าง ๆ กันไป ความล้าที่เกิดขึ้นในการทำงานแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ความล้าทางกายภาพหรือกล้ามเนื้อ (physical fatigue) และความล้าทางจิตใจ (mental fatigue) ความล้าที่เกิดขึ้นในทางกายภาพมักจะเป็นอาการไม่สบาย หรือความรู้สึกเจ็บปวด/ปวดเมื่อย ซึ่งจะเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ได้รับความเครียดจากการทำงานมากเกินขนาด (overstressed) ส่วนความล้าทางจิตใจ จะเป็นความรู้สึก เพลีย เบื่อหน่าย เกียจคร้าน หรือ ความเบื่อระอาต่อการทำงาน (Grandjean, 1979)

ความล้าที่เกิดขึ้นในงานอุตสาหกรรมเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุร่วมกันตัวอย่างเช่น ระยะเวลาในการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน สภาวะทางจิตใจ สภาวะโภชนาการเป็นต้น มีการศึกษาเพื่อพยายามที่จะวัดความล้าที่เกิดขึ้นทั้งในแง่ของจิตวิสัย (subjective) และทางวัตถุวิสัย (objective) แต่ก็ยังไม่สามารถหาเกณฑ์การวัดของความล้าที่เป็นสากลได้ สิ่งที่บ่งบอกถึงการเกิดความล้าที่เป็นที่นิยมใช้กันอยู่เสมอแบ่งออกได้เป็นหกกลุ่ม คือ 1. ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต 2. การบันทึกและการสอบถามเกี่ยวกับความล้า 3. การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalography - EEG) 4. การวัดความล้าจากดวงตา (frequency of flicker fusion of eyes) 5. การทดสอบทางจิตประสาท (psychomotor test) 6. การทดสอบทางจิตใจ (mental test) (Grandjean, 1979)

คุณภาพและปริมาณของงานที่ทำบางครั้งถูกใช้เป็นเครื่องวัดความล้าทางอ้อม โดยใช้ปริมาณของงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา แต่ก็มีปัจจัยอื่นที่ต้องคำนึงถึงเช่น การกำหนดยอดการผลิตประจำวัน การจัดกลุ่มงาน ทัศนคติต่องานที่ทำ เป็นต้น ส่วนคุณภาพของงานที่ทำนั้น อาจดูได้จาก จำนวนครั้งที่ทำงานผิด คุณภาพของผลผลิต (Grandjean, 1979)

เครื่องมือที่สำคัญที่นิยมใช้กันมากในการวัดระดับความล้าคือ การวัดความล้าจากดวงตา

โดยให้ผู้ถูกทดสอบมองที่ดวงไฟที่กระพริบในความถี่ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ผู้ถูกทดสอบจะต้องบอกทันทีที่เห็นดวงไฟเปลี่ยนจากกระพริบเป็นติดตลอด หรือจากติดตลอดเปลี่ยนเป็นกระพริบ จากการศึกษาพบว่า ความถี่ที่ตาตรวจจับได้จะลดลงประมาณ 0.5 - 6 Hz หลังจากการเกิดความล้าทางจิตใจ อย่างไรก็ดีการลดลงนี้ไม่ได้พบเสมอไปในการทำงานทุกงาน และมีผู้ศึกษาบางคนกล่าวว่า การลดลงนี้มีสาเหตุส่วนหนึ่งจากการลดลงของปฏิกิริยาในเปลือกของสมองใหญ่ (cerebral cortex) (Hashimoto, 1969)

Grandjean (1979) ได้กล่าวถึงการศึกษาความล้าในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร โดยการวัดค่าความล้าจากดวงตา (CFF) ลักษณะของงานเป็นการใช้สายตาดูขวดซึ่งเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ซึ่งถือว่าเป็นงานยาก ซ้ำซากและน่าเบื่อ ภายหลังระยะเวลาการทำงานช่วงสั้น ๆ จำนวนขวดที่พนักงานตรวจได้ว่าต้องทิ้งมีน้อยลง ซึ่งแสดงถึงความระมัดระวังที่น้อยลง ค่า CFF ที่วัดได้ก็น้อยลง และค่าทางจิตวิสัยที่เกี่ยวกับความล้าเพิ่มขึ้น ความง่วง ความปวดหัว และการทำงานใช้เวลาเพิ่มขึ้น ค่าที่ลดลงของ CFF จะมากที่สุดในเวลาที่พนักงานทำงานโดยไม่ได้พูดคุยกับคนอื่น มีอาการเคลิ้มและใกล้หลับ ในเวลาทำงานที่ผ่านไปผลการวัด CFF แสดงให้เห็นว่า

ชั่วโมงแรก - มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

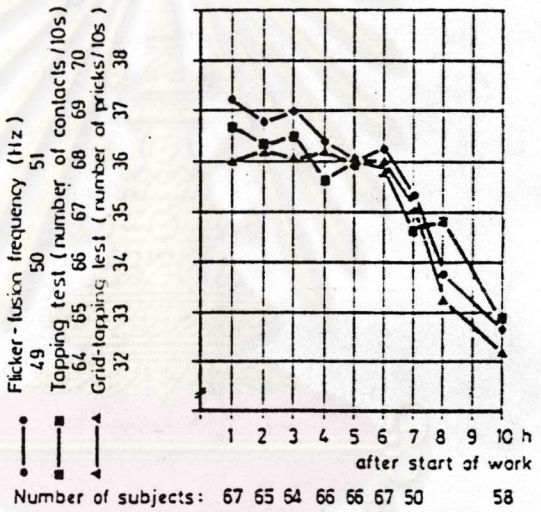
ชั่วโมงที่ 2 และ ชั่วโมงที่ 4 - มีผลอย่างมาก

ชั่วโมงสุดท้ายและก่อนพักเที่ยง - พนักงานมีความรู้สึกดีขึ้นและทำงานดีขึ้น

นอกจากนี้ ยังมีการวัดค่า CFF ในการทำงานควบคุมการจราจรทางอากาศ (air traffic controller) ซึ่งมีหน้าที่ในการดูแลและจัดการขึ้นลงของเครื่องบิน ในขณะเดียวกันก็ต้องส่งข่าวสารให้กับนักบิน จากการวิเคราะห์งาน พวกเขาจะใช้เวลาจดจ่ออยู่กับงานวันละประมาณ 3.5 ชั่วโมง และส่งข่าวสาร 800 รายการต่อวัน สิ่งที่ใช้บอกถึงความล้าที่เกิดขึ้นมีดังนี้

- ค่า CFF
- การนับจำนวนครั้งในการเคาะจังหวะสูงสุดใน 10 วินาที (tapping test)
- การนับจำนวนครั้งในการใช้เข็มแทงถูกเป้าบนตารางที่กำหนดสูงสุดใน 10 วินาที (grid-pricking test)
- แบบสอบถามระดับความล้า

การทดสอบทำ 9 ครั้งในเวลา 24 ชั่วโมง เวลาเฉลี่ยคือ 2.5 ชั่วโมงต่อครั้ง ใช้เวลาในการทดสอบ 3 อาทิตย์ และใช้ผู้ถูกทดสอบทั้งหมด 68 คน ผลลัพธ์ดังแสดงในรูป ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อชั่วโมงการทำงานผ่านไป 6 ชั่วโมง ค่า CFF เฉลี่ยลดลงถึง 0.5 Hz และหลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่ง 10 ชั่วโมงผ่านไป ค่า CFF เฉลี่ยลดลง 2.3 Hz สมรรถนะทางจิตประสาท (psychomotor) ของ การนับความสามารถในการเคาะจังหวะ และการแทงในตารางก็ลดลงเช่นกัน การทดสอบทางจิตประสาททั้งสาม แสดงให้เห็นถึงการลดลงของสมรรถนะอย่างปานกลางในการทำงาน 6 ชั่วโมงแรก และลดลงมากขึ้นหลังชั่วโมงที่ 7



รูปที่ 2.1 แสดงการลดลงของค่า CFF, tapping test,
และ grid-tapping test (จาก Grandjean, 1979)

Grandjean (1979) ยังได้กล่าวถึงการวัดความล้าโดยการวัดเวลาตอบสนอง (reaction time) ในโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยทำการวัดค่าในพนักงานหญิง 29 คน การวัดทำได้โดยการให้พนักงานเหยียบแป้นเหยียบเมื่อเห็นดวงไฟสัญญาณติดขึ้น ในการศึกษาพบว่าเวลาปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้นตลอดเวลาการทำงาน นั่นคือ เมื่อทำงานได้ 1 ชั่วโมง เวลาตอบสนองเป็น 11.5 วินาที เมื่อหมดชั่วโมงที่ 5 เป็น 12 วินาที และเป็น 12.3 วินาทีเมื่อหมดชั่วโมงที่ 7 และชั่วโมงที่ 9

ความล้าที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตจะไม่เหมือนกับความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุจำพวกโลหะ วัสดุ

จำพวกโลหะบางอย่างจะมีการลดลง (deterioration) ของความต้านทานต่อความเค้น ซึ่งเกิดขึ้นที่โครงสร้างภายใน เช่นในโลหะที่ได้รับความเค้นเป็นระยะๆ และเป็นเวลานาน ๆ แต่ในสิ่งมีชีวิต เมื่อเกิดความล้าแล้วสามารถที่จะมีการฟื้นตัวได้ (recovery) ผลของความล้าที่เกิดขึ้นจะทำให้ความสามารถในการทำงานสูงสุด (maximum working capacity) ลดลง Rohmert (1973) ได้ศึกษาถึงผลของความล้าต่อความสามารถในการทำงานสถิตสูงสุด โดยให้ผู้ถูกทดลองทำงานสถิตโดยเปลี่ยนแปลงความหนักและระยะเวลาของงาน แล้วเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานสูงสุดหลังทำงานกับก่อนทำงาน และสรุปได้ว่า

1. ความสามารถในการทำงานสูงสุดของกล้ามเนื้อไม่ลดลง ถ้าแรงที่ใช้ในการทำงานสถิต น้อยกว่า 15 % ของความสามารถในการทำงานสูงสุด

2. ยิ่งกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพมีความล้านานเท่าใด ยิ่งจะทำให้ความสามารถในการทำงานสูงสุดที่วัดหลังการทำงานลดลงมากเท่านั้น

3. ในระยะเวลาการทำงานสถิตที่เท่ากัน การลดลงของความสามารถในการทำงานสูงสุดขึ้นอยู่กับความหนักเบาของงานที่ทำ

4. การฟื้นตัวมีความเกี่ยวข้องระดับของความล้า การชดเชยการลดลงของความสามารถในการทำงานสูงสุดที่เท่ากันจะใช้ระยะเวลาเท่า ๆ กันเสมอ

การวัดทางจิตวิสัยโดยการใช้แบบสอบถาม (questionnaire) ก็เป็นที่นิยมใช้กันมากในการสอบถามความรู้สึกของพนักงาน รูปแบบและความซับซ้อนของแบบสอบถามที่ใช้กันอยู่มีหลายแบบขึ้นอยู่กับการออกแบบและความต้องการของผู้ทดลอง แบบสอบถามที่ใช้ในการวัดความล้าที่ประสบความสำเร็จมากแบบสอบถามหนึ่งทำโดยการกำหนดความรู้สึกต่างกันสองอย่าง เช่น สดชื่น-เพลีย น่าสนใจ-น่าเบื่อ เขียนอยู่คำละด้านของเส้นตรงยาว 7 เซนติเมตร และทำการสอบถามโดยให้ผู้ถูกทดสอบเขียนเครื่องหมายลงบนเส้นตรง ในตำแหน่งที่เขามีความรู้สึกว่า ตนเองอยู่ในสภาพใดในขณะนั้น การสอบถามทำเมื่อเริ่มงานและเลิกงาน การทำเช่นนี้ให้ค่าที่เป็นตัวเลขของความรู้สึกทางจิตวิสัย (Grandjean, 1979)

การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ไม่สามารถหลีกเลี่ยงที่จะไม่ให้เกิดความล้าได้ เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้เกิดความล้ามีมากมาย เช่น สภาพแวดล้อมในการทำงานอันได้แก่ แสง, เสียง, ความร้อน ฯลฯ องค์กรในการทำงาน การทำงานที่ไม่ถูกวิธี การใช้แรงงานหนัก เป็นต้น ก่อนที่จะเกิดความล้าจะมีอาการที่เรียกว่า ภาวะไม่สบาย (discomfort)

เกิดขึ้น ซึ่งอาจสังเกตจากการทำงานของพนักงาน เช่น การนั่งในเก้าอี้ที่ไม่ถูกลักษณะ กล้ามเนื้อบางส่วนจะต้องรับภาระมากเกินควร การไหลเวียนของเลือดไม่สะดวกทำให้เกิดการสะสมของเสียภายในกล้ามเนื้อมีมากจนเกิดอาการรู้สึกไม่สบาย จนต้องมีการขยับตัว เพื่อให้มีการผ่อนคลายกล้ามเนื้อและสามารถระบายของเสียออกไปและรับโภชนาหารใหม่ ทำให้รู้สึกสบายขึ้น การเกิดภาวะไม่สบายนี้หากพนักงานยังคงทนนั่งต่อไปในท่าเดิม จะทำให้กล้ามเนื้อมีภาวะเป็นกรดมากและเกิดอาการล้า จนเปลี่ยนไปเป็นอาการของความเจ็บปวด ในการทำงานประจำวัน พนักงานจำเป็นต้องทำงานในเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อเกิดภาวะไม่สบาย โดยธรรมชาติของมนุษย์ จะพยายามทุกวิถีทางที่จะขจัดภาวะนั้นออกไปให้หมด เช่น โดยการขยับตัวหรือบิดตัว อย่างไรก็ดีบางครั้งก็ไม่สามารถที่จะขจัดภาวะไม่สบายออกไปได้หมด ขณะที่ต้องทนทำงานจะหมดเวลางาน การเกิดภาวะไม่สบายและเปลี่ยนเป็นความล้า ความเจ็บปวดหรือต่อเนื่องเป็นอาการบาดเจ็บ นับเป็นผลเสียอย่างรุนแรงทั้งต่อตัวพนักงานเองและประสิทธิภาพการผลิต

การศึกษาภาวะไม่สบายหรือความเจ็บปวดในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของพนักงานหญิงในประเทศอังกฤษ โดยการใช้แบบสอบถาม ซึ่งถามถึงความสัมพันธ์ระหว่าง หน้าที่ที่ทำรูปแบบของความไม่สบายที่เกิด และความเข้าใจของผู้ถูกสอบถามเองถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะไม่สบายหรือความเจ็บปวดนั้น ในการตอบแบบสอบถาม จะให้ผู้ถูกสอบถามเป็นผู้กรอกแบบสอบถามด้วยตนเอง แบบสอบถามได้แบ่งออกเป็นในส่วนของอาชีพ ลักษณะเฉพาะตัว สุขภาพ และบริเวณที่เกิดภาวะไม่สบาย ผู้ถูกสอบถามจะต้องระบายสีลงในรูปภาพร่างกายมนุษย์ที่วาดไว้ให้ในบริเวณที่ตนเองรู้สึกไม่สบาย และใส่ระดับคะแนนของความรู้สึกไม่สบายนั้น ผลจากการทดสอบในคนที่ทำงานในห้างสรรพสินค้า พบว่า 64.8% ระบุว่าเกิดภาวะไม่สบายอย่างน้อยหนึ่งแห่ง, 52.3% เกิดอย่างน้อยสองแห่ง และ 27.9 % เกิดสามแห่งหรือมากกว่านั้น และผลการสอบถาม สรุปว่า ภาวะไม่สบายเกิดขึ้นที่บริเวณคอมากที่สุด ถัดมาที่ข้อศอก หลัง คอ และ ไหล่ ตามลำดับ การทดสอบทั้งหมดรวมถึงบุคคลในอาชีพอื่นด้วย อย่างไรก็ตามจากการที่ให้ผู้ถูกสอบถามอธิบายถึงความเข้าใจของตนเองต่อสาเหตุของความไม่สบายหรือความเจ็บปวดนั้น ผู้ถูกสอบถามที่เกิดอาการปวดหลัง อ้างว่าสาเหตุเนื่องมาจากการที่เขาต้องทำงานในท่าทรงตัวสถิต (static posture) โดยเฉพาะการนั่งและยืนเป็นระยะเวลานาน (Grandjean and Hunting, 1977)

การศึกษาเพื่อประเมินภาวะไม่สบายอันเนื่องมาจากท่าทรงตัว โดย Corlett และ Bishop (1976) โดยการบันทึกความไม่สบายที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาทำงาน ด้วยการวาดภาพร่างกายและแบ่งส่วนต่าง ๆ ของร่างกายออกเป็น 12 ส่วน ตลอดระยะเวลาในการทำงาน 3 ชั่วโมง จะสอบถามพนักงานทุก 45 นาที ถึงตำแหน่งที่รู้สึกไม่สบายที่สุด ทำการบันทึกและสอบถามถึงตำแหน่งที่รู้สึกไม่สบายรองลงไปจนหมด ทั้งนี้พนักงานจะต้องให้ระดับคะแนนของความเจ็บปวดด้วย โดยการกำหนดระดับคะแนน ออกเป็น 7 ระดับ หลังจากนั้นทำการออกแบบเครื่องจักรใหม่ โดยการปรับระดับความสูงของงาน มุมของท่าการทำงาน และความหนักเบาของแป้นเหยียบที่เครื่องจักร เพื่อให้พนักงานนั่งในท่าตัวตั้งตรง และใช้แรงน้อยลงในการเหยียบแป้นเหยียบ ทำการทดสอบเช่นเดิมเพื่อเปรียบเทียบ ผลจากการทดสอบพบว่า เกิดภาวะไม่สบายขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย บริเวณที่พบมาก คือ คอ หลัง แขน และ ก้น และระดับคะแนนของความไม่สบายเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทำงาน การออกแบบเครื่องจักรใหม่ มีผลช่วยให้สามารถลดระดับความไม่สบายที่เกิดขึ้นได้ และพบว่า จากการลดภาระทางสรีรวิทยานี้มีผลทำให้ระยะเวลาในการหยุดพักของพนักงานลดลง

ในการทดลองกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าพบว่า เมื่อถูกกระตุ้นกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อจะหดตัวทำงาน แต่หากกระตุ้นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ผลที่เกิดขึ้นคือ 1. การหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น 2. ทั้งการหดตัวและการคลายตัวช้าลง 3. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มกระตุ้นจนกล้ามเนื้อทำงานยาวนานขึ้น ซึ่งอาการนี้แสดงว่า ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงเมื่อมีความเครียดเพิ่มขึ้น หรือกล้ามเนื้อที่ล้าไม่เพียงแต่กำลังลดลงยังมีความเร็วในการทำงานลดลงด้วย (Grandjean, 1979)

ในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว กล้ามเนื้อได้รับพลังงานจากโภชนาหารที่ลำเลียงมาทางเลือด ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดพลังงาน และในขณะเดียวกัน ก็เกิดของเสียขึ้น (waste product) ของเสียที่สำคัญที่สุดก็คือ กรดแลคติค (lactic acid) และ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ในการทำงานปกติการระบายของเสียที่เกิดขึ้นเป็นไปได้โดยเร็วและทันท่วงที ทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แต่การหดตัวอย่างรุนแรงหรือการหดตัวเป็นระยะเวลานานๆ จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้าเนื่องจาก การไหลผ่านของเลือดเข้า/ออกในบริเวณที่กล้ามเนื้อหดตัวไม่สะดวก

(inhibition) ในขณะที่ของเสียเกิดขึ้นเป็นปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ เกิดการสะสมของของเสียขึ้น การหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะอ่อนแรงลงเรื่อย ๆ จนไม่สามารถทำงานได้ (Landau, 1976)

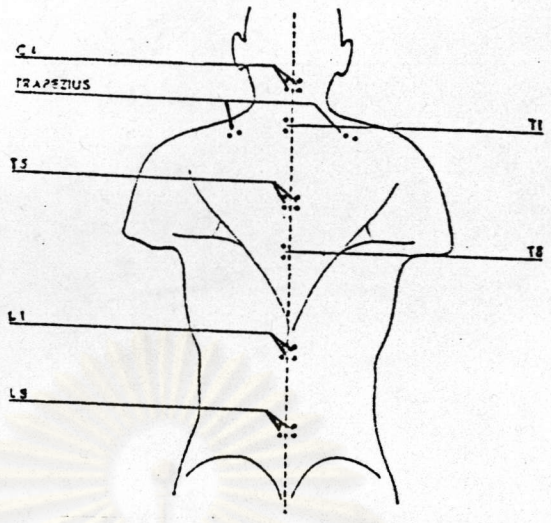
การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อขณะทำงาน สามารถวัดได้โดยการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography-EMG) ในภาวะปกติเซลกล้ามเนื้อจะมีคุณสมบัติในการเก็บประจุไฟฟ้าได้ ภายในและภายนอกเซลกล้ามเนื้อ จะมีสารอิเลคโตรไลท์หลายอย่างที่มีความเข้มข้นเท่ากันเป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญคือ โซเดียม (Na^+) และโปรตัสเซียม (K^+) ในขณะพักโซเดียมอิออนจะอยู่ภายนอกเซล ยังผลให้ภายในเซลมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ ต่อเมื่อมีการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงาน จะมีกลไกคอยสูบโซเดียมอิออนเข้าไปในเซล และสูบโปตัสเซียมออกนอกเซล ทำให้เกิดการกลับขั้วของไฟฟ้าและการกระจายของศักย์ไฟฟ้าไปตามเยื่อหุ้ม การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้านี้ สามารถวัดออกมาได้ในรูปของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ความรุนแรงของคลื่นไฟฟ้าขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของมัดกล้ามเนื้อมัดที่ทำงาน ซึ่งมีผลมาจากภาระงาน (load) ที่ได้รับ (Landau, 1976)

ในการศึกษาการนำเอาเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบขั้วไฟฟ้าติดผิวหนัง (surface eletrode electromyograph) มาวัดความล้าของกล้ามเนื้อ Kogi และ Hakamada (1962) รายงานว่าเมื่อกล้ามเนื้อเริ่มล้า จะมีการเพิ่มขึ้นของอัมปลิจูด (amplitude) ในช่วงความถี่ต่ำและมีการลดลงในช่วงความถี่สูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มีผู้สนใจทำการศึกษากันมาก Edwards และ Lippold (1956) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรวม (integrated electrograph) โดยให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงหดกล้ามเนื้อแบบความยาวคงที่ (isometric contraction) ในกล้ามเนื้อปกติและกล้ามเนื้อที่มีความล้า ผลการทดสอบพบว่า ในกล้ามเนื้อปกติแรงดึงที่เกิดจะมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับระดับการหดตัว และเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวขณะที่มีความล้าความสัมพันธ์ของแรงดึงและคลื่นไฟฟ้าก็ยังคงเป็นเส้นตรงแต่จะมีความชันเพิ่มขึ้น ซึ่งเขาได้สรุปว่าการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นเพื่อรักษาระดับของแรงดึงให้คงที่ ในกรณีนี้เป็นที่ยอมรับกันว่า ความล้าทำให้ความแข็งแรงในเส้นใยกล้ามเนื้อลดลง ในการหดตัวที่ต้องการแรงดึงเท่าเดิมนั้นจึงต้องใช้เส้นใยกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากขึ้น แรงปฏิกิริยาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจึงเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามการใช้ EMG เพื่อดูการทำงานของกล้ามเนื้อ และดูความล้าที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ก็มีผู้ศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ กัน คลื่นไฟฟ้าที่ได้ขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ หลายตัวแปร เช่น บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อที่วัด ตำแหน่งการติดขั้วไฟฟ้า (electrode) ภาระงาน ลักษณะการทำงาน ตลอดจนสภาพร่างกายของผู้ถูกทดสอบ เป็นต้น (Petrofsky et al., 1982)

Andersson และ Ortengren (1974a) ได้ศึกษาการประเมินภาระของหลังโดยการวัดค่า EMG วัตถุประสงค์เพื่อที่จะแก้ไขขนาดของภาระที่เกิดขึ้นที่หลังในสถานการณ์การทำงานหลายๆ อย่าง ในการศึกษา ใช้พนักงานชาย 13 คน ทำงานหนักสามอย่างในสายงานประกอบรถยนต์ คือ งานติดตั้งผนังด้านข้างและที่กั้นเสียง งานติดพรมที่พื้น งานติดเบาะนั่งด้านหน้าซ้าย โดยทำการติดอิเลคโทรดที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนอกท่อนที่ 8 (thoracic 8, T8) และกระดูกสันหลังส่วนเอวท่อนที่ 1 และ 3 (lumbar 1,3 - L1, L3) บนทั้งสองข้างของลำสันหลัง ผลลัพธ์จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ลักษณะงานแต่ละอย่าง ให้ค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนแตกต่างกัน ซึ่งสามารถใช้พิสูจน์ท่าการทำงานที่ไม่ถูกต้อง เมื่อมีการแก้ไขลักษณะการทำงานใหม่ในสถานีงานหนึ่งพบว่า สามารถลดค่าอัมปลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ การวิเคราะห์รูปแบบของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถเป็นตัวชี้ที่มีประโยชน์ ถึงการหาวิธีการลดภาระของกล้ามเนื้อในการทำงานหนัก

Andersson และ Ortengren (1974b) ได้ทำการศึกษาเชิงปริมาณของค่า EMG ในกล้ามเนื้อหลัง โดยการใช้อิเลคโทรดแบบติดผิว (surface electrode) ที่กล้ามเนื้อหลัง บริเวณกระดูกสันหลังส่วนคอท่อนที่ 4 (cervival 4 , C4) กระดูกสันหลังส่วนอกท่อนที่ 1, 5, 8 (thoracic, T1 T5 T8) และกระดูกสันหลังส่วนเอวท่อนที่ 3 (lumbar 3, L3) และกล้ามเนื้อ trapezius ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการติดอิเลคโทรดเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่หลัง

(จาก Andersson และ Ortengren, 1984)

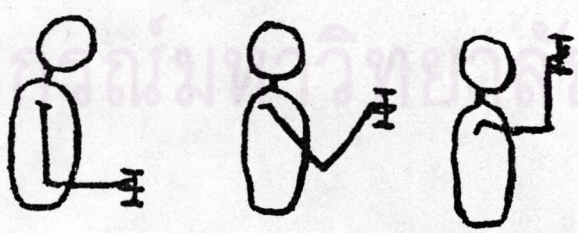
การทดสอบทำในท่ายืน 3 ท่า คือ ท่ายืนตามสบาย (standing at ease) ท่ายืนตรง (standing at attention) ท่าก้มตัวเต็มที่ (standing in full flexion) และในท่านั่งที่ไม่มีพนักพิง 5 ท่า คือ ท่านั่งผ่อนคลาย (relaxed) ท่านั่งผ่อนคลายและมีที่พักแขน (relaxed, arms support) ท่านั่งตัวตรง (straight) ท่านั่งตัวตรงและมีที่พักแขน (straight, arms support) ท่านั่งผ่อนคลายและห้อยเท้า (relaxed unsupport feet) ผลจากการทดสอบพบว่า ค่าของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกล้ามเนื้อซีกขวาและซีกซ้ายของหลัง ในท่ายืนตามสบาย คลื่นไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าค่อนข้างต่ำในทุกระดับของหลัง ในระดับ C4 จะน้อยกว่าในระดับ T5 และ T8 อย่างมีนัยสำคัญ ในท่ายืนตรง คลื่นไฟฟ้าที่ระดับ T5 และ T8 เพิ่มขึ้นจากท่ายืนตามสบาย ในขณะที่ระดับอื่นของหลังยังคงเดิม ในท่างอตัวเต็มที่ของลำสันหลัง คลื่นไฟฟ้ามีการลดลงเล็กน้อยที่ระดับกระดูกสันหลังส่วนเอว และเพิ่มขึ้นในระดับ T8 และเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ C4 T1 และ T5 เมื่อเทียบกับท่ายืนตามสบาย ในท่ายืนทั้ง 3 ท่านี้ กล้ามเนื้อคอ trapezius มีความแปรปรวนมาก (ภายในคน ๆ เดียวกัน) ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้าทั้งหมดลดลงจาก 17.4 μ V ในท่ายืนตามสบายเป็น 12.9 μ V ในท่ายืนตรง และเป็น 6.4 μ V ในท่างอตัวเต็มที่

ในท่านั่งทั้ง 5 ท่านี้ ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าที่ระดับต่างๆ ในระดับ C4 T1 L1 และ L3 คลื่น

ไฟฟ้าที่ได้ต่ำกว่าระดับ T5 และ T8 เสมอ และยังพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ T5 ในท่านั่งแบบผ่อนคลาย กับ ท่านั่งตัวตรง และที่ระดับ T8 ในทุก ๆ ท่าที่ทำการศึกษา

ในการทดลองของ Kadefors et al. (1976) โดยทำการวัดความล้าของกล้ามเนื้อโดยการวัดค่า EMG ของกลุ่มกล้ามเนื้อไหล่ ในการทำงานสามสถานการณ์ คือ งานเชื่อมแนวดิ่งในระดับเอว งานเชื่อมแนวดิ่งในระดับไหล่ และงานเชื่อมแนวดิ่งในระดับสูงกว่าศีรษะ และทำการเก็บข้อมูลในคนสองกลุ่ม คือกลุ่มที่มีประสบการณ์ และกลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์ ในการศึกษานี้พบว่า การเกิดความล้าในกล้ามเนื้อพบในบุคคลทั้งสองกลุ่ม สำหรับงานเชื่อมระดับสูงกว่าศีรษะ ในกลุ่มที่มีประสบการณ์ พบความล้าเกิดขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อ supraspinatus ขณะที่ในกลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์ พบว่าเกิดความล้าขึ้นมากในกล้ามเนื้อบางกลุ่ม ซึ่งสรุปได้ว่าความแตกต่างของความล้ามีผลจากประสบการณ์ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า การมีประสบการณ์สามารถป้องกันการเกิดความล้าได้ การเกิดความล้าอย่างมากในการเชื่อมระดับเหนือศีรษะจะก่อให้เกิดอัตราเสี่ยงที่สูงกว่าปกติต่อเอ็นของกล้ามเนื้อ supraspinatus จากศึกษานี้มีข้อแนะนำว่า การจัดตำแหน่งของแขนส่วนบนมีบทบาทที่สำคัญที่ทำให้เกิดความล้าในกล้ามเนื้อในงานเชื่อม

การศึกษาการจัดวางท่าของแขน โดยการวัด EMG เพื่อศึกษาความล้าของกล้ามเนื้อ ศึกษาโดย Herberts et al. (1980) ทำการวัดค่า EMG ของกล้ามเนื้อไหล่ 4 กลุ่ม คือ deltoideus anterior, deltoideus medialis, supraspinatus infraspinatus และกล้ามเนื้อ trapezius โดยมีท่าพื้นฐานในการศึกษา 3 ท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และจากท่าพื้นฐาน 3 ท่า ประยุกต์เป็นท่ากางแขน 8 ท่า ดังแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.3 ท่าพื้นฐานที่ทำการศึกษา แสดงถึงตำแหน่งของข้อศอกที่ต่างกัน ร่วมกับการกางแขนดังแสดงในตารางที่ 2.1 (จาก Herberts et al, 1980)

017585

ตารางที่ 2.1 ท่ากางแขนที่ใช้ในการศึกษาของ Herberts (1980)

ท่าที่	1	2	3	4	5	6	7	8
Glenohumeral flexion	0°	0°	45°	45°	45°	90°	90°	90°
Glenohumeral abduction	0°	30°	0°	45°	90°	0°	45°	90°

ผลจากการศึกษาพบว่าเกิดความล้าขึ้นกับทุกส่วนของกล้ามเนื้อในงานที่ระดับสูงกว่าศีรษะและงานระดับไหล่ และพบว่าเกิดขึ้นบ้างในระดับอก ในงานระดับสูงกว่าศีรษะ พบว่าภาระที่กล้ามเนื้อ supraspinatus มีผลมาจากตำแหน่งของข้อศอกอย่างมีนัยสำคัญ และกล้ามเนื้อ infraspinatus จะเกิดความล้าสูงสุด ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะลดภาระที่เกิดแก่กล้ามเนื้อโดยการจัดตำแหน่งของแขนให้เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. ความล้าเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทุกๆ กลุ่มที่ศึกษา ไม่เพียงแต่ในงานระดับเหนือศีรษะและระดับไหล่เท่านั้น แต่ยังเกิดในบางกรณีของการทำงานระดับอก

2. ในการทำงานระดับอก การเหยียดระดับปานกลางของข้อต่อบริเวณต้นแขนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของความล้าในกล้ามเนื้อ

3. ในการทำงานระดับไหล่ กล้ามเนื้อ trapezius จะมีความล้าเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเหยียดข้อศอกมากขึ้นจาก 45° ถึง 90°

4. ในการทำงานระดับเหนือศีรษะ การเหยียดแขนออก 90° จะทำให้กล้ามเนื้อ deltoid anterior มีความล้าน้อยกว่าการเหยียดแขนออก 0° และเช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบการเหยียดแขน 45° กับ 0°

5. กล้ามเนื้อ supraspinatus ในการทำงานเหนือศีรษะ เมื่อเหยียดแขน 45° จะมีความล้าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ 0° หรือ 90°

6. ตำแหน่งของข้อศอกไม่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อกล้ามเนื้อ deltoid medius หรือ infraspinatus

7. กล้ามเนื้อ infraspinatus ให้ค่าความล้าเฉพาะแห่งสูงสุด

การทำงานในท่านั่งทรงตัว (sitting posture) นอกจากจะทำให้เกิดภาระสถิต

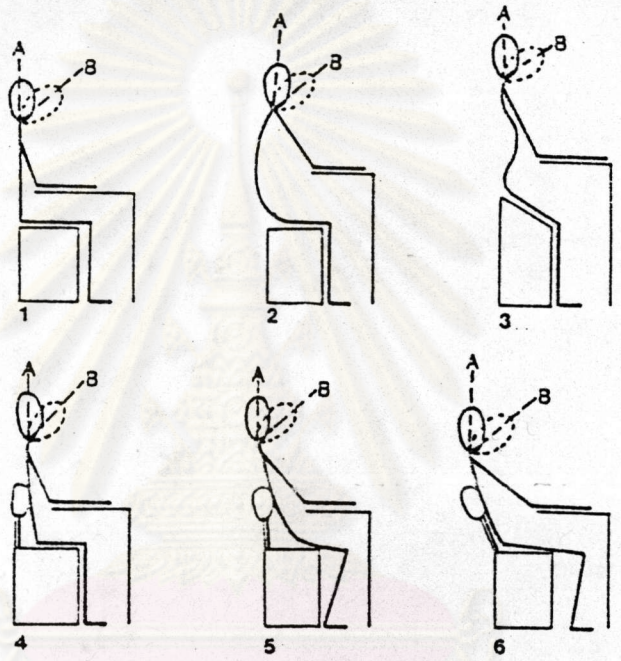
ซึ่งเป็นผลเสียต่อกล้ามเนื้อดังกล่าวแล้ว การที่ต้องทำงานในภาระสถิตที่มากเป็นเวลานานยังจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความผิดปกติของหลัง และอาจมีผลเสียต่อถุงหุ้มข้อ (joint capsules) เอ็น (tendon) และเอ็นยึดกระดูก (ligament) ซึ่งอาจทำให้เกิดโรครูห์มาติก (rheumatic) ในท่าทรงตัวที่ไม่เป็นธรรมชาติ มักจะเกิดผลเสียต่อหมอนรองกระดูก ลำตัว และกระดูกสันหลัง การศึกษาของ Nachemson และ Elfstrom (1970), Anderson และ Ortengren (1974) พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างท่าทรงตัว และความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายของหมอนรองกระดูกในลำสันหลัง พวกเขาพบว่าแรงดันในกระดูกสันหลังในท่าทรงตัวนั่งจะสูงกว่าในท่ายืน จากข้อสังเกตทางการแพทย์หลายครั้ง สนับสนุนในข้อที่ว่า เมื่อมีภาระงานสถิตเพิ่มขึ้นจะเพิ่มความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคข้ออักเสบ (arthritis) (Van Wely, 1970)

ในการคำนวณภาระที่เกิดขึ้นกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของพนักงานนั้น สามารถคำนวณโดยวิธีทางชีวกลศาสตร์ การทำงานของระบบสามารถเปรียบเทียบได้กับระบบของคานในทางกลศาสตร์ โดยมีกระดูกเปรียบเหมือนคาน ข้อต่อเป็นจุดหมุน น้ำหนักที่รับเป็นภาระ และ แรงจากการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นแรงพยายาม การคำนวณจะต้องมีการศึกษาถึงแรงต่าง ๆ ที่มากระทำกับจุดที่ต้องการศึกษา มีการกำหนดจุดหมุนที่จะเกิดโมเมนต์ (moment) ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์ (Le Veau, 1977)

ปัญหาของสถานีงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้พนักงานทำงานในท่าที่ไม่เหมาะสม มักจะเกี่ยวข้องกับ ความปวดเมื่อย ความล้าที่เกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน จะส่งผลให้มีผลผลิตที่ลดลง การนั่งทำงาน แม้ว่าจะเป็นท่าธรรมชาติของมนุษย์ และเป็นท่าพักเมื่อเปรียบเทียบกับท่ายืน เพราะกล้ามเนื้อได้ผ่อนคลาย แต่ก็มีข้อเสียเพราะทำให้กล้ามเนื้อหน้าท้องหย่อนและลำสันหลังโค้ง และยังก่อให้เกิดภาระสถิต (static load) มากแก่กล้ามเนื้อส่วนที่ช่วยในการทรงตัว การนั่งในท่าเดิมนานๆ จะก่อให้เกิดความล้าและความเจ็บปวดในที่สุด จุดที่มีปัญหามากที่สุดอยู่ที่บริเวณหลังส่วนเอว (lumbar vertebra) เพราะเวคเตอร์ของแรงมีทิศทางผ่านแนวสันหลังส่วนเอวลงไป ภาระที่เกิดในอวัยวะส่วนนี้ ทำให้กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อหลัง และเอ็นยึดข้อต้องออกแรงหดตัวทำงาน เพื่อให้ท่าทรงตัวท่านั้นสมดุลย์อยู่ตลอดเวลา

การศึกษาของ Colombini et al. (1986) ในทางชีวกลศาสตร์ และการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่านั่ง ได้หาขนาดของความเค้นที่กระทำต่อหมอนรองกระดูกในระหว่าง

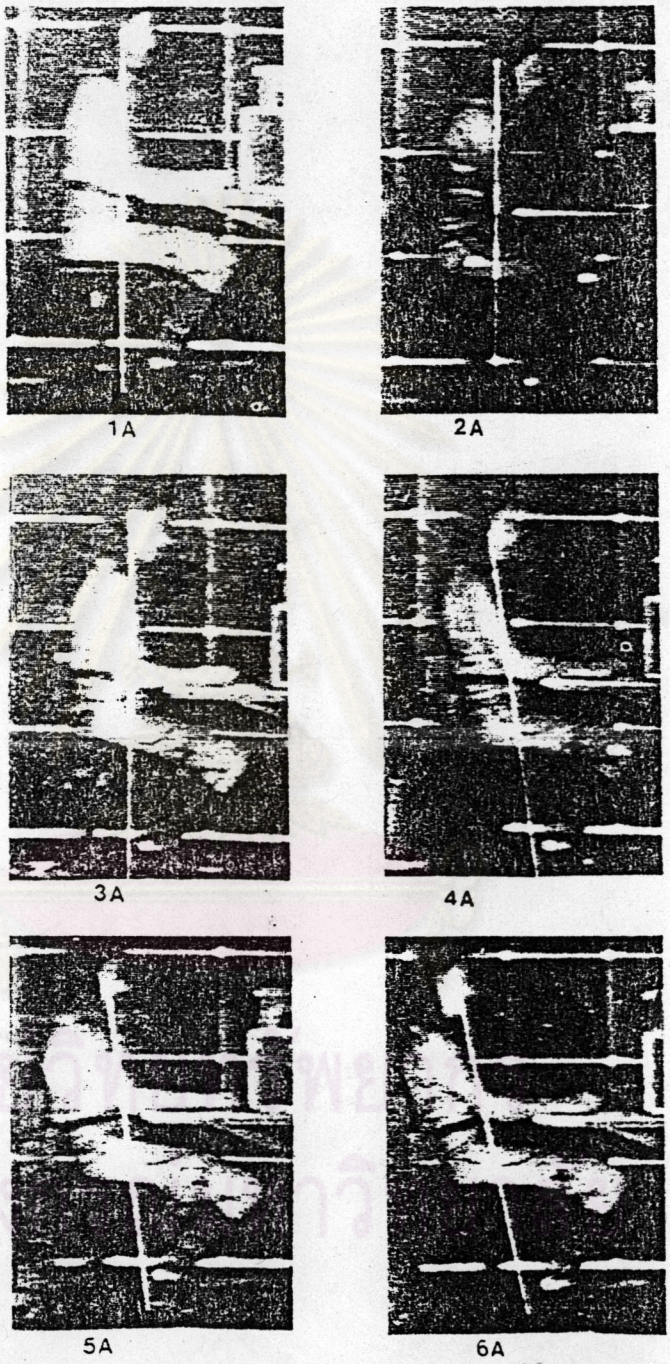
กระดูกสันหลังส่วนเอวท่อนที่ 3 และ 4 (L3/L4) และหมอนรองกระดูกระหว่างกระดูกสันหลังส่วนคอท่อนที่ 6 และ 7 (C6/C7) โดยทำการศึกษาในท่านั่ง 6 ท่า และวัดค่า EMG บริเวณใกล้ L3 และ upper trapezius ท่านั่งที่ศึกษาทั้ง 6 ท่านี้ จะมีการจัดวางตำแหน่งของลำตัวต่าง ๆ กัน แต่ละท่าของการจัดลำตัวจะมีการจัดตำแหน่งของศีรษะ 2 ตำแหน่ง คือ การตั้งศีรษะตรงและการก้มศีรษะไปข้างหน้า ท่านั่งทั้ง 6 ท่านั่งแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงท่านั่งต่าง ๆ ในการศึกษา 6 ท่านั่ง (จาก Colombini, 1986)

จากรูปทุกท่าจะวางแขนไว้ที่โต๊ะ ในท่าที่ 1 - 3 เก้าอี้จะไม่มีพนักพิง ท่าที่ 1 ลำตัวจะตั้งตรง ท่าที่ 2 จะมีความโค้งของกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar lordosis) และท่าที่ 3 ลำตัวตั้งตรงแต่ระนาบเก้าอี้เอียง 20 องศา ท่าที่ 4 - 6 จะนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง โดยท่าที่ 4 จะนั่งตัวตรงพนักพิงตั้งฉากกับพนักเก้าอี้ ท่าที่ 5 ลำตัวเอนและเข่าเอียงไปด้านหน้าพนักพิงตั้งฉากกับพนักเก้าอี้ และในท่าที่ 6 พนักพิงทำมุม 110 องศากับระนาบเก้าอี้

ในการศึกษาทางชีวกลศาสตร์ จะทำการวางแผ่นวัดแรง (force platform) ที่ใต้เก้าอี้เพื่อวัดแรงปฏิกิริยาของพื้น ผู้ถูกทดลองสามารถที่จะวางเท้าลงบนวัดแรงได้ ภาพของการจัดวางท่าถูกถ่ายทางด้านข้างโดยกล้องโทรทัศน์ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ภาพถ่ายท่านั่งทั้ง 6 ท่า (จาก Colombini, 1986)

การศึกษาทำในระนาบข้าง เพื่อหาภาระ (load) ที่กระทำบน L3/L4 และ C6/C7 ของผู้ถูกทดสอบทุกคน ในทุกท่าแรงปฏิกิริยาของพื้นเป็นผลมาจาก 1. น้ำหนักตัวของผู้ถูก

ทดสอบ 2.แรงจากพนักพิง 3.แรงจากที่รองแขน วิธีการคำนวณโมเมนต์ที่ระดับ L3/L4 จะพิจารณาจากโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักของร่างกายส่วนบนเหนือ L3/L4 ซึ่งจำเป็นต้องรู้แรงภายนอก (แรงจากพนักพิงและที่รองแขน) และโมเมนต์ และขณะเดียวกันจะต้องรู้น้ำหนักของชิ้นส่วนร่างกายเหนือ L3/L4 และแขนโมเมนต์

ในการศึกษาได้วัดค่า EMG ได้ใช้อิเลคโทรดแบบติดผิววางบนกล้ามเนื้อ erector spinae ทางด้านขวาที่ระดับ L3 โดยห่างจากเส้นกลางหลัง 3 เซนติเมตร และบนกล้ามเนื้อ trapezius ด้านขวาห่างจากขอบสบัก 2 เซนติเมตร

ผลจากการศึกษาพบว่า ทุกท่านั่งที่มีพนักพิงหลัง (ท่าที่ 4 5 และ 6) จะลดความเค้นที่เกิดขึ้นที่หมอนรองกระดูกส่วนหลังได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) เมื่อเทียบกับท่าอื่นๆ ที่ไม่มีพนักพิง (ท่าที่ 1 2 และ 3) และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเค้นที่กระดูกสันหลังส่วนเอวในท่านั่งที่มีพนักพิงหลังทุกท่า

คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังเมื่อเทียบกับค่าการหดตัวสูงสุด (maximum voluntory contraction - MVC) จะมีค่าจาก 10-15 % MVC ในท่านั่งที่ไม่มีพนักพิงหลัง และ 8-11 % MVC ของท่านั่งที่มีพนักพิงหลัง ท่าที่ 1 แสดงให้เห็นถึงค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด ท่าที่ 2, 5 และ 6 ให้ค่าคลื่นไฟฟ้าที่ต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการลดลงของความโค้งในกระดูกสันหลังส่วนเอว และการเอียงไปด้านหลัง-ต่ำลงของกระดูกเชิงกราน ทำให้กล้ามเนื้อถูกดึงให้เหยียดตรงซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นไฟฟ้าที่น้อยมากหรือบางครั้งไม่มีเลย ในท่าที่ 3 มีการลดลงของคลื่นไฟฟ้าเมื่อเทียบกับท่าที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในกรณีนี้จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายอยู่ใกล้กับจุดหมุน (fulcrum) ของกระดูกสันหลังส่วนเอว จึงทำให้กล้ามเนื้อหลังออกแรงน้อย และท่าที่ 4 ให้ค่าคลื่นไฟฟ้าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับท่าที่ 1

ในการศึกษานี้สรุปไว้ว่า

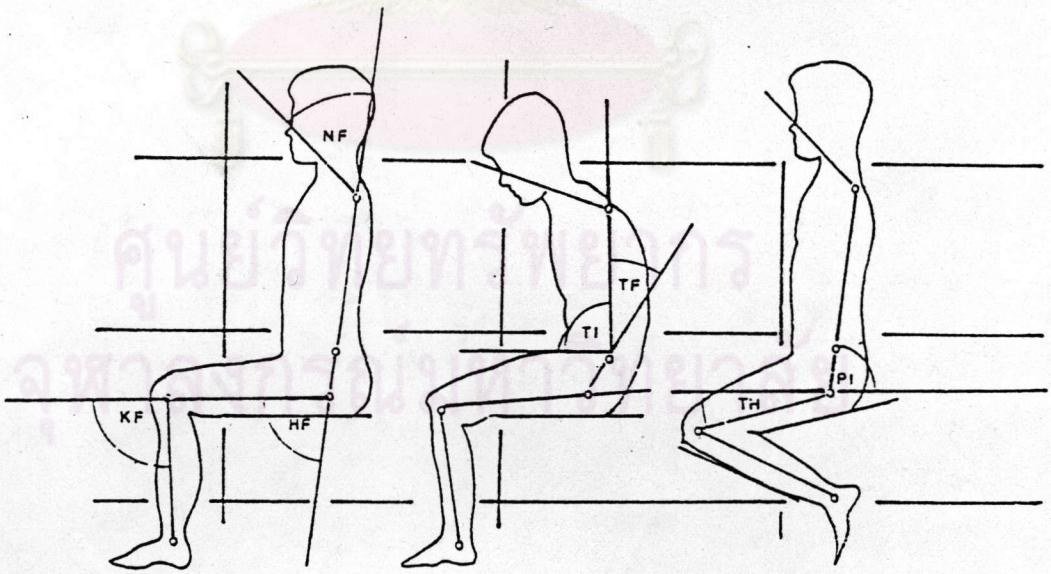
1.ท่านั่งที่มีพนักพิงให้ผลที่น่าพอใจกว่าท่าที่ไม่มีพนักพิง ท่าที่ 3 มีข้อดีคือจะทำให้ภาระที่หมอนรองกระดูกต่ำ ท่าที่ 2 เป็นท่าที่ทำให้เกิดความเค้น(stress) ที่หมอนรองกระดูกสูงสุด

2.ทุกท่าที่มีพนักพิง จะทำให้เกิดภาระที่กระดูกสันหลังส่วนเอวและส่วนคอคล้ายคลึงกัน ท่าที่ 4 มีการใช้กล้ามเนื้อส่วนหลังมากกว่าท่าอื่นๆ

3.ความเค้น (stress) ที่เกิดบนกระดูกสันหลังส่วนคอ ไม่ขึ้นอยู่กับการจัดท่าของลำตัว (ยกเว้นท่าที่ 2) การก้มของศีรษะทำให้กล้ามเนื้อคอออกแรงมากขึ้น และทำให้เกิดภาระบน

หมอนรองกระดูกส่วนคอมากกว่าท่าที่ศีรษะตั้งตรง

การศึกษาลักษณะการวางท่าในการนั่งบนเก้าอี้ที่มีพื้นเอียงโดย Bridger (1988) เพื่อทดสอบสมมุติฐานสองข้อ คือ 1.การนั่งโดยมีมุมระหว่างลำตัวและต้นขามากกว่า 90 องศา จะเป็นผลให้ลำตัวงอน้อยลง และ 2.การเปลี่ยนแปลงมุมและลักษณะของการมองเห็นโดยการนั่งบนเก้าอี้ที่มีพื้นเอียงจะช่วยให้ลำตัวงอน้อยลง วิธีการที่ใช้คือทำการวัดท่าในสองมิติ ดังรูป ประมาณการวัดมุมระหว่างเส้นที่ลากไปยังข้อต่อต่าง ๆ ที่ เท้า เข่า สะโพก หมอนรองกระดูกสันหลังส่วนเอวที่ 4 และไหล่ การก้มคอประมาณจากการวัดมุมระหว่างเส้นของสะโพกและไหล่กับเส้นที่ลากจากไหล่ผ่านลูกตาของผู้ถูกทดลอง ในการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดลองนั่งบนเก้าอี้สองแบบ คือ เก้าอี้แบบพื้นเรียบขนานกับพื้น และเก้าอี้แบบพื้นเอียง โดยมีการปรับมุมเอียงของโต๊ะทำงาน ในการทดสอบ จะทำการถ่ายรูปการวางท่าของผู้ถูกทดสอบ และทำการวัดมุมของท่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งอ้างอิงและมุมต่าง ๆ ในการทดลองของ Bridger (1988)

ค่าจำกัดความของมุมต่าง ๆ ของการทดสอบมีดังนี้

1. การงอของลำตัว (trunk flexion, มุม TF) เป็นมุมระหว่างเส้นของกระดูกเชิงกรานที่เกิดขึ้น มุม TF จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการงอตัวลำตัวมากขึ้น

2. การงอสะโพก (hip flexion, มุม HF) เป็นมุมระหว่างต้นขากับเส้นของกระดูกเชิงกรานที่เหยียดลง มุม HF เพิ่มขึ้นเมื่อข้อต่อที่สะโพกนั้นหดเข้า

3. มุมเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic inclination, มุม PI) คือความเอียงของเส้นกระดูกเชิงกรานเมื่อเทียบกับแนวระดับ ค่าของมุม PI ลดลงเมื่อกระดูกเชิงกรานเอียงไปด้านหลัง

4. มุมเอียงของลำตัว (trunk inclination, มุม TI) ความเอียงของลำตัวเมื่อเทียบกับแนวระดับ ค่าของมุม TI ที่มากแสดงให้เห็นถึงท่าที่ตั้งตรง ถ้ามุม TI ที่มีค่าน้อยแสดงว่าลำตัวทำมุมเอียงกับระนาบระดับ

5 .มุมของต้นขา (thigh angle, มุม TH) ความเอียงของต้นขาเมื่อเทียบกับแนวระดับ มุม TH เพิ่มขึ้นเมื่อต้นขาถูกกดให้ต่ำลง มุม TH ให้ค่าลบเมื่อต้นขายกเหนือแนวระดับ

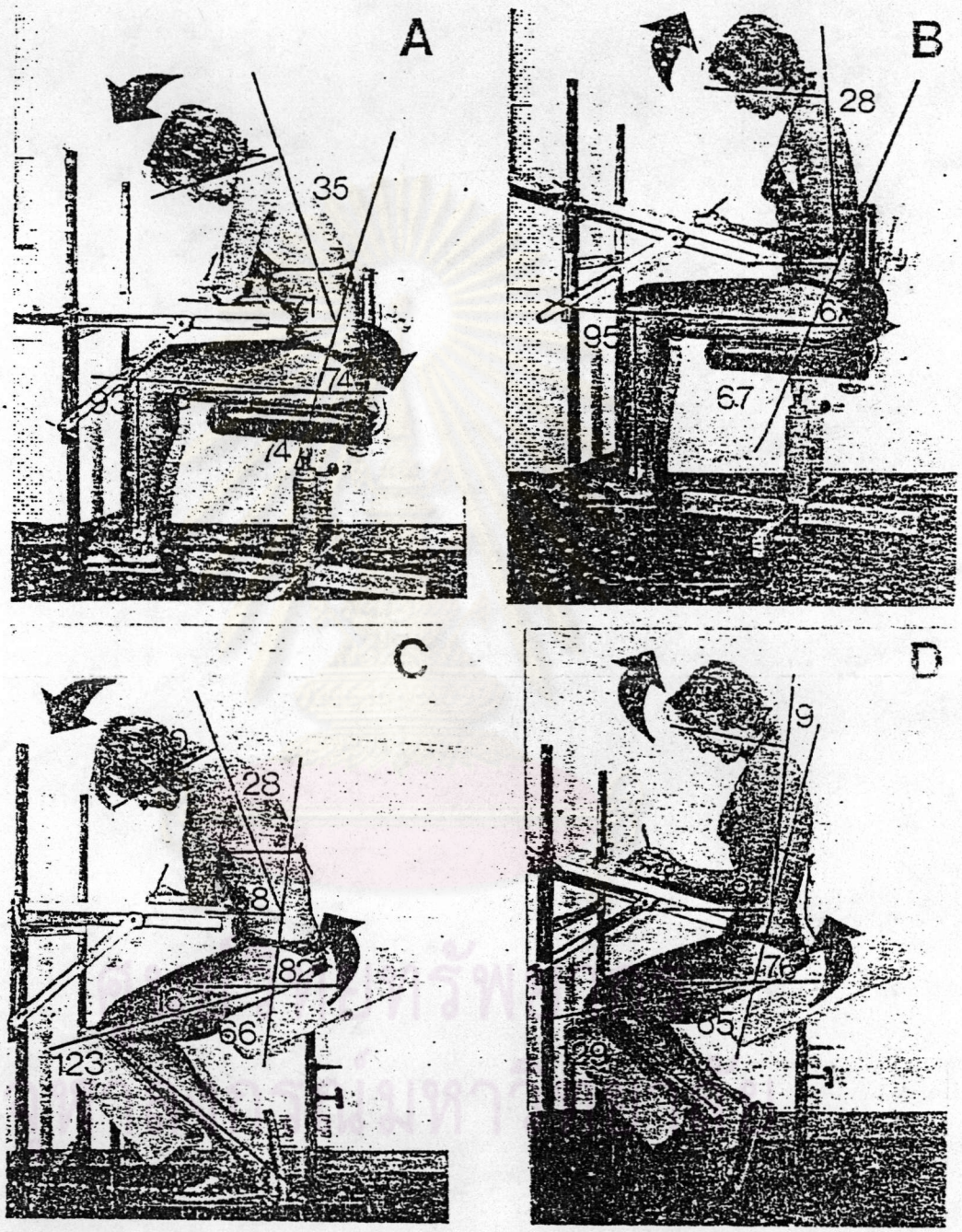
6. มุมก้มของคอ (neck flexion, มุม NF) มุมระหว่างเส้นของลำตัวที่เหยียดขึ้นกับเส้นที่ลากผ่านกระดูกสันหลังส่วนคอท่อนที่ 7 ไปยังตา มุม NF เพิ่มขึ้นเมื่อศีรษะโน้มไปด้านหน้าเมื่อเทียบกับลำตัว

7.มุมงอของเข่า (knee flexion, มุม KF) มุมระหว่างเส้นของขาส่วนล่างกับเส้นของต้นขาที่ลากเลยออกไปมุม KF เพิ่มเมื่อเข่างอ

จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้เก้าอี้ที่มีพื้นเอียงลาดไปข้างหน้า จะมีการงอของลำตัวและสะโพกน้อยกว่า และมุมของต้นขาเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับเก้าอี้ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไป

การใช้พื้นโต๊ะที่เอียง จะทำให้มีการงอของลำตัวน้อยกว่า ลำตัวตรงมากกว่า และการงอของคอ น้อยกว่าเมื่อเทียบกับพื้นโต๊ะที่ราบ

ท่าที่ได้จากการศึกษาและมุมของท่าที่วัดได้แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ท่าและค่าของมุมที่วัดได้ในการศึกษา (จาก Bridger, 1988)

ในการศึกษาถือว่ารูป A เป็นรูปการนั่งทำงานบนเก้าอี้และโต๊ะที่มีอยู่ทั่วไปและถือเป็นรูปอ้างอิง

ในรูป B ซึ่งเอียงโต๊ะทำงานพบว่า

- การงอของคอลดลงจาก 91 องศาเป็น 85 องศา
- การเอียงของลำตัวเปลี่ยนจาก 71 องศาเป็น 86 องศา
- การงอของลำตัวเปลี่ยนจาก 35 องศาเป็น 28 องศา
- มุมเอียงของกระดูกเชิงกรานเปลี่ยนจาก 74 องศาเป็น 67 องศา

ในการเปรียบเทียบรูป C กับ รูป A ที่มีการยกให้พื้นเก้าอี้เอียงจะเห็นว่า

- มีการเอียงเพิ่มขึ้นของกระดูกเชิงกรานเพิ่มขึ้นจาก 74 องศาเป็น 82 องศา
- มุมเอียงของสะโพกลดลงจาก 74 องศาเป็น 66 องศา
- การงอของลำตัวลดลงจาก 35 องศาเป็น 28 องศา

ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนท่าในรูป C กับรูป D จะเห็นว่าการงอของคอและลำตัวลดลง และการเอนตัวก็ลดลง

การศึกษาครั้งนี้ยังได้สอบถามถึงภาวะไม่สบาย โดยด้านจิตวิสัยนี้ใช้แบบสอบถาม ผลปรากฏว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และในด้านวัตถุวิสัยใช้การนับการเปลี่ยนอิริยาบทเช่นขยับตัวและการผุดลุกผุดนั่งของผู้ถูกทดสอบ แต่กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างท่านั่งทั้งหมด ซึ่งอธิบายได้ว่าการเปลี่ยนอิริยาบทที่เกิดขึ้นมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความเบื่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย