บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

มนุษย์เราปัจจุบันไม่ว่าจะมีอาชีพอะไรมักจะมีปัญหาเรื่องโรคปวดหลัง ความจริงแล้วสันหลังของคนเรามีโครงสร้างที่ดีและมีความแข็งแรงอยู่มาก แต่เนื่องจากการใช้งานเกินพิกัดหรือใช้ไม่ถูกต้องก็จะมีอาการปวดหลังได้ และมีจำนวนมากที่มีอาการปวดหลังโดยไม่ทราบสาเหตุ มีผู้ป่วยจำนวนมากที่เข้ารับการบำบัดรักษาอาการปวดหลัง หายแล้วก็กลับมาเป็นอีกซ้ำซากอย่างนั้น (วิรุฬห์ เหล่าพัทรเกษม, 2523) ในประเทศอุตสาหกรรมหลายประเทศ พบว่าการเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากการปวดหลังเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และสถิติโรคปวดหลังในประเทศไทย (กองวิชาการและวางแผน กรมแรงงาน, 2534) พบว่าในปี 2531: มีผู้บาดเจ็บด้วยโรคปวดหลัง 1,487 คน (2.9%), ปี 2532: 1,806 (2.8%) และปี 2533: 2,618 คน (3.3%)

ในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ พบว่ามีรายงานการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อกระดูก, คอ, ไหล่และหลังอยู่เสมอ (Silverstein,1986) ซึ่งเรื่องของการปวดหลังเนื่องจากการทำงานเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนมาก ฉะนั้นการที่เราจะสามารถเข้าใจถึงเรื่องการปวดหลังได้ดีนั้น จึงควรจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง ตลอดจนกลไกในการเคลื่อนไหวของหลัง หรือที่เรียกว่าชีวกลศาสตร์ของหลัง ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงสาเหตุและกลไกของการปวดหลัง เพื่อที่จะสามารถป้องกันและรักษาอาการปวดหลังได้อย่างถูกต้อง

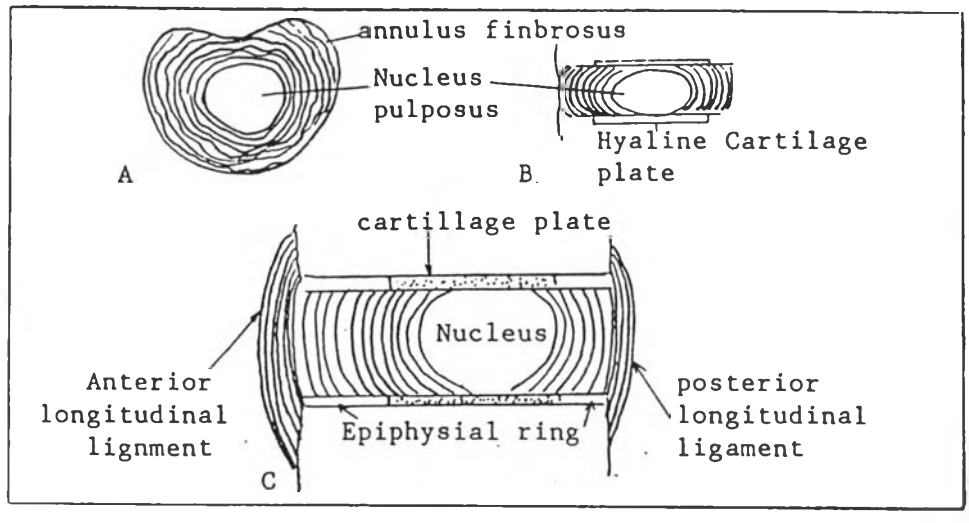
<u>ชีวกลศาสตร์ของหลัง</u>

หลังของคนเรานั้นมีโครงสร้างที่สำคัญที่สุดคือกระดูกสันหลัง (Vertebral column) ซึ่งประกอบด้วยกระดูกอันเล็ก ๆ สั้น ๆ วางเรียงซ้อนกัน โดยกระดูกสันหลังส่วนบนจะมีขนาดเล็กกว่า และจะใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออยู่ต่ำลงมา ทั้งนี้เพื่อความมั่นคงแข็งแรงและรับน้ำหนักได้มาก แต่หลังจากกระดูกเหนือก้นกบอันที่ 1 ลงไปจะกลับมีขนาดเรียวเล็กลงเรื่อย ๆ และไปเล็กสุดที่กระดูกก้นกบอันสุดท้าย ระหว่างตัวบอดีย์ของกระดูกสันหลังทุกอัน (เว้นระหว่างอันที่ 1 และ 2 ของส่วนคอ) จะมีหมอนรองกระดูกสันหลัง (intervertebral disc) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

- ส่วนที่อยู่ตรงกลาง เรียกว่า นิวเคลียส พัลโพซัล (nucleus pulposus)

- ส่วนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียส พัลโพซัส หรือหุ้มนิวเคลียสอยู่ เรียกว่า แอนนูลัส - ไฟโปรซัส (annulus fibrosus)

- ส่วนกระดูกอ่อนแผ่นบาง ๆ ที่อยู่ตรงกลางทั้งด้านบนและด้านล่างของหมอนรองกระดูก เรียกว่า คาร์ติเลจินัส เพลท



รูปที่ 2.1: แสดงส่วนต่าง ๆ ของหมอนรองกระดูกสันหลัง (Macnab I.Backache, 1979. อ้างถึงใน ดำรง กุศลกิจ, 2528)

การศึกษาการทำงานของหลังทั้งขณะอยู่นิ่งและเคลื่อนไหวอยู่ ทำให้เข้าใจสภาพของหลังเมื่อเวลาปวดได้ดีขึ้น ทั้งยังช่วยให้การรักษาเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ขณะที่เอนตัวไปข้างหน้า หมอนรองกระดูกระหว่างบั้นเอวชิ้นที่ 5 และกระดูกกระเบนเหน็บจะต้องรับน้ำหนักมาก สมมุติว่ายกน้ำหนักเพียง 10 กิโลกรัม ในท่าที่เหยียดมือออกไปด้านหน้า น้ำหนักที่ตกอยู่ที่หมอนรองกระดูกชิ้นนี้อาจมีค่าถึง 1,200 กิโลกรัม ซึ่งเกินกว่าที่จะทนได้ (ในคนปกติจะทนได้แค่ 450-800 กิโลกรัม) แต่ที่ร่างกายทนได้โดยไม่มีอันตรายเกิดขึ้นเพราะร่างกายเป็นท่อที่มีความดันอยู่ภายในช่องท้องและช่องอก และขณะที่เรายกของหนักเรามักจะกลั้นหายใจ จึงทำให้เกิดความดันภายในซึ่งสามารถลดน้ำหนักบนหมอนรองกระดูกได้ถึงร้อยละ 30 ถึง 50 คือลดได้ร้อยละ 50 ระหว่างบั้นเอวและช่องอก และลดได้ 30% ที่กระดูกบั้นเอวชั้นที่ 5 และกระเบนเหน็บที่ 1 แต่ข้อเสียคือขณะที่เราต้องกลั้นหายใจจะเพิ่มความดันขึ้น ทำให้เลือดดำไหลกลับน้อยลง และเลือดถูกฉีดไปยังปอดน้อยลง ในทำนองเดียวกันน้ำหล่อเลี้ยง

สมองไซสันหลังก็จะมีความดันสูงขึ้นด้วย การกลั้นหายใจจึงกระทำได้เพียงชั่วครู่วิธีแก้คือพยายามยกของให้ชิดกับลำตัว น้ำหนักที่กดลงจะได้น้อยลง (ประโยชน์ บุญสินสุข, 2527 อ้างถึง ดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ, 2528)

Davis และนักวิจัยหลายท่าน (1973) พบว่าระหว่างการทำงานยกน้ำหนักและงานขนย้ายวัสดุ ความเครียดที่เกิดขึ้นในลำตัวจะมีความสัมพันธ์กับขนาดแรงดันในช่องท้อง - (intraabdominal pressure) : (Stubbs, 1973, อ้างถึงใน David, 1985) ได้วิจัยหาความเครียดที่เกิดขึ้นในลำตัว โดยใช้วิธีการวัดแรงดันในช่องท้องและการคำนวณแรงที่กระทำต่อร่างกาย ในกลุ่มผู้ชายอาชีพต่าง ๆ โดยใช้ radio pill (Rigel, model 7040) ให้ผู้ถูกทดสอบกลืนและคอยรับสัญญาณที่ส่งออกมา ผลการวิจัยพบว่าความเครียดที่เกิดขึ้นในลำตัวมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ยก และท่าการทรงตัว ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับค่าแรงดันในช่องท้องที่วัดได้

<u>ระบบกล้ามเนื้อ</u>

กล้ามเนื้อทั้งมัดประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อมากมาย ซึ่งจะมีการเรียงตัวได้เป็นแบบต่าง ๆ เช่น แบบขนาน (parallel), แบบรูปกระสวย (fusiform), แบบลู่เข้าหากัน (convergent), แบบขนนกครึ่งซีก (unipennate) เป็นต้น

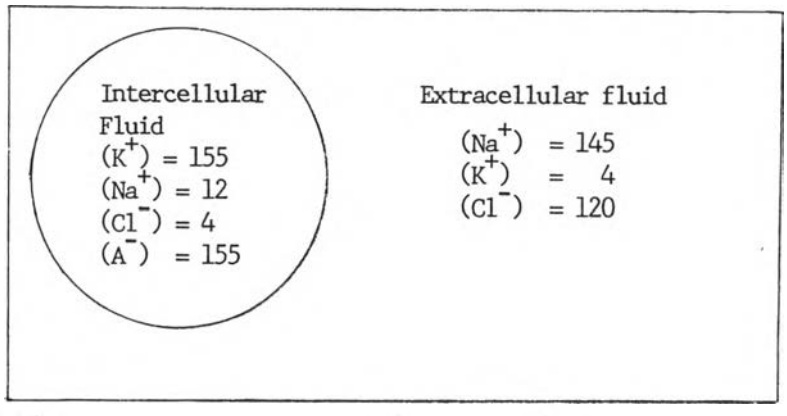
การทำงานของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นโดยการหดตัวสลับเข้าสลับกับการคลายตัว การหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าที่สามารถบันทึกได้เรียกว่าศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (action potential) (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2528)

ความตึงของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัว เมื่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นเพิ่มขึ้น จะมีความตึงเพิ่มขึ้น ความตึงของกล้ามเนื้อนั้นไม่ได้ขึ้นกับหน่วยยนต์ที่ทำงานแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นประสาทที่ส่งจากเซลล์ประสาทยนต์ลงไปสู่เส้นใยกล้ามเนื้อ การทำงานของจำนวนหน่วยยนต์ที่ทำงานและความถี่ของคลื่นประสาทเรียกว่าหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้อง (motor unit involvement, MUI)

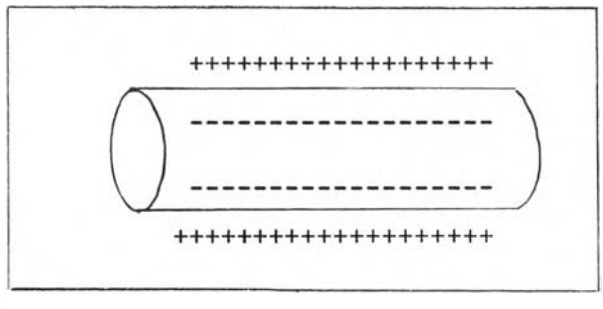
<u>ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท</u>

กล้ามเนื้อและประสาทเป็น exciteable tissue มีกลไกที่เก็บประจุไฟฟ้าได้และสามารถปล่อยประจุไฟฟ้าออกไปได้เมื่อมีการกระตุ้น และมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็น semipermeable membrane และมีอิเล็คโตรลัยท์หลายอย่างที่มีความเข้มไม่เท่ากันเป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญคือ โซเดียม และโปแตสเซียม (รูปที่ 2.2) เพราะมีกลไกคอยสูบโปแตสเซี่ยมเข้าไปในเซลล์ และโซเดียมออกนอกเซลล์อยู่ตลอดเวลา แต่ในภาวะพัก (resting stage) นั้นเยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้โปแตสเซียมผ่านได้มากกว่าโซเดียมถึง 50 เท่า จึงทำให้โปแตสเซี่ยมนำประจุบวกออกมาข้าง

นอก แต่ก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มออกมาไม่ได้ จึงเรียงรายอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอกเซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน (รูปที่ 2.3) ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์มีการทำงานที่เปรียบเสมือนคาปาซิเตอร์ที่มีเยื่อหุ้มเป็นฉนวน และสองข้างของเยื่อหุ้มมีอิเล็คโตรลัยท์ที่นำไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.2 : ความเข้มข้นของสารอิเล็คโตรลัยท์ (โดยประมาณ) ในเซลล์ (μM per sec) (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2523)



รูปที่ 2.3 : การแลกเปลี่ยนระหว่างประจุบวกและลบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2523)

เมื่อมีการทำงาน จะเป็นประสาทหรือกล้ามเนื้อก็ดี จะมีการกระจายของไฟฟ้าออกตามกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้น มีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง เมื่อถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อจะมีการยอมให้โซเดียมผ่านเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มได้มากถึง 200 เท่า จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ (influx) ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเปลี่ยนไปคือลดลง ที่เรียกว่า "ดีโปลาไรเซชั่น" (depolarization) เมื่อการกระตุ้นนั้นแรงพอและเกินระดับนั้น จะทำให้โซเดียมไอออนเข้าไปในเซลล์ได้มาก จนทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มกลับกัน คือมี reverse ของ membrane potential เมื่อถูกกระตุ้นและจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานขึ้น ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานนั้นมีทั้ง

ขาขึ้น (ascending phase) และลดลง (descending phase) โดยระยะขาลงของศักย์ไฟฟ้านั้นเกิดจากโซเดียมหลุดเข้าไปในเซลล์ และโปแตสเซี่ยมออกนอกเซลล์ (K^+ efflux) เพื่อช่วยแก้ไขให้ศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปกลับมาเช่นเดิม

เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานเป็นกรรมวิธีที่เกิดในตัวเอง พลังงานจะต้องปล่อยออกมาทุก ๆ จุดที่ถูกกระตุ้น จึงทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานมีความสูงไม่ลดลง แม้ว่าจะต้องแผ่กระจายไปเป็นระยะทางไกล ๆ ก็ตาม

ไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถวัดได้โดยวางอีเล็คโทรดลงบนผิวหนังหรือสอดเข้าไปในกล้ามเนื้อ จำนวนความมากน้อยของไฟฟ้าแสดงถึงความมากน้อยของหน่วยยนต์ (motor unit) ที่เกี่ยวข้องด้วย ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นตรวจวัดได้ด้วยการตรวจวัด EMG เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว และมีความตึงเพิ่มขึ้น จะได้ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกัน

มีรายงานศึกษาการวัดแรงดันในหมอนรองกระดูกแรงดันในช่องท้อง และสัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังของท่าการทรงตัวแบบต่าง ๆ ทั้งที่มีภาระงานและไม่มี (Andersson, Herberts and Ortengren 1976 a.; Andersson, Ortengren and Nachemson 1976b; Andresson Ortengren and Herberts 1977) ซึ่งได้ผลที่คล้ายกัน และเมื่อทดลองเปลี่ยนท่าการทรงตัวของร่างกาย ซึ่งได้ผลเป็นความสัมพันธ์เดียวกัน (รวมทั้งท่าการก้มและแบกน้ำหนักต่าง ๆ) ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้สัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังในการทำนายแรงดันในหมอนรองกระดูก (Andersson Ortengren and Herberts, 1977)

Chaffin (1988) ได้เสนอบทความเรื่อง "Biomechanical modelling of the low back during load lifting" กล่าวถึงการนำ EMG มาใช้ในการวัดแรงของกล้ามเนื้อของลำตัว โดยอ้างถึงงานวิจัยของ McGill and Norman (1986) ที่นำเอา EMG ไปใช้ในการวิเคราะห์งานยกของ โดยใช้ค่า EMG ในการทำนายระดับความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อต่าง ๆ และใช้ค่านี้ในการวัดเปรียบเทียบกับขณะที่กล้ามเนื้อทำงานในการยกของ

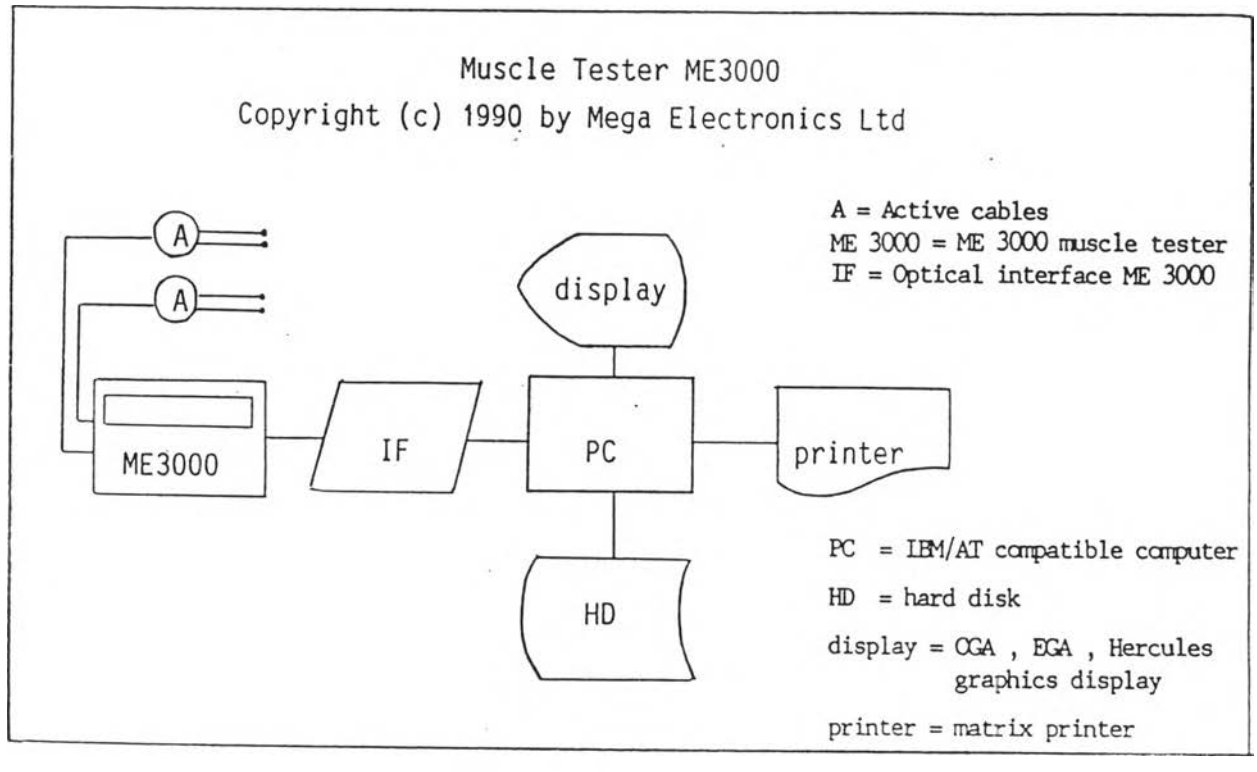
Andersson (1984) ได้วิจัยภาระงานของหลังในงานการประกอบในอุตสาหกรรม โดยใช้ EMG โดยทำการวัด EMG ของคนงาน 13 คน ในโรงงานประกอบรถวอลโว่ ประเทศสวีเดนในงานประกอบประตู, งานประกอบชุดเก้าอี้ (โดยที่มีอุปกรณ์ช่วยยกชุดเก้าอี้และไม่มี) และงานประกอบพรมปูพื้น เปรียบเทียบกับขนาดของคลื่นไฟฟ้า (amplitude) ที่ได้จากการวัด

มาตรฐานโดยให้ผู้ถูกทดสอบถือน้ำหนัก 10 กก. ในท่าก้ม 30 องศา ผลปรากฏว่าขนาดของคลื่นไฟฟ้าของงานประกอบรถ สูงกว่าค่าที่ได้จากการวัดค่ามาตรฐาน และในงานที่มีอุปกรณ์ช่วยยกจะมีขนาดของคลื่นไฟฟ้าน้อยกว่าไม่มีอุปกรณ์ช่วยยก

เครื่องมือวัดค่า EMG

เครื่องมือวัดค่า EMG เป็นเครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย โดยเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าไฟฟ้าในร่างกาย สำหรับที่ใช้ในทางการแพทย์นั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ 1. อิเล็คโทรด 2. ระบบแอมปลิไฟเออร์ 3. ระบบแสดงและบันทึกผล

สำหรับในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากเป็นงานวิจัยในภาคสนามเชิงวิศวกรรมไม่สามารถที่จะนำวิธีการทางการแพทย์มาใช้ได้ จึงได้ใช้เครื่องมือวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ME3000 (Mega Electronics Ltd.) โดยการนำเอาส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลังเข้าด้วยกันและมีการบันทึกค่าลงในหน่วยความจำ



รูปที่ 2.4 : ระบบของเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ME3000

(Mega Electronics Ltd, 1990)

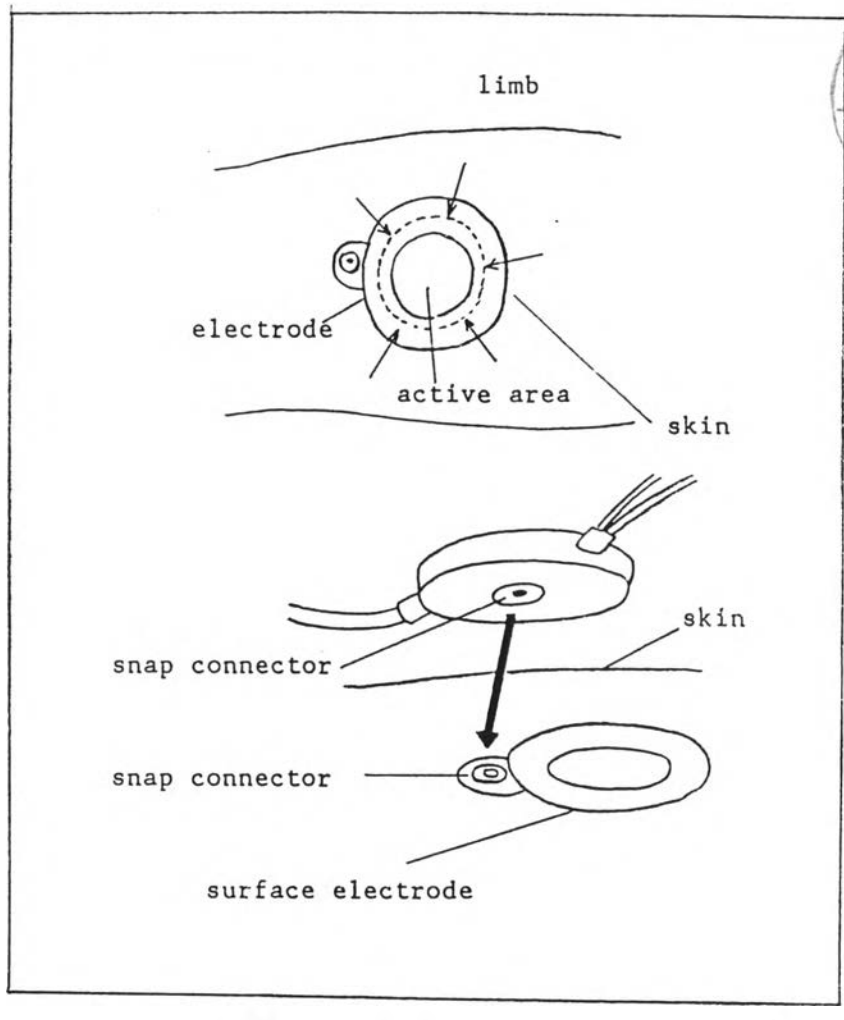
เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (ME3000) ได้ออกแบบไว้สำหรับวัดและทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งสามารถนำไปใช้ทดสอบในภาคสนามได้ (portable unit) ระบบนี้จะใช้ในการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการเกร็ง-หดตัว

การเกร็ง-หดตัวของกล้ามเนื้อจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า และจะมากขึ้นถ้ากล้ามเนื้อมีการเกร็งตัวมากขึ้น ความต่างศักย์ที่วัดได้ที่ผิวหนังเหนือกล้ามเนื้อนี้จะเป็นผลรวมของการทำงานของหน่วยยนต์ (motor units) หลาย ๆ หน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมของกล้ามเนื้อนั้น ความต่างศักย์นี้สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1μV ถึง 5000 μV

เครื่องนี้จะวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังผ่านทางอีเลคโทรดและสายเคเบิล (A) โดยค่าที่ได้จะเป็นค่า Integrated EMG โดยจะแสดงบนหน้าปัทม์จอแสดงผล ค่าที่วัดได้จะถูกบันทึกในหน่วยความจำภายในเครื่อง ME3000 และข้อมูลนี้จะถ่ายเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ได้โดยใช้สาย optical interface (IF) เพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

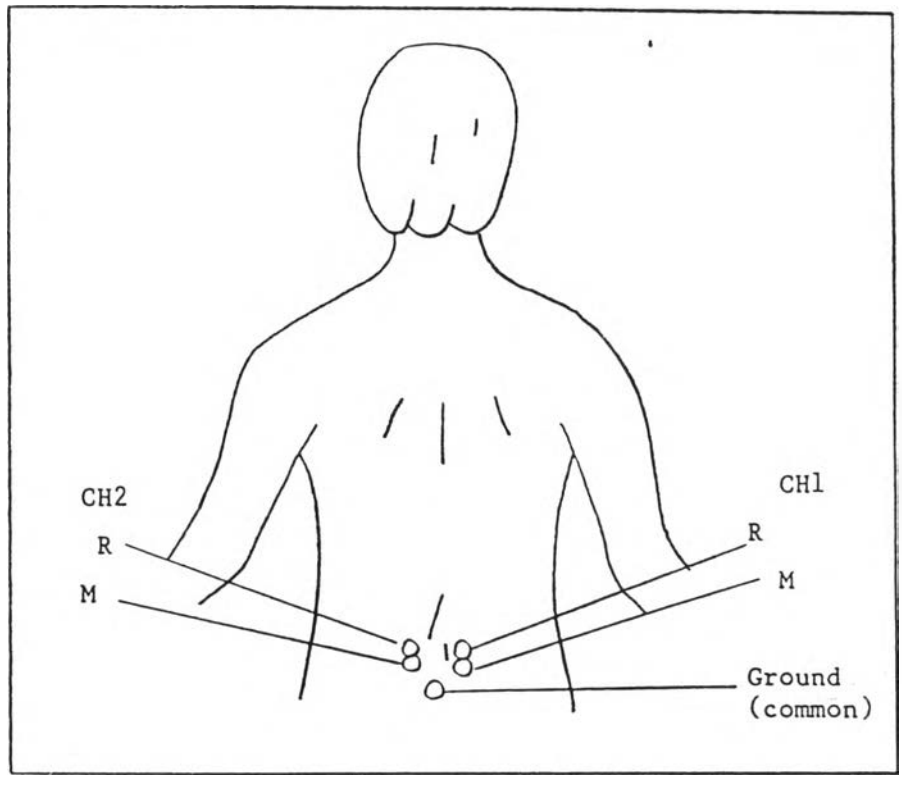
<u>การติดตั้งอิเลคโทรด</u>

ในการวัดจะใช้อิเลคโทรดชนิดแผ่น เพราะไม่ได้เป็นการทดลองเพื่อวัดรูปร่างของ motor unit potential) อิเลคโทรดชนิดแผ่นจะมีขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร ปิดบนผิวหนัง และคอยเก็บสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อใต้อิเลคโทรด จุดสำคัญคือจะต้องรู้ว่าจะต้องติดอิเลคโทรดนี้ที่จุดที่ถูกต้อง (ดูรูปที่ 2.5 และในการทดลองจะใช้คลื่นไฟฟ้ากระตุ้นพื้นที่รอบ ๆ เพื่อหาจุดปลายประสาทเพื่อปิดอิเลคโทรด) ในการปิดอิเลคโทรดเพื่อการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน ๆ ควรใช้แผ่นปิดที่เป็นแถบกาว และควรตรวจดูเช็คว่าที่ขั้วอิเลคโทรดนั้นมีเจลเคลือบอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.5 : การติดอิเลคโทรดที่ผิวหนังและการต่อสายไฟจากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ME3000 กับขั้วอิเลคโทรด (Mega Electronics Ltd, 1990)

การทดสอบนี้จะใช้ขั้วทดสอบแบบสองช่องวัด (dual channel) เพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าจากการทำงานของกล้ามเนื้อซีกซ้าย-ขวา และสัดส่วนของผู้ถูกทดสอบหรือชั้นไขมันที่อยู่ใต้ผิวหนังจะมากขึ้นหรือลดลงจะไม่มีผลต่อข้อมูลการวัด



รูปที่ 2.6 : การวัดแบบสองช่องวัด โดยติดอิเลคโทรดที่ผิวหนัง อิเลคโทรดที่ใช้วัด (M : measuring electrode) ติดในตำแหน่ง L5-L4 ที่แสดงในรูป, อิเลคโทรดอ้างอิง (R : referrence electrode) ติดบนแนวสันหลังห่างจากอิเลคโทรด M 5 ซม., ขั้วสายดิน (G : ground) และใช้ขั้วสายดินร่วมกัน (Mega Electronics Ltd, 1990)

<u>ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการปวดหลังจากการทำงาน</u>

ปัจจัยที่ได้รับการพิจารณาว่า เป็นปัจจัยที่มีส่วนหรือเป็นสาเหตุของการเกิดโรคการเสื่อมสภาพของสันหลังนั้น ได้แก่ การได้รับบาดเจ็บ การยกและเคลื่อนย้ายของหนัก ท่าทรงตัวในการทำงานที่มีความยากและไม่เป็นธรรมชาติ การทำงานที่เร็วเกินไป และภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการปวดหลังโดยอาศัยวิธีการทางระบาดวิทยาอย่างกว้างขวาง ซึ่งอาจสรุปและเปรียบเทียบผลการศึกษาต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ปวดหลังจากการได้รับบาดเจ็บ (Injury) นักวิจัยที่ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปวดหลังยังคงมีความเห็นแตกต่างกันในส่วนที่เกี่ยวกับอิทธิพลของการได้รับบาดเจ็บต่อการเกิดการเสื่อมของกระดูกสันหลัง (spinal degeneration) Hult ในปี ค.ศ.1954 (อ้างถึงใน ดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ, 2528) พบว่าการปวดหลังส่วนบั้นเอว (lumbargo attack) นั้นส่วนมากจะเกิดจากการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังส่วนบั้นเอวทันทีทันใด หรือโดยมิได้คาดคิดไว้ก่อน Lawrence ในปี ค.ศ.1955 (อ้างถึงใน ดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ, 2528) กล่าวว่าความสำคัญของการเสื่อมของหมอนรองกระดูก (disc degeneration) จากการได้รับบาดเจ็บนั้นได้เป็นที่ทราบ และเป็นที่ยอมรับกันมานานแล้ว ซึ่งการศึกษาของเขาพบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้จากการถ่ายภาพเอกซ์เรย์นั้น เพิ่มมากขึ้นในระดับเดียวกัน ทั้งในกลุ่มที่มีประวัติว่าเคยได้รับแรงกระแทกหรือถูกตีบริเวณกระดูกสันหลังส่วนบั้นเอว และกลุ่มที่ได้รับบาดเจ็บที่หลังซึ่งเกิดจากความเค้น (strain) และการได้รับบาดเจ็บนี้ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดปัญหาหมอนรองกระดูกแคบลง

2. ปวดหลังจากการยกและเคลื่อนย้ายวัสดุที่หนัก (Heavy lifting and carrying) อันตรายที่เกิดจากการยกและเคลื่อนย้ายของหนักนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักและรูปร่างของวัตถุเท่านั้น หากยังเกี่ยวข้องกับอิริยาบถหรือท่าทางการยก การทำงานที่ซ้ำซาก และระยะเวลาของการยก ตลอดจนความแข็งแรงของคนงานอีกด้วย เนื่องจากที่หลายปัจจัยที่มีอิทธิพลและมีส่วนในการเกิดอาการปวดหลังดังกล่าว ดังนั้นจึงมีความยุ่งยากในการที่จะนิยามความหมายของ "การเคลื่อนย้ายของหนัก" อย่างเหมาะสมได้

ในการศึกษาของกรมแรงงานที่ผ่านมานั้นได้มีการศึกษาโดยมุ่งยึดปัจจัยบางประการเป็นหลัก คือการใช้พลังงานในการยก และน้ำหนักของวัตถุที่ยกในอิริยาบถต่าง ๆ ซึ่งได้สรุปว่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่ยกเป็นครั้งคราวไม่ควรเกินร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวผู้ยก สำหรับกรณีที่ต้องยกอย่างต่อเนื่องนั้น น้ำหนักไม่ควรเกินร้อยละ 40 ของน้ำหนักตัวผู้ยก และบางรายที่ได้รับการฝึกฝนอบรมการยกของอย่างเหมาะสม ก็จะสามารถอนุญาตให้ยกน้ำหนักเพิ่มได้อีกร้อยละ 20 Becker ในปี ค.ศ.1961 (อ้างถึงใน ดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ, 2528) ได้นิยามคำว่า "งานหนัก" ไว้ว่าเป็นงานที่มีการยกหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 35 ถึง 100 ปอนด์ (16-45 กิโลกรัม) ในช่วงเวลามากกว่าร้อยละ 30 ของเวลาทำงานทั้งหมดหรือเท่ากับการออกแรงในการผลักและลากวัตถุ ข้อแนะนำที่ 128 (Recommendation No 128) ขององค์การแรงงานระหว่างประเทศ ซึ่งออกเมื่อปี 1967 ที่เกี่ยวกับน้ำหนักสูงสุดที่อนุญาตให้คนงานยกได้ ระบุว่าควรกำหนดมาตรการมิให้บุคคลยกน้ำหนักเกิน 55 กิโลกรัม และน้ำหนัก

55 กก.นี้ อนุญาตเฉพาะบุคคลที่ได้รับการฝึกฝนอบรมอย่างดี และอยู่ในภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมด้วยเท่านั้น สำหรับน้ำหนักสูงสุดที่อนุญาตให้ผู้หญิงและเด็กยกนั้น ควรกำหนดให้เพียงร้อยละ 50 - 60 ของน้ำหนักที่ผู้ชายทั่วไปยก

ผลร้ายจากการยกและเคลื่อนย้ายของหนักซึ่งเกิดขึ้นที่แผ่นหลังนั้น อาจจะเกิดขึ้นในทันทีทันใด และคืนสภาพได้ เช่นเดียวกับที่เกิดหลังแข็งจากการเกร็งของกล้ามเนื้อส่วนบั้นเอว (reduction of lumbar lordosis) ในกลุ่มชาว Bantu ที่ชอบยกของโดยใช้ศีรษะ ในด้านอาชีวอนามัยนั้น สิ่งที่น่าเป็นห่วงและมีความสำคัญที่สุด ต่อการเกิดปัญหาเรื้อรังที่ไม่สามารถคืนสภาพได้ ซึ่งปกติแล้วจะเกิดการทำงานเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความเค้นเป็นระยะเวลานาน ๆ

การเกิดการปวดหลังส่วนล่าง จะพบมากในงานที่ต้องออกแรงยกของมาก ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือทั้งสถานที่ยก และน้ำหนักที่ยก

อิริยาบถ หรือท่าที่ยกของไม่ถูกต้อง อาจนำไปสู่การบาดเจ็บที่หลังได้ โดยการขาดสมดุลระหว่างกล้ามเนื้อและการยกบางครั้งแม้ว่า "การยกด้วยท่าที่ค่อนข้างเหมาะสม" ก็ตาม แรงกดที่เกิดขึ้นที่หมอนรองกระดูกนั้น อาจจะก่อให้เกิดอันตราย หรือความเสียหายของกระดูกอ่อนส่วนที่รับน้ำหนัก (weight-bearing cartilage) ได้เช่นกัน

ในการยกของในงานอื่น ๆ ก็พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากระหว่างระยะเวลาของการยกของหนัก และการเสื่อมของหมอนรองกระดูก โดยพบว่าหมอนรองกระดูกจะเสื่อมมากขึ้นเมื่อระยะเวลาของการยกของหนักยาวนานขึ้น และก็พบว่าส่วนใหญ่ของผู้ที่มีการยกของหนักนั้นจะพบการเปลี่ยนแปลงจากภาพถ่ายรังสี (X-ray) ที่ค่อนข้างมาก และมีความรุนแรงสูงอีกด้วย นอกจากนั้นความสามารถในการทำงานจะลดลง เมื่อระยะเวลาการทำงานที่เกี่ยวกับการยกของหนักยาวนานขึ้น เช่นในรายที่ทำงานยกของหนักมานานกว่า 30 ปี พบว่าความสามารถในการทำงานจะลดลงประมาณ 4 เท่าของผู้ที่ทำงานยกของหนักมาน้อยกว่า 25 ปี การปวดหลังที่เสียวร้าวไปที่ขา (sciatica) และกลุ่มคนงานที่ปวดหลังส่วนบั้นเอวนั้น พบว่าการปวดนั้นมีความเกี่ยวเนื่องกับการยกของหนัก

มีหลักฐานมากมายที่แสดงว่าการยกของหนักนั้นได้ก่อให้เกิดผลร้ายต่อหลัง แม้ว่าอาจมีบางคนที่ยกของหนักได้เป็นเวลานาน โดยไม่ได้รับการเจ็บป่วยเลย แต่การยกของหนัก การเคลื่อนย้ายวัสดุ การดึงและการดันก็ยังคงเป็นปัจจัยหลักของการเกิดหรือช่วยให้เกิดความผิดปกติทั้งชนิดเฉียบพลันและชนิดเรื้อรัง

3. ปวดหลังจากท่าการทำงาน (Posture) เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการปวด

หลังอาจเกิดขึ้นจากความไม่คุ้นชินกับงาน และการทำงานที่ยาวนานอย่างต่อเนื่องในท่าทรงตัวที่ต้องมีการก้มหรือโก้งโค้งทำงาน ความเหนื่อยล้าจากท่าทางในการทำงานนี้ เป็นที่ทราบกันว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการก่อให้เกิดการปวดหลังส่วนล่าง

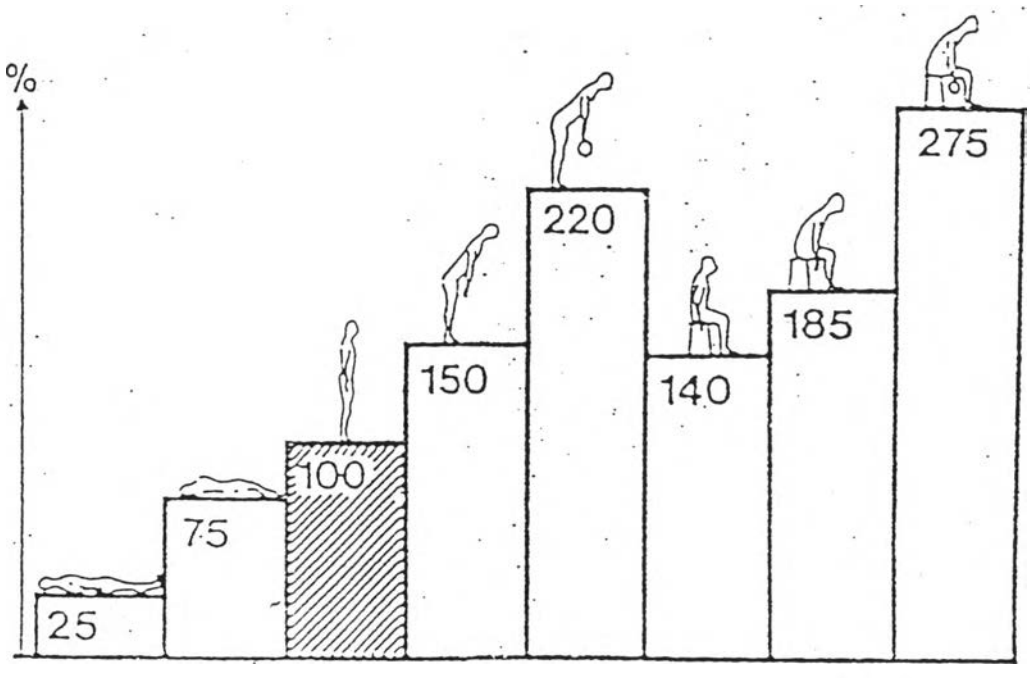
แรงกดดันในหมอนรองกระดูกสันหลัง (intervertebral discs) จะมีมากในท่านั่งตัวตรงมากกว่าในท่ายืนตรง การเอนตัวไปข้างหน้าจะเพิ่มความกดดันทั้งในท่านั่งและท่ายืน

ท่ายืนและนั่งต่าง ๆ ดังกล่าวมีความสำคัญมากทางด้านสุขภาพอนามัยของผู้ประกอบอาชีพ ทั้งนี้เพราะกลุ่มผู้ที่นั่งทำงานเป็นระยะเวลานาน ๆ และผู้ที่ไม่มีโอกาสนั่งเลยตลอดระยะเวลาการทำงานทั้งวันนั้น มีรายงานว่าบุคคลดังกล่าวมีอัตราการเกิดอาการปวดหลังส่วนล่างสูงมากทั้งการเกิดแรงกดที่หมอนรองกระดูกสันหลัง (lumbar disc pressure) และจากการตรวจการทำงานของกล้ามเนื้อสันหลังด้วยกระแสไฟฟ้าพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อหลัง - (myoelectric back muscle activity) นั้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับท่านั่งที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าการนั่งทำงานนาน ๆ นั้น มีความสัมพันธ์กับการเกิดการปวดหลังน้อยกว่าการยกของหนัก

ในท่ายืนนั้น น้ำหนักตัวซึ่งตกลงที่หลังนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับการก้ม ในกลุ่มคนงานเหมืองแร่ จะมีอาการปวดตามข้อ (rheumatic complaints) อย่างเด่นชัดเมื่อก้มทำงานนี้ที่ระดับ 3-3.5 ฟุต (91-104 ซม.) และ 4 ฟุต 6 นิ้ว - 4 ฟุต 11 นิ้ว (137-150 ซม.) คนงานทั้งหลายที่มีความสูง 4 ฟุต 6 นิ้ว ถึง 5 ฟุต 6 นิ้ว (137-168 ซม.) จะใช้ท่าก้มทำงานไม่คุกเข่าทำงาน พบว่าครึ่งหนึ่งของคนงานกลุ่มหลังเกิดภาวะไร้ความสามารถ (incapacity) และภาวะไร้ความสามารถกลุ่มนี้จะมีมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ (control group) ถึง 3 เท่า การเสื่อมของกระดูกที่พบจากภาพถ่ายรังสีนั้น (radiological degenerative changes) พบทั่วไปในกลุ่มที่ทำงานในบริเวณที่มีความสูงของเพดานไม่เกิน 3 ฟุต 5 นิ้ว (91 ซม.) และพบน้อยในกลุ่มที่ทำงานในบริเวณที่มีความสูงของเพดานไม่เกิน 4 ฟุต 5 นิ้ว (135 ซม.) แต่ความแตกต่างดังกล่าวนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การที่ต้องทำงานในท่าที่ต้องก้มนี้ อาจจะเป็นปัจจัยที่ทำให้อัตราการเกิดอาการและความรุนแรงของการเสื่อมของหมอนรองกระดูกในกรรมกรขัดพื้นเพิ่มขึ้น คนงานหญิงในโรงงานปั่นฝ้ายซึ่งมีอายุเฉลี่ย 43 ปี ทำงานในท่าก้มที่มีความเค้นของกล้ามเนื้อหลังตลอดเวลาเชื่อว่าทำให้เกิดบาดเจ็บเล็กน้อยแต่ซ้ำซาก (minitraumas) และการเสื่อมสภาพของกระดูกสันหลังส่วนบั้นเอว (lumbar spine) นั้น เนื่องมาจากการรับภาระสถิตย์ดังกล่าว มีรายงานว่าคนงานที่มีอาการปวดหลังและเสียวร้าวไปที่ขา (sciatica) ทนนี้มีถึงร้อยละ 50 การปวดหลัง

ส่วนล่างมีถึงร้อยละ 80 และมีการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมของกระดูกที่พบจากภาพถ่ายรังสีถึงร้อยละ 85 นอกจากนี้พบว่าการเกิดอาการปวดหลังส่วนล่างในกลุ่มผู้ที่ต้องยืนทำงานที่มีการก้มหรือโก้งโค้งหรือบิดตัวในอัตราที่สูงอีกด้วย



รูปที่ 2.7 : แรงดันภายในหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนเอวอันที่ 3 ของผู้มีน้ำหนัก 70 กก. ในอิริยาบทต่าง ๆ (Nachanson อ้างถึงในดำรง กุศลกิจ, 2528)

4. ปวดหลังจากภูมิอากาศ (Climate) การศึกษาอย่างละเอียดของ Lawrence และคณะ (อ้างถึงในดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ, 2528) ได้พบความสัมพันธ์ว่า สภาพงานที่เปียกชื้นจะเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดโรคการเสื่อมของหลัง และกลุ่มคนที่รู้สึกว่าสภาพงานที่ทำนั้นหนาวเย็นเปียกชื้นผิดปกติ จะมีอาการหมอนรองกระดูกผิดปรกติ (disc disorders) มากกว่ากลุ่มคนที่ไม่บ่นเรื่องภูมิอากาศเลย คนงานเหมืองแร่ที่ทำงานมานานกว่า 5 ปีในภาวะที่เปียกชื้น จะมีอัตราการเกิดปวดหลังเสียวร้าวไปสะโพกและขาตามรากประสาท (back hip sciatic pain) ถึง 2-3 เท่าของกลุ่มคนงานที่ทำงานในสภาวะที่แห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าการสูญเสียเวลาการทำงาน มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับการทำงานในสภาวะที่เปียกชื้น และจะพบว่าที่มีการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมของหลัง จากภาพรังสีในจำนวนที่ค่อนข้างสูงในกลุ่มคนงานเหมืองแร่ แต่ทั้งนี้จะมีความรุนแรงไม่มากนักในการทำงานในสภาพที่เปียกชื้นยังพบว่ามีอัตราการ

เกิดอุบัติเหตุสูง แต่ก็มีรายงานการบาดเจ็บที่หลังของกลุ่มคนงานดังกล่าวค่อนข้างน้อย

อย่างไรก็ตามอากาศที่หนาวเย็นและความชื้นแฉะของอากาศดูเหมือนจะมิได้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดอัตราการเกิดอาการปวดหลังที่เสียวร้าวไปที่ขา (sciatica) ในคนงานเหมืองแร่ใน Estonia เลย นอกจากนี้การทำงานกลางแจ้งของกลุ่มคนงานท่าเรือในสก็อตแลนด์ก็ไม่ได้เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นเลย ซึ่งจะเห็นได้จากสถิติจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาหมอนรองกระดูกผิดปกติ (disc disorders) นั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย สำหรับเด็อนเมษายนและพฤษภาคมนั้น มีจำนวนผู้ป่วยน้อยลงกว่าระดับเฉลี่ยเล็กน้อย

คนงานหล่อหลอมโลหะ (foundry) ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีความร้อนมีรายงานว่ามีการเกิดปวดข้อจากโรครูมาติก (rheumatic) ในอัตราที่ต่ำ การเกิดอาการของหมอนรองกระดูกสันหลังนั้นมีสูง ทั้งนี้อาจจะเป็นตัวบ่งชี้ว่า การปวดที่เนื่องมาจากมีการกดรากประสาท (nerve root pressure) นั้น มีอิทธิพลเหนือกว่าอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ (tissue temperature) ในการศึกษาเกี่ยวกับคนงานหล่อหลอมโลหะอีกอันหนึ่งพบว่า ระดับรังสีความร้อนที่สูงขึ้นนั้นมิได้ทำให้อัตราการเจ็บป่วยหรือการลาป่วยจากโรครูมาติกลดลงเลย

ข้อมูลที่เสนอนี้แสดงให้ทราบว่าความเปียกชื้นและอากาศที่หนาวเย็นอาจทำให้อาการปวดหลังจากโรครูมาติกเลวร้ายลงไป ขณะที่ความร้อนอาจจะลดความเลวร้ายลงไปได้บ้าง ทั้งนี้ดูเหมือนว่าสภาวะภูมิอากาศนั้นไม่ได้มีส่วนที่ทำให้เกิดกระบวนการเสื่อมสภาพ (degenerative process) ในกระดูกสันหลัง (spine) เลย

สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากให้ความสนใจในปัจจัยของท่าทรงตัวในการทำงาน ดังนั้นจึงจะใช้เทคนิค RULA (rapid upper limb assessment) ในการวิเคราะห์ท่าการทรงตัวขณะทำงาน

<u>การศึกษาท่าการทรงตัวขณะทำงานด้วยเทคนิค RULA</u>

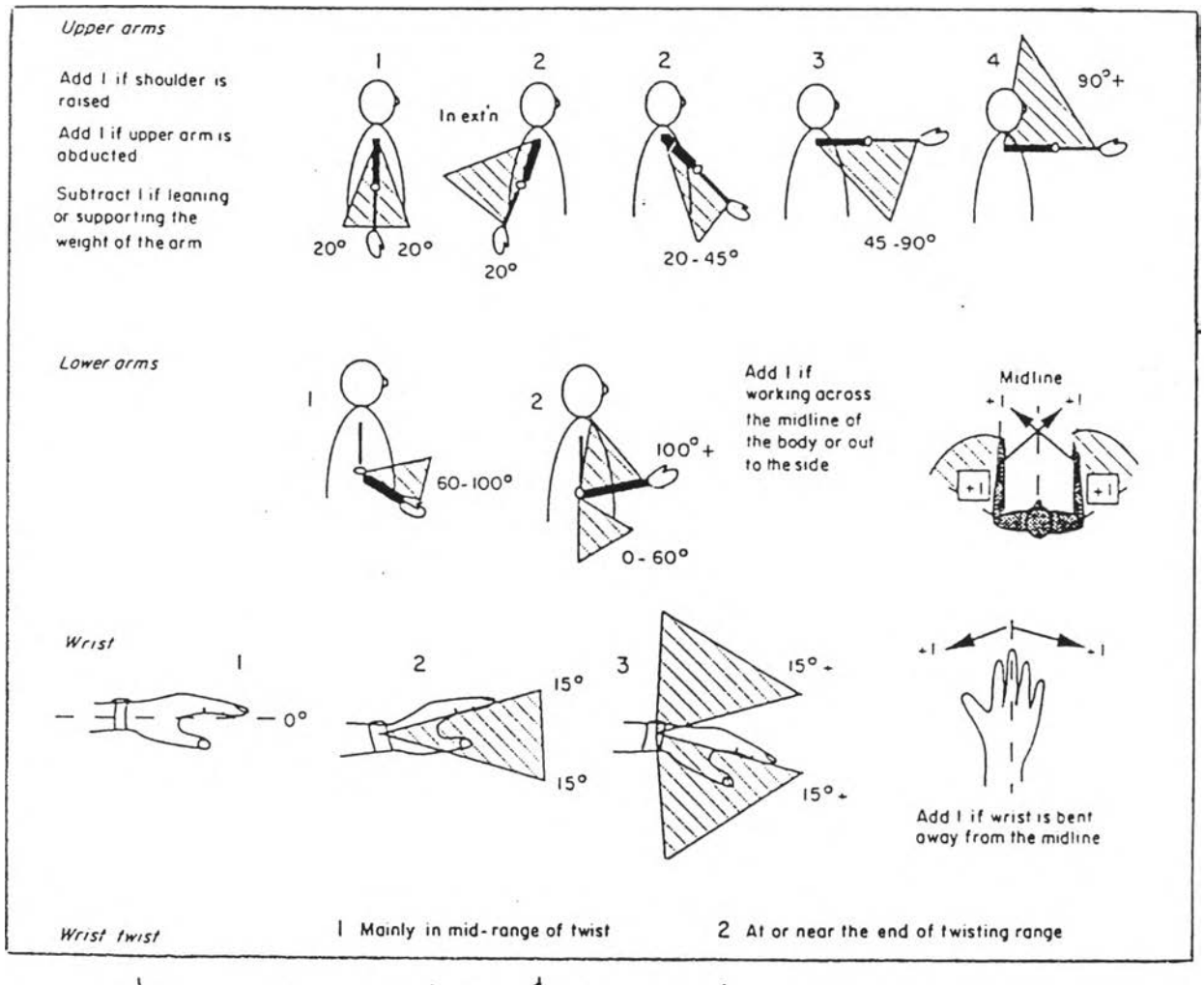
เทคนิค RULA นี้ใช้ในการอธิบายการทำงานที่เกี่ยวกับท่าการทรงตัว แรง และการใช้กล้ามเนื้อของงานที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อกระดูก ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถบันทึกได้เร็วโดยใช้พื้นฐานของเทคนิค OWAS (Ovako working posture analysis system) ซึ่งใช้ในการบันทึกท่าการทรงตัวต่าง ๆ เป็นระบบตัวเลขที่ง่าย รวบรัด และสามารถใช้ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในทางปฏิบัติจะนิยมบันทึกท่าการทรงตัวขณะทำงานด้วยวีดีโอเทป และนำมาเปิดย้อนกลับดูเพื่อบันทึกและประเมินท่าทางเป็นตัวเลขลงในตารางบันทึก

ในการใช้เทคนิค RULA ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้น ดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> การบันทึกท่าการทรงตัวขณะทำงาน

ในขั้นนี้จะแบ่งร่างกายของคนออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม A จะหมายถึงข้อมือและแขน กลุ่ม B หมายถึงคอ ลำตัวและขา โดยให้ช่วงการเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จะประเมินเป็นตัวเลข เช่นหมายเลข 1 หมายถึงการเคลื่อนที่ที่น้อยและมีปัจจัยเสี่ยงน้อยที่สุด และค่าตัวเลขจะมากขึ้นเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่มากขึ้นหรือมีปัจจัยเสี่ยงที่มากขึ้น

กลุ่ม A จากรูปที่ 2.8 แสดงระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนท่อนบน (upper arm) แขนท่อนล่าง (lower arm) และการข้อมือ (wrist) ดังนี้



รูปที่ 2.8 : ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนท่อนบน (upper arm), แขนท่อนล่าง (lower arm) และข้อมือ (wrist) (McAtamney and Corlett, 1993)

แขนท่อนบน (upper arm) โดยระดับคะแนนที่กำหนดในรูปเป็นผลการวิจัยของ Tichauer (1966), Chaffin (1973), Hagberg (1981), Schuldt และคณะ (1987),

Harms-Ringdahl และ Schuldt (1990) โดยแบ่งคะแนนเป็น

* 1 สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 20° กับแนวดิ่ง
* 2 สำหรับการเคลื่อนไหวที่ทำมุมมากกว่า 20° หรือระหว่าง 20° - 45° หรือมีการบิดไปด้านหลัง
* 3 สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 45° - 90°
* 4 สำหรับการเคลื่อนไหวที่ทำมุมมากกว่า 90°

ถ้าไหล่ต้องยกสูงขึ้นให้เพิ่มคะแนนอีก 1

ถ้าแขนท่อนบนมีการบิดให้เพิ่มคะแนนอีก 1

ถ้ามีสิ่งช่วยรับน้ำหนักของแขนให้ลดคะแนนลงอีก 1

แขนท่อนล่าง (lower arm) จากการศึกษาของ Grandjean (1988) และ Tichauer (1966) โดยแบ่งคะแนนเป็น

* 1 สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 60° - 100°
* 2 สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวมุมที่น้อยกว่า 60° หรือมากกว่า 100°

ถ้ามีการเคลื่อนไหวการทำงานที่เอื้อมสลับข้างกันให้เพิ่มคะแนนอีก 1

ข้อมือ (wrist) ซึ่งระดับคะแนนได้กำหนดโดย Health and Safety - Executive (Haig และคณะ, 1990) โดยแบ่งคะแนนเป็น

* 1 ถ้ามีการเคลื่อนไหวปรกติ
* 2 สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 0° - 15° ทั้งการยืดและหักข้อมือ
* 3 สำหรับการเคลื่อนไหวที่มากกว่า 15°

ถ้าข้อมือมีการบิดจากแนวปรกติให้เพิ่มคะแนนอีก 1

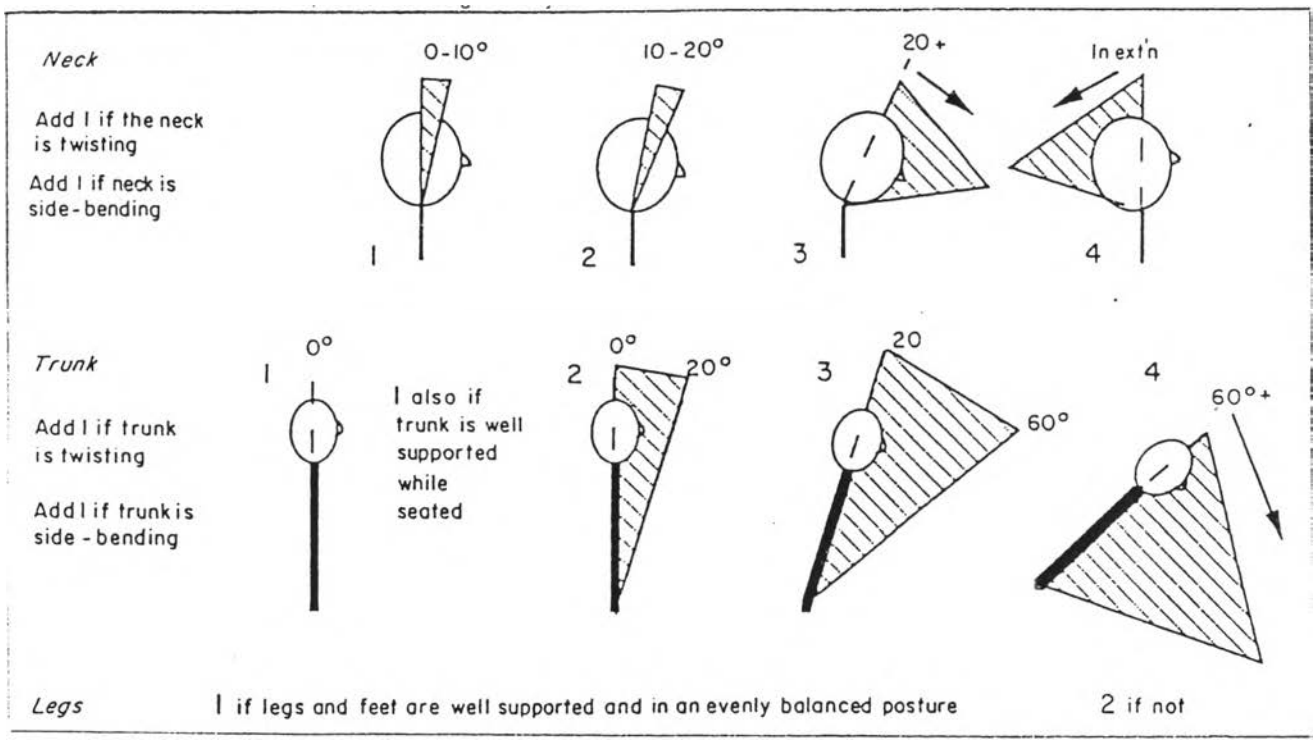
<u>กลุ่ม B</u> จากรูปที่ 2.9 แสดงระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของคอ (neck), ลำตัว และขา

คอ (neck) ซึ่งได้ศึกษาวิจัยโดย Chaffin (1973) และ Kilbom และคณะ (1986) โดยกำหนดคะแนนเป็น

* 1 สำหรับการก้ม 0° - 10°
* 2 สำหรับการก้ม 10° - 20°
* 3 สำหรับการก้ม 20° หรือมากกว่า
* 4 ถ้ามีการเงยไปด้านหลัง

ถ้าคอมีการบิด คะแนนเหล่านี้จะเพิ่มอีก 1 และถ้าคอมีการเอียงไปด้านข้าย

หรือด้านขวาก็จะเพิ่มคะแนนอีก 1



รูปที่ 2.9 : ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของคอ (neck), ลำตัว (trunk) และขา (leg) (McAtamney and Corlett, 1993)

ลำตัว (trunk) จากผลการวิจัยของ Dury (1987) และ Grandjean (1988) โดยกำหนดคะแนนเป็น

* 1 ถ้ามีการนั่งหรือมีอุปกรณ์รับน้ำหนักสะโพกได้เป็นอย่างดี และหลังตรงทำมุม 90°
* 2 ถ้ามีการก้ม 0° - 20°
* 3 ถ้ามีการก้ม 20° - 60°
* 4 ถ้ามีการก้มที่มากกว่า 60°

ถ้าลำตัวมีการบิด คะแนนจะต้องเพิ่มอีก 1 และถ้าลำตัวมีการเอียงไปด้านซ้าย หรือด้านขวา จะต้องเพิ่มคะแนนอีก 1

ขา (leg) แบ่งคะแนนเป็น

* 1 ถ้าขาและเท้ามีการยืนในลักษณะสมดุล หรือมีการรองรับน้ำหนักที่ดี

* 2 ถ้าขาและเท้ามีการรองรับน้ำหนักที่ไม่ดี หรือมีการทรงตัวที่ไม่สมดุล

ในการบันทึกคะแนนท่าการทรงตัว จะใช้วิธีการสังเกตุคนงานโดยทำการบันทึกวีดีโอเทปขณะที่คนงานกำลังปฏิบัติงานหลาย ๆ รอบ เพื่อเลือกงานและท่าการทรงตัวที่สนใจ โดยอาจจะเลือกใช้ท่าการทรงตัวที่มีสัดส่วนมากที่สุดในแต่ละรอบการทำงาน

ขั้นที่ 2 การจัดกลุ่มของการเคลื่อนไหวของร่างกายและคะแนนของท่าการทรงตัว

จากการประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกายในกลุ่ม A และ B จะแสดงระดับของภาระงานของท่าการทรงตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อกระดูก จะมีระดับคะแนนหลายค่า ซึ่งในการจัดกลุ่มนี้จะมีการรวมคะแนนไว้ด้วยกัน โดยการใช้ตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นการจัดลำดับคะแนนโดยใช้หลักของชีวกลศาสตร์ และปัจจัยการทำงานของกล้ามเนื้อ ในแต่ละท่าการทรงตัวจะให้คะแนนจาก 1-9 โดยคะแนน 1 หมายถึงท่าการทรงตัวที่มีภาระต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อกระดูกน้อยที่สุด คะแนนที่แตกต่างกันจะขึ้นกับภาระงานของระบบกล้ามเนื้อกระดูก ซึ่งจะทำให้คะแนนมากขึ้นซึ่งได้รวมเป็นตารางของคะแนนคือ คะแนน A และ คะแนน B

การใช้กล้ามเนื้อและแรงของคะแนน A (muscle use and force scores A) ระบบการให้คะแนนนี้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อรวมกับภาระงานของโครงสร้างกล้ามเนื้อกระดูก ซึ่งเป็นภาระงานของงานสถิตย์ของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ทำงานซ้ำ ๆ และงานที่ต้องใช้แรงเกร็งในการทำงาน คะแนนเหล่านี้ได้ถูกคำนวณสำหรับแต่ละกลุ่มของกลุ่ม A และ B และบันทึกในช่องในตารางที่เหมาะสม หลังจากที่คะแนน A และ B ได้คำนวณจากตารางที่ 1 และ 2 ค่าเหล่านี้จะถูกเพิ่มเข้าไปเป็นค่าใหม่คือคะแนน C และ D ดังที่แสดงข้างล่างนี้

คะแนน A + muscle use and force scores for group A = คะแนน C

คะแนน B + muscle use and force scores for group B = คะแนน D

โดยคะแนนของ muscle use กำหนดให้เพิ่มคะแนนอีก 1

* ถ้างานที่ทำส่วนใหญ่เป็นงานสถิตย์ หรืองานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที
* เป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

คะแนนของ force or load score จากการศึกษาของ Stevenson (1987) กำหนดให้

* 0 ถ้าไม่มีน้ำหนัก หรือ น้ำหนักน้อยกว่า 2 กก.
* 1 กรณีต้องยกน้ำหนัก 2 - 10 กก. ในลักษณะยก/วาง เป็นพัก ๆ

* 2 กรณีต้องยกน้ำหนัก 2 - 10 กก. ในลักษณะเป็นงานสถิตย์ หรือ
กรณีต้องยกน้ำหนัก 2 - 10 กก. เป็นงานซ้ำ

* 3 กรณีต้องยกน้ำหนัก 10 กก. หรือมากกว่าในงานสถิตย์ หรือ
กรณีต้องยกน้ำหนัก 10 กก. หรือมากกว่าในการทำงานซ้ำ ๆ หรือ
กรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

Upper arm	Lower arm	Wrist posture score							
		1		2		3		4	
		W. twist		W. twist		W. twist		W. twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

ตารางที่ 2.1 การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในกลุ่ม A (McAtamney and Corlett, 1993)

Neck posture score	Trunk posture score 1		2		3		4		5		6	
	Legs 1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

ตารางที่ 2.2 การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในกลุ่ม B (McAtamney and Corlett, 1993)

ขั้นที่ 3 การหาค่าคะแนนทั้งหมด และการประเมินผล

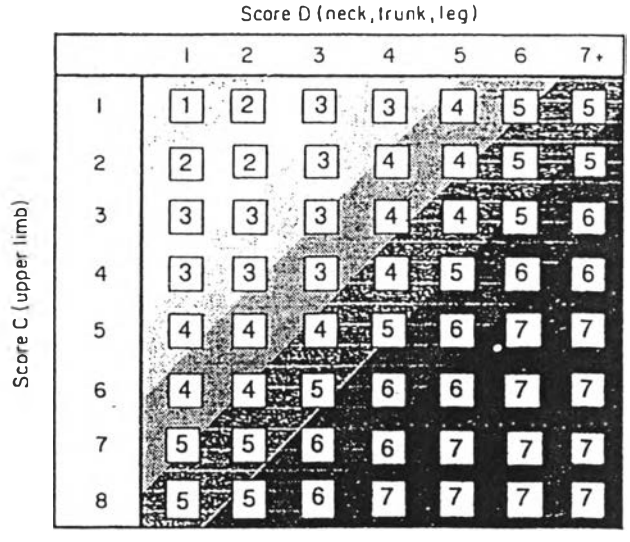
ขั้นที่ 3 ของเทคนิค RULA ใช้พัฒนาในการรวมคะแนน C และ D เข้าเป็นคะแนนเดียวกันซึ่งจะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ในการกำหนดเป็นระดับคะแนน 1-7 ตามความเสี่ยงและการบาดเจ็บของโครงสร้างกล้ามเนื้อกระดูกที่ถูกประเมิน

คะแนน 1-2 หมายถึงค่าที่ยอมรับได้ ถ้าไม่มีการทำงานที่ยาวนานหรือเป็นการทำงานซ้ำซากนาน ๆ

คะแนน 3-4 แสดงว่าการทำงานควรให้ความสนใจ และอาจต้องมีการปรับปรุงการทำงานบางอย่าง

คะแนน 5-6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน

คะแนน 7 ขึ้นไป แสดงว่าต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที



ตารางที่ 2.3 ตารางหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C (ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายกลุ่ม A + muscle use + force score) และคะแนน D (ได้จากการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายกลุ่ม B + muscle use + force score) (McAtamney and Corlett,1993)