

ระบบประสาทการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อในนาฏศิลป์ไทย PROPRIOCEPTIVE SENSE IN THAI CLASSICAL DANCERS

วรินทร์ กฤตยาเกียรณ / WARIN KRITYAKIARANA

สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DIVISION OF PHYSICAL THERAPY, FACULTY OF HEALTH SCIENCE,
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY

บทคัดย่อ

หน้าที่หลักของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมีความสำคัญต่อการทำงานในรายโรค ซึ่งระบบนี้มีการทำงานประสานกันระหว่างระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบประสาท และโครงสร้างโดยรอบเข้าด้วยกัน จากการศึกษาทางกายภาพบำบัดและการออกกำลังกายเพื่อการรักษาได้มีการพิสูจน์แล้วว่า การฝึกฝน หรือการเคลื่อนไหวซ้ำๆ นั้นมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในกรณีที่โครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์ของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ทำงานร่วมกับชีวกลศาสตร์ของร่างกายส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้น ได้มีงานวิจัยพบว่าการฝึกเดิน (บัลเลย์ และแจ๊ส) ส่งผลในทางที่ดีสำหรับการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย และมีการพัฒนาที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการฝึกฝนเพิ่มขึ้น สืบเนื่องจากการรำไทยนั้นเป็นการแสดงออกทางศิลปะที่สวยงาม ที่สมควรที่จะสืบทอดต่อไปให้กับชนรุ่นหลัง ทั้งนี้ประเทศไทยยังขาดข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงวิทยาศาสตร์สุขภาพอีกมากที่จะสนับสนุนถึงผลดีของการรำไทยต่อสุขภาพร่างกายของผู้ที่ได้รับการฝึกฝน ดังนั้น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชี้ให้เห็นถึงผลประโยชน์จากการฝึกรำไทยต่อระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และงานวิจัยที่สอดคล้องมาอธิบาย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยทางด้านนี้ยังคงต้องการพัฒนาอีกมาก เพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนประโยชน์ของการรำไทยในงานวิทยาศาสตร์สุขภาพ

คำสำคัญ : รำไทย นาฏศิลป์ ออกกำลังกาย กายภาพบำบัด

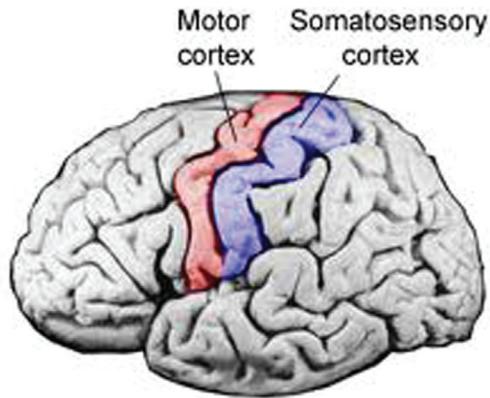
Abstract

Proprioception (or joint position sense) is important for lower extremity function, which involved the association among musculoskeletal system, nervous system and surrounding structures has increased. Since several studies of physical therapy and exercise rehabilitation have been proved that movement training plays several roles in facilitating optimal neuromuscular function when hip, knee and ankle anatomy and biomechanics interact to produce efficient movement. Moreover, studies in dance movement (Ballet dance or Jazz dance) also presented in positive effect in body control and progression of movement in practitioners. Thai Classical Dance is a marvelous performance art and need to be conserved for our next generation. The information in health science and basic science to support the valuable of Thai Classical Dance is amazingly rare. This review article was focusing on the proprioceptive and Thai Classical Dance, which is the integrated information from basic science and research works to explain the possibility of change in training. However, we still need more evidence to support the beneficial effect of Thai Classical Dance in health science.

Keywords : Dance, Movement, Exercise, Physical Therapy

บทนำ

ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก คือ ระบบการนำกระแสประสาท (Nerve impulse) ที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งกระตุ้น หรือสิ่งเร้า (stimulus) ตัวอย่างเช่น แรงกด หรือการสัมผัส ซึ่งเป็นพลังงานกระตุ้นรูปต่างๆ โดยสิ่งเร้าเหล่านี้จะกระตุ้นผ่านตัวรับรู้ความรู้สึก (sensory receptor) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบประสาท ที่ทำหน้าที่สำคัญในการรับข้อมูล และเปลี่ยนพลังงานกระตุ้นในรูปแบบต่างๆ ให้เป็นกระแสประสาท นำไปสู่ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก หรือสมองส่วนรับรู้ความรู้สึก (primary sensory area) ซึ่งมีตำแหน่งเฉพาะในสมอง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 : ภาพแสดงสมองส่วนสั่งการ (Primary motor area หรือ Motor cortex หรือ Precentral gyrus) และสมองส่วนรับความรู้สึก (Primary sensory area หรือ Somatosensory cortex หรือ Postcentral gyrus)
ที่มา : <http://scienceblogs.com/thoughtfulanimal/2010/07/01/zombies-ate-my-brain/>

ระบบประสาทรับความรู้สึกแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ ระบบรับความรู้สึกทั่วไป (General sensory system) ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากผิวหนัง กล้ามเนื้อ และข้อต่อทั่วร่างกาย อีกหนึ่งกลุ่มได้แก่ระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษ (Special sensory system) ได้แก่ ระบบรับความรู้สึกที่มีเส้นประสาทสมองเป็นตัวนำสัญญาณความรู้สึกจากอวัยวะรับความรู้สึกพิเศษ เช่น การได้รรับกลิ่น และการมองเห็น เป็นต้น

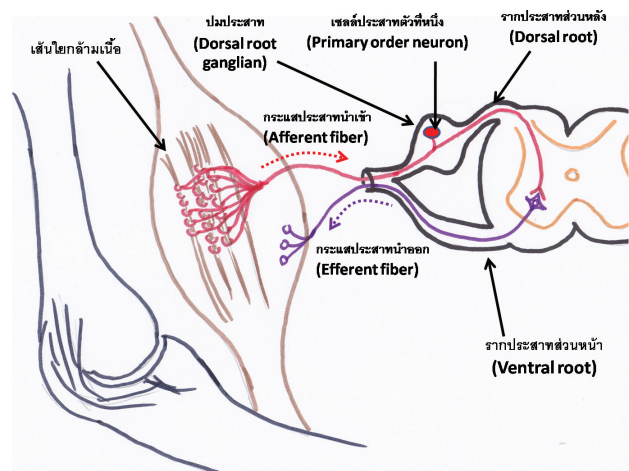
ในการรำ ทั้งขณะฝึกซ้อม และในขณะที่มีการแสดงบนเวที นักบัลเล่ตไทยต้องมีการควบคุมท่าทางในขณะที่มีการเคลื่อนไหวและทรงท่า (อยู่นิ่ง ; โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยืนขาเดียว) เพื่อให้เกิดความสวยงามในการเคลื่อนไหวนั้น ระดับความสูงของแขน ความแม่นยำของการก้าวขา หรือการเคลื่อนไหวของนักบัลเล่ตไทยมีความจำเป็นอย่างมากในการแสดง ยกตัวอย่างเช่น ทรายค์แขนของนักบัลเล่ตไทยมีการเคลื่อนไหว โดยไม่ต้องอาศัยการมอง แต่นักบัลเล่ตไทยยังสามารถที่จะยกขึ้นมาได้ในระดับที่เหมาะสม และอยู่ในทิศทางเดียวกัน และมีความสูงในระดับที่ใกล้เคียงกันของนักบัลเล่ตไทยทุก คน เป็นต้น การทำงานของทรายค์แขน หรือขาในรูปแบบนี้ต้องอาศัยระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ (Proprioceptive sense) เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ สอดคล้อง และสวยงาม คำว่า “Proprioception” มาจากภาษาละติน แปลว่า “ของตนเอง” โดยประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ หมายถึงความสามารถของข้อต่อในการที่จะจดจำท่าทางหรือตำแหน่งของข้อต่อได้โดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกอื่นๆ ประสาทรับรู้ความรู้สึกชนิดนี้จะช่วยให้นักบัลเล่ตไทยสามารถควบคุมให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบ (smooth movement) และมีความแม่นยำในการเคลื่อนไหว [1], [2] เช่นนักบัลเล่ตไทย 10 คน แสดงบนเวทีโดยไม่มีการชนกันระหว่างนักบัลเล่ตไทยเอง ถ้านักบัลเล่ตไทยไม่มีระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อที่ดีแล้ว นักบัลเล่ตไทยต้องอาศัยความตั้งใจ หรือความพยายามมากขึ้น นอกจากนั้น ยังต้องอาศัยการมอง ซึ่งเป็นระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกที่สำคัญเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบและไม่ชนกันเอง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อนั้นไม่เพียงแต่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวที่แม่นยำแล้ว ยังมีความสำคัญต่อความอ่อนช้อยสวยงามในการแสดงร่วมด้วย ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อ

นักบัลเล่ตไทยอย่างยิ่ง หรือเราอาจเปรียบได้กับการเคลื่อนไหวของคนทั่วไป เช่น การเดินถือชามน้ำแกงร้อนของพนักงานเสิร์ฟอาหารพบว่าพนักงานเสิร์ฟอาหารมีความเคยชิน หรือมีประสบการณ์จะสามารถถือชามน้ำแกงร้อนมือเดียวโดยไม่ต้องอาศัยสายตามองที่มือมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับพนักงานเสิร์ฟใหม่

การศึกษาวิจัยทางประสาทสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับนักบัลเล่ตไทยนั้นยังมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตาม ผู้เขียนได้รวบรวมคำอธิบาย โดยอาศัยหลักพื้นฐานทางประสาทวิทยาศาสตร์ และการศึกษาที่สามารถเทียบเคียงได้เพื่อชี้ให้นักบัลเล่ตไทยตระหนักถึงความจำเป็นและความสำคัญของงานวิจัยในแง่มุมนี้ ดังนั้นบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อให้กับนักบัลเล่ตไทย และผู้สนใจได้รู้จักรวมถึงเข้าใจในกระบวนการทำงาน รวมถึงเพื่อนำให้เห็นถึงความสำคัญระหว่างระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ และการรำไทย

กลไกการทำงานของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ

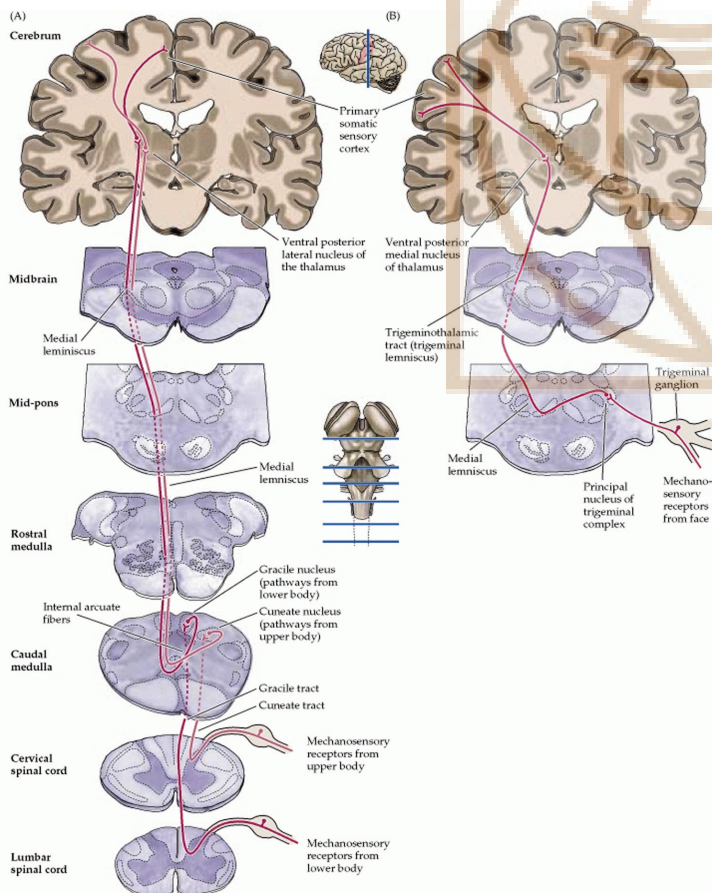
ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายดังที่ได้กล่าวในข้างต้น ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกชนิดนี้ไม่เพียงแต่มีส่วนช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกายเท่านั้น ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกชนิดนี้ยังมีส่วนในการรับรู้ความรู้สึกจากการเปลี่ยนแปลงความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tone) และมีส่วนสำคัญในการควบคุมสมดุลการเคลื่อนไหว (Balance of movement) หรือการทรงท่าของร่างกาย (Postural Balance) [3], [4] โดยตัวรับรู้ความรู้สึก (receptors) ของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nerve system) จะวางตัวอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อของร่างกาย ได้แก่กล้ามเนื้อ (Muscles), เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ (Fascia), เอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon), เอ็นยึดข้อต่อ (Ligament), เยื่อหุ้มข้อต่อ (Joint capsule) และส่วนของผิวหนัง เป็นต้น (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 : ภาพแสดงวงจรรีฟลักซ์ที่ควบคุมความตึงตัวของกล้ามเนื้อลายเพื่อควบคุมการทรงตัว และแสดงตัวรับรู้ความรู้สึก และเส้นประสาทที่เกี่ยวข้องในระดับไขสันหลัง [5]

ที่มา : ปรับจาก Kandel, E.R., Schwartz, J.H. and Jessell, T.M, ed. Principles of neural Science. 4th ed. 2000, McGraw-Hill.

ตัวรับความรู้สึกของข้อต่อจะรับกระแสประสาทผ่านทางเส้นประสาทนำเข้า (afferent fibers) ซึ่งสามารถถูกกระตุ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือความยาวของเนื้อเยื่อร่างกายดังกล่าวข้างต้น ทั้งที่เป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของปริมาณแรงกด (pressure) หรือแรงตึง (tension) (ยกตัวอย่างเช่น การยืด หรือแรงสัมผัสเพียงเล็กน้อย) รวมถึงความเร็ว หรืออัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย นอกจากนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือความยาวของเนื้อเยื่อร่างกาย ข้อมูลที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผ่านตัวรับความรู้สึกจะเกิดการแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณกระแสประสาทส่งผ่านไปตามเส้นทางการนำประสาทนำเข้า (afferent pathway) หลังจากนั้นจะส่งกระแสประสาทต่อไปโดย ส่งเข้าสู่เซลล์ประสาทตัวแรก (primary sensory neuron) ที่บริเวณรากปมประสาทด้านหลัง (dorsal root ganglia) ซึ่งเซลล์ประสาทตัวแรกนี้จะส่งเส้นประสาทยื่นเข้าไปในไขสันหลังทางด้านหลัง (dorsal horn) และส่งกระแสประสาทต่อขึ้นไปยังสมองส่วนต้น (subcortical part) รวมถึงสมองส่วนรับรู้ความรู้สึก โดยมีเส้นประสาทรับรู้ความรู้สึกมากมายหลายส่วนที่รับข้อมูลในเรื่องประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงวิธีการนำกระแสประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อจากตัวรับความรู้สึกของข้อต่อผ่านเข้าสู่ไขสันหลังและส่งวิธีประสาทขึ้นสู่สมองส่วนรับรู้ความรู้สึก

ที่มา : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11142/figure/A636/?report=objectonly>

ขณะที่ตั้งใจเคลื่อนไหวหรือที่เรียกว่า “ระดับรู้สติ” (Conscious sense) และขณะที่เคลื่อนไหวโดยที่เราไม่ได้ให้ความสนใจกับข้อต่อนั้นๆ หรือที่เรียกว่า “ระดับไม่รู้สติ” (Non-conscious sense) [6] ล้วนส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายเราทั้งสิ้น เนื่องจากส่วนควบคุมการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ โดยเฉพาะในส่วนของระดับไม่รู้สตินั้นมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวโดยที่เราไม่ได้ให้ความสนใจหรือใส่ใจกับการเคลื่อนไหวนั้น โดยการทำงานประสานกันของระบบประสาท-กล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ร่วมด้วย [7], [8], [9] ดังนั้น จึงอธิบายได้ว่าทำไมนักวชิรศิลป์ไทยถึงสามารถทำได้โดยไม่ต้องสังเกตมือ แขน หรือขาไปตลอดระยะเวลาที่แสดงบนเวที ยกตัวอย่างเช่น นักวชิรศิลป์สามารถรำบนเวทีที่มีแสงไฟสลัว โดยสามารถก้าวทำไป-กลับได้โดยไม่ต้องอาศัยสายตาช่วย ทั้งนี้เราสามารถกล่าวได้ว่ากล้ามเนื้อหน้าขา (Quadriceps muscles) และกล้ามเนื้อหลังขา (Hamstrings muscles) มีความสามารถรับรู้ว่าจะต้องหดตัว-คลายตัวในเวลาใดจึงเหมาะสมเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำและสามารถรับรู้ว่าจะควรที่จะเกร็งกล้ามเนื้อค้างในมุมหรือจังหวะใดเพื่อเป็นการสร้างความมั่นคงรอบข้อเข่าในขณะที่ยืนย่อเข้าหาเดียว จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถบอกได้ว่าเมื่อนักวชิรศิลป์ไทยไม่มี หรือขาดระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมาช่วยในการเคลื่อนไหว นักวชิรศิลป์คงไม่สามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ และเหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาและทำนองขณะที่นักวชิรศิลป์กำลังแสดงบนเวที หรือฝึกซ้อมที่สำคัญกว่านั้นคืออัตราการเกิดการบาดเจ็บย่อมมีแนวโน้มสูงขึ้นได้เมื่อระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมีความผิดพลาด [10], [11], [12] หรือการใช้พลังงานในการทำงาน (Cognitive energy) ของร่างกายจะเพิ่มขึ้นด้วย [13], [14], [15]

ระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อมีความสำคัญต่อนักวชิรศิลป์อย่างไร

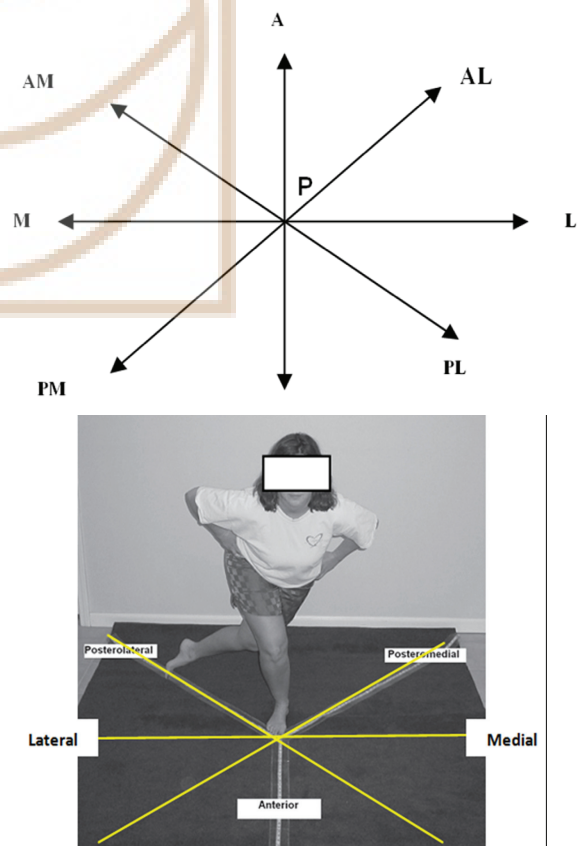
ในการฝึกซ้อมโดยครูเพลง หรือครูผู้สอนกระบวนการฝึกฝนที่สำคัญได้แก่ การสังเกตการเคลื่อนไหว การฟังทำนอง การนับจังหวะ การจับจังหวะ และการที่ครูผู้สอนให้ข้อมูลกับนักวชิรศิลป์ผ่านทางสัมผัสโดยตรง หรือการตีชมในขณะที่มีการฝึกซ้อม (Direct feedback) ซึ่งกระบวนการสอนเหล่านี้ได้รับการสืบทอดทางวัฒนธรรมมาช้านาน ในคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการสอนดังกล่าวข้างต้นนับเป็นการให้ข้อมูล (Input information) เข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้-ความจำ (Learning and memory) ผ่านทางระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก (ทั้งการมองเห็น การสัมผัส และการรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกายโดยการแนะนำจากครู) [14] โดยนักวชิรศิลป์ไม่เพียงแต่เรียนรู้ท่าทางการเคลื่อนไหวเท่านั้นยังเป็นการเรียนรู้โดยการสังเกตกระบวนการเคลื่อนไหวหรือการได้รับข้อมูลว่ามีความผิดพลาดในส่วนใดจากครูผู้ฝึกจากคำตีชม การสัมผัส การจัดตำแหน่งร่างกายให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งนับว่าเป็นการเรียนรู้ที่สำคัญ การที่ครูผู้ฝึกได้แสดงการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องในห้องเรียน เหล่านักวชิรศิลป์ไม่เพียงแต่ได้รับข้อมูลเข้าผ่านทางสายตาเท่านั้น ยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเก็บข้อมูลเหล่านั้นไว้ภายใน (Internal) ซึ่งเป็นส่วนที่ซับซ้อนของระบบประสาทส่วนกลางและมีความจำเป็นต่อระบบ

การเรียนรู้ ความจำที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้การเคลื่อนไหวของร่างกาย (Motor learning) ที่ถูกต้อง ซึ่งการฝึกซ้อมและการกระตุ้นให้ระบบประสาทรับรู้สื่อนี้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย การที่มีความเร็วในการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ดี แม่นยำ และเป็นการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสิ่งต่างๆ เหล่านี้สามารถสร้างได้ หรือพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝนซ้ำๆ หรือให้มีการเคลื่อนไหวในรูปแบบนั้นซ้ำๆ ที่สำคัญคือ ต้องเป็นการเคลื่อนไหวซ้ำๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (หรือเป็นการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง และเหมาะสม) [16]

เมื่อไหร่ที่นักกีฬามีปัญหาคือจะต้องได้รับการฝึกฝนทางด้านการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ

ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นว่า ความผิดปกติที่เกิดขึ้นของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่ออาจส่งผลต่อการบาดเจ็บได้ ที่สำคัญไปกว่านั้นคือนักกีฬามีความเข้าใจ และให้ความสำคัญต่อการประเมินตนเองของในเรื่องการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่ออย่างมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่เคยมีใครให้ความสำคัญ และสนใจในเรื่องนี้มาก่อน ทั้งนี้ไม่เพียงแต่นักกีฬามีความเข้าใจเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อเท่านั้น ยังกล่าวรวมถึงการแสดงในรูปแบบอื่นๆ ด้วยเช่น บัลเล่ย์ หรือการเต้นแจ๊ส ผู้เขียนมีความเห็นว่าการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกชนิดนี้มีความจำเป็น และสำคัญต่อการแสดงเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถกระตุ้นเตือนให้นักกีฬามีความเข้าใจ และตระหนักถึงการระวัง ป้องกันตนเองขณะที่ทำการฝึกซ้อม หรือแสดง โดยผู้เขียนขอเสนอแนะวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่ออย่างง่ายซึ่งประกอบด้วย การทดสอบความสามารถในการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อขณะอยู่กับที่ (Static joint position sense) โดยให้นักกีฬามี (ผู้ถูกทดสอบ) นิ่งเก้าอี้ในท่าที่สบาย เท้าลอยพ้นพื้น (กรณีที่ต้องการทดสอบทรงตัว) และปิดตาในขณะที่ทำการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบขยับร่างกาย หรือแขนขาที่ต้องการทดสอบไปในอากาศ และให้ผู้ทดสอบขยับร่างกายด้านตรงข้ามให้เป็นเช่นเดียวกับร่างกายที่ถูกขยับไป อีกการทดสอบได้แก่ การทดสอบความสามารถในการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อขณะที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic joint position sense) ให้นักกีฬามี (ผู้ถูกทดสอบ) นิ่งเก้าอี้ในท่าที่สบาย เท้าลอยพ้นพื้น (กรณีที่ต้องการทดสอบทรงตัว) และปิดตาในขณะที่ทำการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบขยับนิ้วโป้งเท้า (ในรูปแบบขึ้นหรือลง) และให้ผู้ทดสอบตอบว่าข้อต่อนั้นขยับขึ้นหรือลง เมื่อสังเกตวิธีการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อนักกีฬามีอาจกล่าวว่าเป็นการประเมินที่ง่าย และบางครั้งอาจไม่สามารถแยกความแตกต่าง หรือความผิดปกติของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม เมื่อนักกีฬามีเกิดความผิดปกติของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อแล้วสามารถที่จะเพิ่มแนวโน้มหรือเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการบาดเจ็บได้ และจะเป็นผลต่อการฝึกซ้อมรวมถึงการแสดงในที่สุด

นอกจากวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของข้อต่ออย่างง่ายที่ได้นำเสนอในข้างต้นแล้ว ในทางทฤษฎีนักกีฬามีแนวโน้มที่จะได้รับการตรวจประเมินอย่างหยาบของระบบการควบคุมสมดุล การทรงตัวของร่างกาย (Balance screen) โดยนักกายภาพบำบัด หรืออย่างน้อยที่สุดนักกีฬามีแนวโน้มที่จะสามารถยืนบนขาข้างเดียว และหลับตาได้นานประมาณ 30 วินาที และเพิ่มความยากด้วยการยืนขาเดียว หลับตาบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน ได้แก่ บนแผ่นฟองน้ำสำหรับทดสอบ (Foam pad) บนพรม บนกระดานทดสอบการทรงตัว (Balance board) หรือ บนกระดานหมุน (Rocker board) หรืออาจเพิ่มความยากเพิ่มมากขึ้นด้วยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางเท้าทั้ง 2 ข้าง เพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนฐานการรองรับน้ำหนักตัว (Base of support) ของร่างกาย เช่น การยืนเท้าสองข้างขนานกัน (ห่างกันพอประมาณ) การยืนเท้าสองข้างชิดกัน เป็นต้น นอกจากนี้ การทดสอบความสามารถในการควบคุมสมดุลด้านการทรงตัวของร่างกายที่นิยมใช้ในการกีฬาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับนักกีฬามีได้ เช่น การทดสอบความสามารถในการควบคุมความมั่นคงของร่างกายขณะที่มีการเคลื่อนไหว ด้วยวิธีการก้าวเท้าหลายทิศทาง (Star excursion balance test, SEBT) โดยให้นักกีฬามียืนอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง และให้มีการเคลื่อนไหวของร่างกายข้างที่ยกอยู่ให้มีการเคลื่อนไหวอย่างเป็นอิสระ ในทิศทางที่กำหนด 8 ทิศทาง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงการทดสอบด้วยวิธีการก้าวเท้าหลายทิศทาง (Star excursion balance test, SEBT) [34]

ที่มา : Plisky, P.J., et al., Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. J Orthop Sports Phys Ther, 2006. 36(12): p. 911-9.

การทดสอบด้วยการยืนอยู่กับที่ในท่ายืนต่อเท้า (Static standing tests with tandem) รวมกับการหลับตา หรืออาจพัฒนาความยากเป็นการเดินต่อเท้า (Waling heel-to-toe, tandem walk) โดยนักศิลปนิพนธ์เดินได้ประมาณ 3 ถึง 6 เมตร นอกจากนี้ ยังมีการเดินด้วยความเร็วที่แตกต่างกันร่วมกับการทำกิจกรรมอื่นร่วมด้วย (เช่นการนับเลขย้อนหลังจาก 100 ไปหาเลข 0 โดยให้ลดตัวเลขลงทีละ 3 หรือให้ถือแก้วน้ำที่เต็มแก้วเดินไม่ให้หก) อย่างไรก็ตาม การประเมินความสามารถของระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ และการทรงตัวที่ดีที่สุดที่สุดในขณะนี้ที่เป็นที่ยอมรับ และใช้มากในต่างประเทศได้แก่ การทดสอบองค์ประกอบของระบบประสาทรับความรู้สึก และการทรงตัว (Sensory organization and balance test)



Sensory Organization Test

ภาพที่ 5 ภาพแสดงเครื่องมือในการทดสอบองค์ประกอบของระบบประสาทรับความรู้สึก และการทรงตัว (Sensory organization and balance test) โดยมีการประเมินตัวรับกระแสประสาทรับความรู้สึกที่ต่างกัน
ที่มา : <http://www.onbalance.com/products/Balance-Master/detail.php>

การทดสอบนี้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ซึ่งมีราคาแพง การทดสอบด้วยเครื่องดังกล่าวนี้จะทดสอบในสภาวะที่แตกต่างกัน 6 สภาวะเพื่อเป็นการแยก หรือจำแนกความผิดปกติที่สามารถเกิดได้จาก ระบบการมองเห็น (Visual system) ระบบการทรงตัวของหูชั้นใน (Vestibular system) และระบบรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory system) โดยระบบสุดท้ายนี้จะเป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ ข้อต่อ และผิวหนัง ซึ่งเป็นส่วนของการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ดังที่ได้กล่าวข้างต้นว่าการทดสอบด้วยวิธีการเหล่านี้ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงค่าที่สามารถตรวจพบได้ในนักศิลปนิพนธ์ไทยมาก่อน ซึ่งผู้เขียนมีความเห็นว่าการทดสอบนี้นักศิลปนิพนธ์ที่จะให้ความสำคัญ เนื่องจากในการเคลื่อนไหวในขณะที่ข้อหรือแสดงนั้นความแม่นยำในการวางตำแหน่งของเท้า รวมถึงการยืนรับน้ำหนักตัวด้วยขาเพียงข้างเดียวเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ ในกรณีที่มีความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึกดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเกิดการบาดเจ็บได้ในอนาคต ดังนั้น งานวิจัยที่สัมพันธ์กับการวัดค่าเหล่านี้จึงควรที่จะได้รับการสนับสนุนอย่างมากในอนาคต

ข้อแนะนำเมื่อนักศิลปนิพนธ์ได้รับบาดเจ็บหรือเกิดความผิดปกติของระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ

ดังที่ได้กล่าวในข้างต้นว่าการรับรู้ตำแหน่งของร่างกายในขณะที่นักศิลปนิพนธ์มีการเคลื่อนไหว เช่นการตั้งวง (ของแขน) การจับปรักหน้า การยวบย่อ เป็นต้น ล้วนมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของนักศิลปนิพนธ์ทั้งสิ้น ดังนั้น เมื่อเกิดความผิดปกติที่มาจาก การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อผิดปกติ เช่น การเกิดข้อเท้าแพลง (ankle sprain) หรือเกิดความผิดปกติของข้อเข่า และข้อสะโพกย่อมส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย รวมถึงส่งผลกระทบต่อความมั่นคง ในการทรงตัว การเคลื่อนไหว มีงานวิจัยมากมายที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของข้อเท้าแพลงต่อการทรงตัว การเคลื่อนไหว และการทำงานของร่างกาย (ทั้งในกลุ่มนักกีฬา และกลุ่มคนทั่วไป) พบว่าผลการปรับเปลี่ยนแนวโครงสร้าง (alignment) ของร่างกายสามารถส่งผลกระทบต่อเกิดการข้อเท้าแพลง และสองเหตุการณ์นี้สามารถเกิดในทางกลับกันกล่าวคือการเกิดข้อเท้าแพลงสามารถทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนแนวโครงสร้างของร่างกายเช่นกัน [17], [18], [19] นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อ และส่งผลกระทบต่อควบคุมการสั่งการของระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) ในการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมแม่นยำ [20], [21], [22]

นอกจากสภาพด้านร่างกายที่เกิดขึ้นภายหลังการได้รับบาดเจ็บของข้อเท้าแล้ว สภาวะจิตใจก็สามารถได้รับผลกระทบเช่นกัน [23], [24] ซึ่งนับว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากประการหนึ่งตัวอย่างเช่น นักศิลปนิพนธ์บางคนที่ได้รับการบาดเจ็บของข้อเท้าและได้รับการรักษาทางกายภาพบำบัด (แม้ว่าสภาพร่างกายจะพร้อม) แต่นักศิลปนิพนธ์บางคนยังไม่กล้า หรือไม่พร้อมที่จะกลับไปแสดงเนื่องจากการขาดความเชื่อมั่น (Lack of confidence) ในการเคลื่อนไหว

และกลัวว่าจะเกิดการบาดเจ็บซ้ำอีก [24] และเมื่อเราพิจารณาถึงระบบประสาทของร่างกายคนเรานั้น โดยปกติแล้วจะประกอบด้วยระบบประสาทส่วนกลาง (ได้แก่สมอง และไขสันหลัง) และระบบประสาทส่วนปลาย (ได้แก่เส้นประสาทที่ส่ง-รับข้อมูล ไป-กลับจากกล้ามเนื้อ) โดยพบว่าเมื่อระบบประสาทส่วนปลายได้รับบาดเจ็บสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนปลายทั้งไป และกลับ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการแปลข้อมูลที่เกิดผลของระบบประสาทส่วนกลาง และส่งผลให้ญาติคลิปปินเกิดการบาดเจ็บซ้ำ [25]

ในทางประสาทวิทยาศาสตร์ ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วยสมอง (Brain) และไขสันหลัง (Spinal cord) โดยสมองนั้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ สมองใหญ่ (Cerebrum) ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุด และทำหน้าที่หลักในเรื่องการเคลื่อนไหว และความคิดวิเคราะห์ ส่วนที่สองได้แก่ สมองน้อย (Cerebellum) ซึ่งมีส่วนสำคัญในเรื่องของการควบคุมการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบรื่นและให้มีการประสานสัมพันธ์ (Co-ordination) ที่ดีระหว่างข้อต่อต่างๆ ในร่างกาย ส่วนที่สามได้แก่ ระบบประสาทการควบคุมอารมณ์ และความรู้สึก (Limbic System) และส่วนสุดท้ายได้แก่ ก้านสมอง (Brain Stem) ซึ่งสามารถแบ่งก้านสมองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) สมองส่วนกลาง (Midbrain หรือ Mesencephalon) มีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบ (Smooth movement) นอกจากนั้นยังมีส่วนควบคุมอารมณ์ ความรู้สึกในความพึงพอใจ เป็นต้น (2) สมองส่วนพอนส์ (Pons) เป็นเหมือนสถานีกลางที่เชื่อมระหว่างสมองใหญ่ และสมองน้อย โดยทำหน้าที่เป็นทางผ่านของกระแสประสาทรับความรู้สึกเข้าจากไขสันหลัง ไปยังสมองทั้งสองส่วน นอกจากนั้น ยังเป็นศูนย์กลางในการควบคุมการหายใจด้วย และ (3) เมดูลลาออบลองกาตา (Medulla Oblongata) ทำหน้าที่หลักในการควบคุมกล้ามเนื้อหายใจ [6]

จากการรวบรวมข้อมูลในการให้การรักษาทันทีทางกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บทางการกีฬา และการเดินสามารถสรุปได้ว่าการรักษา และการฟื้นฟูที่สำคัญควรเน้นการรักษา และการออกกำลังกายเพื่อฝึกประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ (ที่เป็นระบบประสาทส่วนปลาย) และระบบประสาทส่วนกลางให้สัมพันธ์กัน ใน 3 ระดับ (1) ระดับวงจรการตอบสนองอัตโนมัติ (Reflex level) [26] หรือระดับไขสันหลัง (2) ระดับก้านสมอง และ (3) ระบบสมองใหญ่ โดยเมื่อนักคลิปปินที่ได้รับบาดเจ็บไปพบนักกายภาพบำบัดเพื่อทำการรักษา และฟื้นฟูในปัญหาข้อเท้าแพลง ในระดับวงจรการตอบสนองอัตโนมัติพบว่า (1) นักกายภาพบำบัด จะให้การดูแลรักษาในส่วนข้อเท้าที่ได้รับบาดเจ็บ โดยอาศัยหลักการทางกายภาพบำบัด และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับกายภาพบำบัด เช่น การรักษาด้วยความร้อน-ความเย็น การรักษาด้วยคลื่นเหนือเสียง หรือการขยับเคลื่อนไหวข้อเท้าร่างกาย เป็นต้น ซึ่งขึ้นกับพยาธิสภาพ ความรุนแรง และปัญหาที่ตรวจพบ (2) การรักษา โดยเน้นที่การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (Joint position sense) และการฝึกการประสานงานของกล้ามเนื้อ (Muscular co-activation)

โดยรอบข้อต่อเพื่อเพิ่มความมั่นคง (Stabilization) ตัวอย่างเช่น การยืนทรงตัวด้วยบนขา (ข้างเดียว) ที่ได้รับบาดเจ็บ และ (3) การฝึกการระดมคำสั่งจากเซลล์ประสาทในการทำงาน และการประสานงานของประสาทสั่งการ และประสาทรับความรู้สึก ด้วยการปรับเปลี่ยนจำนวนครั้ง และความเร็วในการฝึก เพื่อกระตุ้นตัวรับเชิงกล (Mechanoreceptor) ให้ข้อเท้าสามารถที่จะทำงานได้รวดเร็ว แม่นยำ และเหมาะสมทั้งทางด้านทิศทางการเคลื่อนไหว รวมถึงการทำงานที่เหมาะสมกับสภาวะ หรือสถานการณ์ต่างๆ กันไป

ในส่วนถัดมาได้แก่ การทำงานของก้านสมองพบว่าสมองส่วนนี้จะทำงานร่วมกับระบบการทรงตัว (Vestibular), การมองเห็น หรือการรับภาพ (Visual) และการรับประสาทสัมผัสทางกาย (Somatosensory) ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากตัวรับความรู้สึกเหล่านี้ จะช่วยในการส่งเสริมให้เกิดการทรงตัว หรือการทรงตัว รวมถึงการรักษาสมดุลของร่างกายที่ดี มีการศึกษาในเรื่องการฝึกความสามารถในการทรงตัวด้วยโปรแกรมการฝึกผ่านทางระบบประสาท-กล้ามเนื้อ ได้แก่การฝึกยืนบนกระดานฝึกการทรงตัว ยืนบนเตียงกระโดด (mini-trampoline) พบว่าการฝึกด้วยวิธีดังกล่าวสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของร่างกายในนักกีฬาและในคนทั่วไปได้ นอกจากนั้นมีการศึกษาในนักเต้นบัลเล่ย์พบว่า การฝึกซ้อมเต้นเป็นเวลานานสามารถส่งผลกระทบต่อพัฒนาหรือปรับความสามารถในการทรงตัว การรักษาสมดุลผ่านทางระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อได้ ดังนั้น ในวัตถุประสงค์หลักในการฟื้นฟูนักคลิปปิน นักแสดง หรือนักเต้นส่วนใหญ่จึงให้ความสำคัญกับการฝึกประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ เพื่อส่งเสริมให้สามารถกลับไปฝึกซ้อมและแสดงได้เร็วและดีที่สุด รวมถึงเป็นการป้องกันการเกิดการบาดเจ็บในนักคลิปปินที่สามารถเกิดตามมาภายหลังร่วมด้วย จากพื้นฐานความเข้าใจทางประสาทวิทยาศาสตร์ และการออกกำลังกายเพื่อการรักษานั้นทำให้เราทราบว่า การฝึกประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อนั้นสามารถที่จะพัฒนาความมั่นคงในการทรงตัว การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ การเคลื่อนไหว และเวลาในการตอบสนองต่อการเคลื่อนไหว (Reaction time) กำลัง และความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อ [27] ดังนั้น ในการประยุกต์การรักษาด้วยการกระตุ้นระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อผ่านทางกายภาพบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพบำบัดหรือโดยการเดินนั้นสมควรเป็นอีกทางเลือกของการรักษาในกรณีที่เกิดความผิดปกติของระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่เหมาะสมกับการรักษาด้วยวิธีนี้ยังมีน้อยในงานที่สัมพันธ์กับการเดิน โดยเฉพาะงานที่เป็น การรำไทยนั้น ยังไม่มีการศึกษามาก่อนผู้เขียนจึงมีความเห็นว่าการศึกษาค้นคว้าของการรำไทยต่อระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อนี้ยังต้องการข้อมูลและงานวิจัยสนับสนุนอีกมาก

ความเป็นไปได้ในการประยุกต์รำไทยมาใช้ในการฝึก ระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ

ตัววัดหรือสิ่งที่สามารถบอกได้ถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้นักคลิปปินของไทยเพื่อฝึกฝนระบบประสาทรับความรู้สึก

ของข้อต่อนั้นได้แก่ การที่นาฏศิลป์ประยุกต์เอาสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้ฝึกฝน รวมถึงการปรับแก้ไขการเคลื่อนไหวด้วยตนเอง ซึ่งเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลดี และแสดงให้เห็นถึงการเกิดการวางแผน (Motor planning) การควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control) และการควบคุมความมั่นคงของท่าทาง (Postural stability) โดยนาฏศิลป์จะต้องมีความสามารถในการควบคุม หรือพัฒนาข้อมูลจากการเรียนรู้ ฝึกฝน จนออกมาเป็นการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม แม่นยำที่ดี แสดงว่านาฏศิลป์ได้ผลักดันเครื่องจักร (ซึ่งในที่นี้ได้แก่ร่างกาย) ให้เกิดการประสานงานกันผ่านกระบวนการข้างต้นได้ดีกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึกฝน หรือเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีพหุปัญญา (Theory of Multiple Intelligences) [28, 29] ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงความสามารถพิเศษที่มากกว่าเรื่องของภาษา ตรรกศาสตร์ คณิตศาสตร์ และมิติสัมพันธ์เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่เป็นความสามารถทางศิลปะหรือด้านดนตรี ซึ่งแน่นอนการแสดงทางนาฏศิลป์ก็เป็นหนึ่งในส่วนของทฤษฎีพหุปัญญาด้วย โดยโฮวาร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) ได้กล่าวไว้ว่า “สติปัญญาของมนุษย์มีหลายด้านที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน ขึ้นอยู่กับว่าใครจะโดดเด่นในด้านไหนบ้าง แล้วแต่ละด้านผสมผสานกันแสดงออกมาเป็นความสามารถในเรื่องใดเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละคน” ที่สำคัญคือการที่นาฏศิลป์สามารถเลือกใช้ร่างกาย (ทั้งร่างกาย หรือเฉพาะส่วน) ในการแก้สถานการณ์ (ซึ่งในที่นี้ได้แก่การเคลื่อนไหว) หรือที่เรียกว่าความสามารถในการรับรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (Kinesthesia) [30] ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่นาฏศิลป์ไทยที่ได้รับการฝึกฝนในการรำนั้นจะได้รับการพัฒนาความแม่นยำของกระแสประสาทที่นำความรู้สึกเข้าผ่านตัวรับความรู้สึกของข้อต่อ และส่งผลให้เกิดแนวโน้มการพัฒนาด้านการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการมองลดน้อยลง และอาศัยข้อมูลที่ได้จากระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อเพิ่มมากขึ้น (ซึ่งถือเป็นข้อมูลจากภายในร่างกายเราเอง) ผลการศึกษาวิจัยด้านการเดิน (ซึ่งไม่มีข้อมูลด้านนาฏศิลป์ไทย) ที่สัมพันธ์กับการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อพบว่า การฝึกซ้อม หรือการเดินส่งผลต่อการเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มนักกีฬาโยคะ และมีการศึกษาพบว่าในกลุ่มที่เดินบัลเล่ย์มีการตอบสนองที่เกิดจากการควบคุมของระบบประสาท-กล้ามเนื้อที่เร็วกว่ากลุ่มควบคุม [31] แต่ยังมีข้อขัดแย้งในบางส่วนของงานวิจัย มีงานวิจัยพบว่านักบัลเล่ย์ที่ไม่มีการซ้อมในรูปแบบการฝึกประสานสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวของข้อเท้า จะไม่ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อเท้า หรือความสามารถในการทรงท่า [32] และเมื่อชนิดของการเดินที่แตกต่างกันออกไปสามารถส่งผลต่อความสามารถในการทรงท่าได้ โดยอาจต้องอาศัยการรับรู้ข้อมูลผ่านตัวรับความรู้สึกทางสายตาร่วมด้วย เพื่อให้การทรงท่าดีขึ้น [31] นอกจากนี้ ยังมีงานศึกษาพบว่านักกีฬาโยคะมีความสามารถในการทรงท่าที่ดีกว่านักเดิน [33]

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ การควบคุมการทรงท่า และความมั่นคงในการทรงท่านั้นมีความสำคัญต่อนาฏศิลป์เป็นอย่างมาก และจากที่ได้กล่าวข้างต้น ระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อจะต้องทำงานร่วมกับสมองในส่วนอื่นๆ เพื่อให้เกิดการควบคุมการเคลื่อนไหว และส่งเสริม

ให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมในแต่ละท่วงท่าที่แสดง จึงเป็นเหตุผลสนับสนุนว่านาฏศิลป์มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการฝึกหรือกระตุ้นผ่านตัวรับในทุกชนิดของประสาทรับความรู้สึกที่สัมพันธ์กับการทรงตัว (ได้แก่ ประสาทรับความรู้สึกทางการมองเห็น การรับรู้ความรู้สึกทางการทรงท่า และประสาทรับความรู้สึกทางกาย) เพื่อให้เกิดการพัฒนาและการปรับตัวในการแสดง และอาจนำมาใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม เนื้อหาในบทความนี้เน้นที่พื้นฐานทางประสาทวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับการเดินชนิดอื่น (ได้แก่ บัลเล่ย์ แจ๊ส เป็นต้น) ร่วมกับการออกกำลังกาย ผู้เขียนจึงมีความเห็นว่างานวิจัยที่จะสนับสนุน และตอบกระบวนการทางประสาทวิทยาที่สัมพันธ์กับนาฏศิลป์ไทยโดยตรงยังคงต้องได้รับการพัฒนาอีกมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ghez, C., J. Gordon, and M.F. Ghilardi, Impairments of reaching movements in patients without proprioception. II. Effects of visual information on accuracy. *J Neurophysiol*, 1995. 73(1): p. 361-72.
- [2] Gordon, J., M.F. Ghilardi, and C. Ghez, Impairments of reaching movements in patients without proprioception. I. Spatial errors. *J Neurophysiol*, 1995. 73(1): p. 347-60.
- [3] Proske, U., What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle Nerve*, 2005. 31(6): p. 780-7.
- [4] Proske, U. and S.C. Gandevia, The kinaesthetic senses. *J Physiol*, 2009. 587 (Pt 17): p. 4139-46.
- [5] Gregory, J.E., et al., Effect of eccentric muscle contractions on Golgi tendon organ responses to passive and active tension in the cat. *J Physiol*, 2002. 538 (Pt 1): p. 209-18.
- [6] Kandel, E.R., Schwartz, J.H. and Jessell, T.M., ed. *Principles of neural Science*. 4th ed. 2000, McGraw-Hill.
- [7] Lohse, K.R. and D.E. Sherwood, Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. *Acta Psychol (Amst)*, 2012. 140(3): p. 236-45.
- [8] Lohse, K.R., D.E. Sherwood, and A.F. Healy, Neuromuscular effects of shifting the focus of attention in a simple force production task. *J Mot Behav*, 2011. 43(2): p. 173-84.
- [9] Sayenko, D.G., et al., Effects of balance training with visual feedback during mechanically unperturbed standing on postural corrective responses. *Gait Posture*, 2012. 35(2): p. 339-44.

- [10] Lardenoye, S., et al., The effect of taping versus semi-rigid bracing on patient outcome and satisfaction in ankle sprains: a prospective, randomized controlled trial. **BMC Musculoskelet Disord**, 2012. 13: p. 81.
- [11] Postle, K., D. Pak, and T.O. Smith, Effectiveness of proprioceptive exercises for ankle ligament injury in adults: a systematic literature and meta-analysis. **Man Ther**, 2012. 17(4): p. 285-91.
- [12] Goble, D.J., et al., Brain activity during ankle proprioceptive stimulation predicts balance performance in young and older adults. **J Neurosci**, 2011. 31(45): p. 16344-52.
- [13] Lay, B.S., W.A. Sparrow, and N.J. O'Dwyer, The metabolic and cognitive energy costs of stabilising a high-energy interlimb coordination task. **Hum Mov Sci**, 2005. 24(5-6): p. 833-48.
- [14] Conde, V., et al., Task-irrelevant auditory feedback facilitates motor performance in musicians. **Front Psychol**, 2012. 3: p. 146.
- [15] Nocchi, F., et al., Brain network involved in visual processing of movement stimuli used in upper limb robotic training: an fMRI study. **J Neuroeng Rehabil**, 2012. 9(1): p. 49.
- [16] Wolpert, D.M. and M.S. Landy, Motor control is decision-making. **Curr Opin Neurobiol**, 2012.
- [17] Pefanis, N., et al., Tibiofemoral angle and its relation to ankle sprain occurrence. **Foot Ankle Spec**, 2009. 2(6): p. 271-6.
- [18] Pefanis, N., et al., The effect of Q angle on ankle sprain occurrence. **Foot Ankle Spec**, 2009. 2(1): p. 22-6.
- [19] Beynnon, B.D., D.F. Murphy, and D.M. Alosa, Predictive Factors for Lateral Ankle Sprains: A Literature Review. **J Athl Train**, 2002. 37(4): p. 376-380.
- [20] Kim, S., et al., Chronic tibiofibular syndesmosis injury of ankle: evaluation with contrast-enhanced fat-suppressed 3D fast spoiled gradient-recalled acquisition in the steady state MR imaging. **Radiology**, 2007. 242(1): p. 225-35.
- [21] Gutierrez, G.M., et al., Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. **Am J Sports Med**, 2012. 40(1): p. 193-201.
- [22] Klykken, L.W., et al., Motor-neuron pool excitability of the lower leg muscles after acute lateral ankle sprain. **J Athl Train**, 2011. 46(3): p. 263-9.
- [23] Jacobs, C.L., C.A. Hincapie, and J.D. Cassidy, Musculoskeletal injuries and pain in dancers: a systematic review update. **J Dance Med Sci**, 2012. 16(2): p. 74-84.
- [24] Larmer, P.J., et al., Ankle sprains: patient perceptions of function and performance of physical tasks. A mixed methods approach. **Disabil Rehabil**, 2011. 33(23-24): p. 2299-304.
- [25] Goble, D.J., et al., Brain activity during ankle proprioceptive stimulation predicts balance performance in young and older adults. **J Neurosci**, 31(45): p. 16344-52.
- [26] Nicol, C., et al., Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 1996. 72(5-6): p. 401-9.
- [27] Barrett, R.S., et al., Adaptive recovery responses to repeated forward loss of balance in older adults. **J Biomech**, 2012. 45(1): p. 183-7.
- [28] Collins, J.W., The neuroscience of learning. **J Neurosci Nurs**, 2007. 39(5): p. 305-10.
- [29] Lane, I.F., Professional competencies in health sciences education: from multiple intelligences to the clinic floor. **Adv Health Sci Educ Theory Pract**, 2010. 15(1): p. 129-46.
- [30] Farah, M.J., et al., Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do? **Nat Rev Neurosci**, 2004. 5(5): p. 421-5.
- [31] Simmons, R.W., Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. **Int J Neurosci**, 2005. 115(8): p. 1193-203.
- [32] Lepelley, M.C., et al., Muscle coordination in complex movements during Jete in skilled ballet dancers. **Exp Brain Res**, 2006. 175(2): p. 321-31.
- [33] Perrin, P., et al., Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. **Gait Posture**, 2002. 15(2): p. 187-94.
- [34] Plisky, P.J., et al., Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. **J Orthop Sports Phys Ther**, 2006. 36(12): p. 911-9.