

การจัดการทางกายภาพบำบัดในภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง

ชนันท์วัลย์ วุฒิชนโกคิน*, นงนุช ล่วงพันธ์**

บทคัดย่อ

ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งเกิดจากการมีพยาธิสภาพที่สมองและไขสันหลัง โดยเกิดจากการกระตุ้นทำให้แอลฟามอเตอร์นิวรอนทำงานมากขึ้น หรือเกิดจากเพิ่มการทำงานของแกรมมามอเตอร์นิวรอน เนื่องจากขาดการยับยั้งจากสมอง ทำให้ แกรมมา-แอลฟา โคแอกทีเวชัน มีการทำงานโดยขาดการควบคุมตลอดเวลา จึงทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง อาการแสดงที่พบบ่อยคือมีการตอบสนองต่อการยืดโดยการหดตัวที่มากกว่าปกติ ซึ่งกลุ่มกล้ามเนื้อหลักจะหดตัวค้างทำให้การทรงท่าหรือการเคลื่อนไหวมีความผิดปกติเกิดขึ้น ดังนั้นผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้อเกร็งจึงพยายามที่จะใช้การเคลื่อนไหวชนิดแบบนอกเหนืออำนาจจิตใจ แทนการเคลื่อนไหวที่ปกติ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบสั้นกระตุกซ้ำ ๆ เนื่องจากกล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานสัมพันธ์กัน หากเกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งเป็นระยะเวลาานาน ส่งผลต่อการผิดรูปของข้อต่อ ยิ่งทำให้การเคลื่อนไหวผิดปกติมากขึ้น เป็นอุปสรรคต่อการทำกิจวัตรประจำวัน ยากต่อการฟื้นฟู ผลกระทบระยะยาวส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยลดลง ดังนั้นเทคนิคในการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อให้ง่ายต่อการรักษาด้วยเทคนิคอื่น ๆ ส่งเสริมให้การควบคุมการเคลื่อนไหวและการทำกิจวัตรประจำวันได้ดีขึ้น บทความนี้จึงได้นำเสนอวิธีการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง สำหรับใช้ในทางคลินิก เพื่อเป็นแนวทางในการรักษาทางกายภาพบำบัดต่อไป

คำสำคัญ : กล้ามเนื้อหดเกร็ง, รีเฟล็กซ์ยึดกล้ามเนื้อ, รีเฟล็กซ์ยับยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ

* อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ วิทยาลัยนครราชสีมา

** อาจารย์ประจำ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Corresponding author, email: nongnuchl@buu.ac.th, Tel. 084-5454463

Received : May 14, 2021; Revised : July 13, 2021; Accepted : September 24, 2021

Physical Therapy Management in Spasticity Condition

Chanawan Wutthithanaphokhin*, Nongnuch Luangpon**

Abstract

Spasticity is caused by a pathology in the brain and spinal cord, there is a activation of the alpha motor neuron to work more or caused by an increasing the activity of gamma motor neuron due to lack of inhibition control from the brain. This causes gamma-alpha coactivation to function uncontrollably all the time, thereby causing spasticity. The most common symptom is able directed toward activate the contraction that is greater than normal of muscle stretch reflex. Agonist or prime mover muscle is the dominant component to achieve spasticity which, the issue on posture and movement disorders. Therefore, patient with spasticity made an effort to use compensatory movement (associated reaction) instead of normal movement pattern which, involuntary movement: conus movement is the cause of impaired muscle coordination. Prolong spasticity lead to joint deformity and increase abnormal movement pattern, the obstacle to perform activity daily living and difficult to rehabilitation. Long term effect of spasticity has intact to their quality of life. Therefore, techniques for reducing spasticity are aimed at preparing the muscles for other treatments, promoting better control of movement and activity daily living. This review article presents a method for reducing muscle spasticity for clinical use as a guideline for further physical therapy.

Keywords : Spasticity, Stretch reflex, Golgi tendon organ reflex

* Instructor, Faculty of Medical Science, Nakhonratchasima College

** Instructor, Faculty of Allied Health Sciences, Burapha university

Corresponding author, email: nongnuchl@buu.ac.th, Tel. 084-5454463

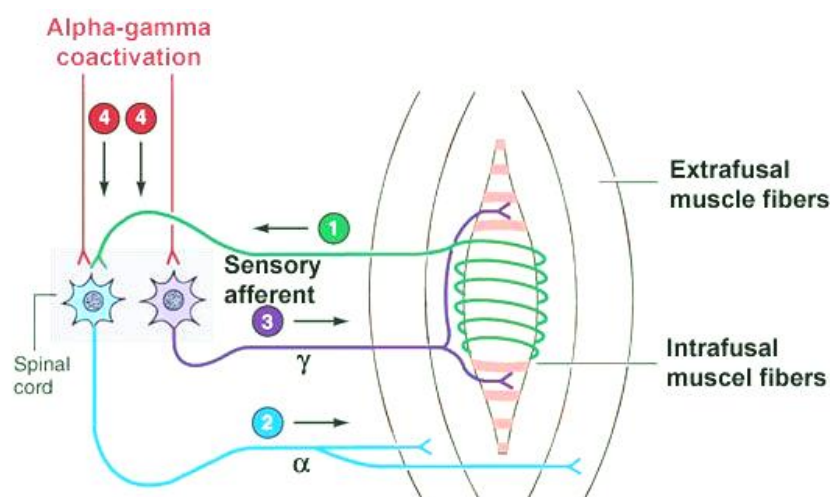
Received : May 14, 2021; **Revised** : July 13, 2021; **Accepted** : September 24, 2021

ความตึงตัวของกล้ามเนื้อปกติ (normal muscle tone)

กล้ามเนื้อลาย 1 มัด ประกอบด้วยใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) จำนวนมาก โดยใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยกล้ามเนื้อลายที่อยู่รอบนอก เรียกว่า extrafusal muscle fiber กับส่วนที่อยู่ภายในกล้ามเนื้อลาย เรียกว่า intrafusal muscle fiber ซึ่ง extrafusal muscle fiber สามารถยืดหดตัวได้ โดยอาศัยการทำงานของ myofilament เส้นประสาทขาออก คือ alpha motor neuron ส่วน intrafusal muscle fiber (muscle spindle) ลักษณะเป็นรูปกระสวย ประกอบด้วย nuclear bag fibers มีลักษณะเป็นกระเปาะ เส้นประสาทที่มาเลี้ยงประกอบด้วย เส้นประสาทขาเข้า (afferent) คือ Ia afferent (primary ending) และเส้นประสาทขาออก คือ gamma motor neuron (เลี้ยงหัวท้ายของ muscle spindle) ส่วน nuclear chain fibers มีลักษณะเรียวยาว เส้นประสาทขาเข้าที่มาเลี้ยง ได้แก่ Ia afferent (primary ending) และ type II afferent (secondary ending) ส่วนเส้นประสาทขาออก คือ gamma motor neuron

Gamma reflex loop เป็นการทำงานร่วมกันของ muscle spindle, extrafusal muscle fiber, afferent (I, II), gamma motor neuron และ alpha motor neuron การทำงานของ Gamma reflex loop จะถูกยับยั้งจาก pyramidal system และ extrapyramidal system (reticular formation, basal ganglia และ cerebellum) ลงมาควบคุม gamma motor neuron เพื่อให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัว (muscle tone) ในระดับเหมาะสม ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพเป็น upper motor neuron lesion จะมีความตึงตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าปกติ เนื่องจากขาดการยับยั้งจาก pyramidal และ extrapyramidal system ส่งผลให้การทำงานของ alpha และ gamma motor neurons มากเกินไปเมื่อกล้ามเนื้อถูกยืด จะทำให้ intrafusal muscle fiber (muscle spindle) และ extrafusal muscle fiber ถูกยืด ตัวรับความรู้สึกยืดผ่าน Ia และ type II afferent เข้ามายังไขสันหลัง ภาวะปกติ muscle spindle จะส่งสัญญาณ afferent มายังไขสันหลังตลอดเวลาโดยไม่รู้สึกรู้สีกตัว ดังนั้น muscle spindle จึงทำหน้าที่รายงานสภาวะของกล้ามเนื้อให้กับประสาทส่วนกลางตลอดเวลา (เฉง นิลบุหงา, 2561)

ความตึงตัวของกล้ามเนื้อปกติ หมายถึงความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้ออยู่ในระดับปกติ พบว่าความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (muscle tone) จะมีแรงหดตัวน้อย ๆ ของใยกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นตลอดเวลา อาศัยการทำงานของวงจร reciprocal reflex ร่วมกับมีการควบคุมโดยสมอง หรือ upper motor neuron อีกต่อหนึ่ง โดยควบคุมผ่าน gamma loop (รูปที่ 1) ซึ่งเป็นเส้นประสาทขาออก gamma motor neuron จะถูกควบคุมโดย descending tracts (pyramidal tract) จากสมอง ซึ่ง gamma motor neuron มี axon เชื่อมต่อกับ alpha motor neuron คอยควบคุม stretch reflex อีกต่อหนึ่ง การควบคุมดังกล่าวจะส่งสัญญาณประสาทที่มีความถี่ต่ำ ๆ จะเกิดขึ้นน้อย ๆ ตลอดเวลา เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมในการทำงานตลอดเวลา ทำให้เกิดความตึงตัวของกล้ามเนื้อปกติ (กิงแก้ว ปาจารย์, 2547; ปริญญา เลิศสินไทย, 2562)



- 1 คือ Afferent input sensory endings of muscle spindle fiber
 1 → 2 คือ Alpha motor neuron output to regular skeletal muscle fiber
 2 คือ Stretch reflex pathway
 3 คือ Gamma motor neuron output to contractile end portions of spindle fiber
 4 คือ Descending pathways coactivating alpha and gamma motor neurons

รูปที่ 1 แสดง Gamma reflex loop

ที่มา <https://www.pinterest.com/pin/552605816750228370/>

กลไกการเกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง (spasticity)

ภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง คือแรงดึงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ โดยขึ้นกับความเร็วของการเคลื่อนไหว (velocity-dependent) มักเกิดร่วมกับ stretch reflex ที่ไวกว่าปกติ เกิดจากมีการกระตุ้น alpha motor neuron หรือ gamma motor neuron ให้ทำงานมากขึ้น เกิดจากขาดการยับยั้ง (inhibitory control) จากสมอง ทำให้ gamma-alpha co-activation ขาดการควบคุมการทำงานตลอดเวลา จึงทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งพบได้ในผู้ป่วยที่มีรอยโรคที่เซลล์ประสาทสั่งการส่วนบน (upper motor neuron lesion) ได้แก่ รอยโรคบริเวณระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) เช่น การบาดเจ็บบริเวณสมอง และไขสันหลัง พบได้บ่อยพยาธิสภาพที่สมองส่วน motor cortex หรือ corticospinal tract (pyramidal tract) เสียการทำงานไปจากปกติ ซึ่งไปรบกวนการส่งสัญญาณยับยั้งมาที่ alpha motor neuron และ gamma motor neuron ให้วงจร reflex แบบยัดนั้นตอบสนองมากกว่าปกติ ขบวนการเกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง นั้นยังไม่แน่ชัด แต่เชื่อว่าส่วนหนึ่งเกิดจากการลดลงของการหลั่งสารสื่อประสาท Gamma-aminobutyric acid (GABA) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดยับยั้งบริเวณเส้นประสาทรับความรู้สึกแบบปฐมภูมิชนิด Ia และ alpha motor neuron (วนาลี กล่อมใจ, 2563; ปริญญา เลิศสินไทย, 2562) ทั้งนี้ภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง แสดงอาการคือ มี stretch reflex แรงมากกว่าปกติ แขนขามีท่าทางที่ผิดปกติ กล้ามเนื้อกลุ่ม antagonist หดตัวมากเกินไป มีการเคลื่อนไหวร่วม (associated movement) เกิดขึ้น มี clonus มีการเคลื่อนไหวรูปแบบเดิมเกิดขึ้นซ้ำ ๆ (stereotyped movement synergies) (Shumway-Cook และ Woollacott, 1995) และภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้ (นพพล ประโมทยกุล, 2562)

1) Velocity-dependent เป็นลักษณะเด่นอย่างหนึ่งของภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง โดยการเกร็งจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อหรือการเคลื่อนไหว เป็นผลมาจากความผิดปกติของ stretch reflex หรือไวต่อการกระตุ้นมากเกินไป

2) Clasp-knife response เมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอกของกล้ามเนื้อที่เกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ในช่วงแรกจะมีแรงต้านมาก แต่เมื่อเคลื่อนไหวต่อไป พบว่าแรงต้านลดลงจนสามารถเคลื่อนไหวได้ง่าย การตอบสนองนี้อธิบายได้จากผลของ stretch reflex ที่ผิดปกติ และการทำงานของ inverse myotatic reflex ที่ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว เพื่อลดแรงตึงที่มีต่อเอ็นกล้ามเนื้อ (นพพล ประโมทยกุล, 2562)

การจัดการทางกายภาพบำบัดเพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง

การจัดการภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ที่เกิดจากมีพยาธิสภาพที่สมอง (brain lesion) การรักษานี้เน้นการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพราะพยาธิสภาพอยู่ที่ศูนย์ควบคุมซึ่งเป็นต้นตอของการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อปกติ ดังนั้นการฝึกผู้ป่วยจึงเน้นในการให้ข้อมูลการเรียนรู้ใหม่ (motor relearning) ป้อนเข้าไปในศูนย์ควบคุมนั้น ส่วนภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ที่เกิดพยาธิสภาพที่ไขสันหลัง (spinal cord lesion) การรักษานี้เน้นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นหลัก ทั้งนี้จุดมุ่งหมายของการรักษาเหมือนกัน คือกระตุ้นให้ผู้ป่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจให้ได้มากที่สุด เพื่อสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้นั่นเอง (ยิ่งลักษณ์ วิรุณรัตน์กิจ, 2550) การรักษาทางกายภาพบำบัดนิยมลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งก่อนให้การรักษา เพื่อง่ายต่อการรักษาด้วยโปรแกรมเทคนิคอื่นๆ ง่ายต่อการฝึกการเคลื่อนไหวและการทำกิจกรรมต่างๆ ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน (functional movement) และง่ายต่อการฝึกควบคุมการเคลื่อนไหว (control movement) ช่วยลดอุปสรรคต่อการฟื้นตัวของระบบประสาท และส่งเสริมให้ผู้ป่วยช่วยเหลือตัวเองให้ได้มากที่สุด

1. การจัดท่า (positioning)

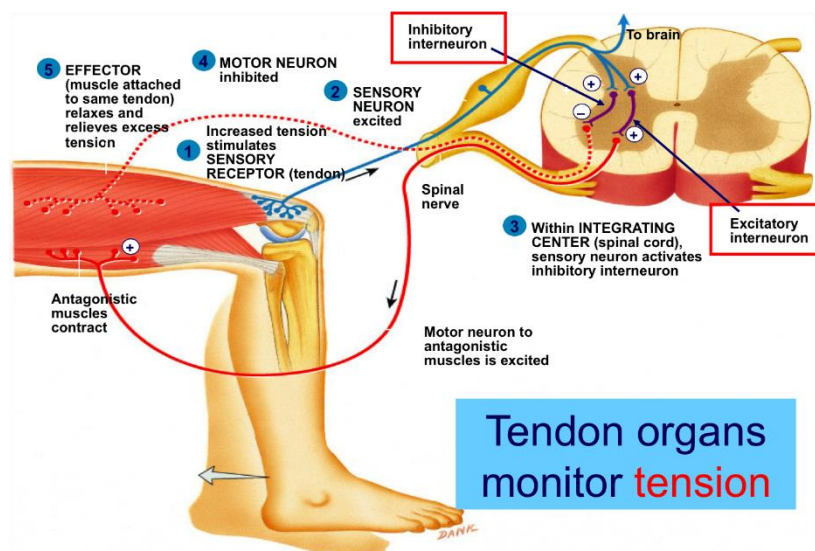
ท่าทางของผู้ป่วยมีอิทธิพลต่อความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ตามแนวคิด Bobath แนะนำว่าหากทำการแก้ไขแนวทางการทรงท่าที่ผิดปกติ (abnormal postural alignment) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทรงท่า ส่งผลให้มีแบบแผนการเคลื่อนไหวเป็นปกติตามมา การจัดท่าตามแนวคิด Bobath ควรจัดท่าให้ตรงข้ามกับแบบแผนการทรงท่าที่ผิดปกติ (Reflex Inhibiting Pattern, RIP) เช่น ผู้ป่วยมีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อแขนในท่างอ หุบแขน หมุนแขนเข้าด้านใน ข้อศอกงอ ข้อมือและข้อนิ้วงอ ดังนั้น RIP ที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยคือ จัดท่ากางแขนออก หมุนแขนออกด้านนอก ข้อศอกเหยียด นิ้วมือเหยียด และหงายฝ่ามือ เป็นต้น การจัดท่านอกจากช่วยลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้ป่วยเกิดการรับรู้และเรียนรู้ในท่าทางต่าง ๆ แล้ว การจัดท่ายังช่วยป้องกันหรือชะลอการหดสั้นของกล้ามเนื้อ และการผิดรูปของข้อต่อ เพราะการจัดท่าทางที่ถูกต้องจะสามารถยืดกล้ามเนื้อและเอ็นที่หดเกร็งหรือหดรั้งได้ (Bobath, 1990)

2. การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (prolonged/maintain stretch)

การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง เป็นวิธีการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูง โดยการยืดแบบคงค้าง ขณะยืดแบบคงค้าง จะเกิดแรงตึงตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะไปกระตุ้นให้ Golgi tendon organ (GTO) ทำงาน เพื่อป้องกันการฉีกขาดหรือเกิดการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ GTO จึงส่งสัญญาณประสาทผ่านทาง Type Ib afferent ไป synapse กับ alpha motor neuron จากนั้นสัญญาณประสาทจาก alpha

motor neuron ไปยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อในกลุ่ม agonist ที่มีความตึงตัวสูง ผลที่ตามมาคือกล้ามเนื้อมัดนี้จะคลายตัว ทำให้แรงตึงตัวของกล้ามเนื้อ ลดลง ส่งผลให้องศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นตามมา (ยิ่งลักษณะ วิรุณรัตน์กิจ, 2550; Herbert, R, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชนันท์วัลย์ (2562) ศึกษาผลการรักษาด้วยเทคนิค Prolonged passive stretching ตามด้วยเทคนิค Repeated contraction (RC) ในเด็กสมองพิการที่มีรูปแบบการเดิน Crouch gait ร่วมกับ Apparent equinus ในเด็กสมองพิการจำนวน 10 คน ได้รับการรักษาด้วยเทคนิค Prolonged passive stretching (ในแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อยืดค้างไว้ประมาณ 20 วินาที/ครั้ง ทำ 3 ครั้ง/เซต) ตามด้วยเทคนิค RC ความถี่ในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ มีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการเหยียดข้อสะโพก เหยียดข้อเข่า และกระดูกข้อเท้าขึ้น ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งของกล้ามเนื้อข้อสะโพก กล้ามเนื้อข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าลง และการใช้พลังงานในการเดิน นำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลัง พบว่าหลังการรักษา 6 สัปดาห์ พลังงานในการเดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ องศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และภาวะกล้ามเนื้อเกร็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วยเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้

Golgi tendon organ reflex มีตัวรับที่ musculotendinous junction จะถูกกระตุ้นเมื่อกล้ามเนื้อหดตัว ทำให้เอ็น (tendon) ที่ยึดติดกระดูกทั้งสองข้างยืดยาวออก เกิดความตึงตัว (tension) บริเวณเอ็นทั้งสองข้าง กลไกคือเมื่อกล้ามเนื้อมีการหดตัว เอ็นเกิดการตึงตัว จึงไปกระตุ้น GTO ส่งสัญญาณประสาทผ่านทาง Ib afferent เข้าทาง dorsal root ผ่าน posterior horn cell ของ spinal cord จากนั้นไป synapse กับ alpha motor neuron บริเวณ anterior horn cell มีผลไปยับยั้งสัญญาณประสาทของ alpha motor neuron ที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมัดนั้น (inhibit agonist muscle) ทำให้กล้ามเนื้อฝ่อ agonist คลายตัว และในขณะเดียวกันก็จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นสัญญาณประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ antagonist ให้เกิดการหดตัว (รูปที่ 2) เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง เป็นวิธีการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูง ผ่าน GTO ในช่วงแรกจะยืดกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูง หากยืดค้างต่อสักพัก จะพบว่ายืดกล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น เนื่องจาก GTO ทำงานนั่นเอง (ยิ่งลักษณ์ วิรุณรัตน์กิจ, 2550)



รูปที่ 2 แสดง Golgi tendon organ reflex

ที่มา <https://www.pinterest.com/pin/126030489550942994/>

3. การกดค้างบริเวณเอ็นกล้ามเนื้อ (pressure on long tendon)

กระทำโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนเอ็นกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูง จนกระทั่งความตึงตัวของกล้ามเนื้อลดลง การลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อด้วยวิธีนี้ผ่านกลไก GTO (น้อมจิตต์ นวลเนตร์, 2549)

4. การถ่ายน้ำหนัก (weight shift)

การถ่ายน้ำหนัก (weight shift) ลด spasticity ผ่านกลไก GTO ด้วยการลงน้ำหนัก เช่น การจัดทำผู้ป่วยนั่ง พร้อมกับจับแขนเหยียดตรง ข้อศอกเหยียดตรง นิ้วมือกางออก หรือจัดทำยืนลงน้ำหนัก ขณะขาเหยียดตรง หรือการจัดทำในผู้ป่วยอยู่ในท่าคลาน เพื่อลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อแขน (Melin et al., 2019) สอดคล้องกับการศึกษาของ Jayaraman และ Puckree (2010) ศึกษาผลการลงน้ำหนักแบบนิ่ง (static weight-bearing) ผ่านฝ่ามือ ข้อมือ ในเด็กสมองพิการประเภท hemiplegic จำนวน 8 คน เด็กทุกคนได้รับโปรแกรมกระตุ้นการลงน้ำหนักที่ฝ่ามือขณะข้อศอกเหยียดตรงในท่าตั้งคลาน ทำนอนคว่ำบนหมอนรูปปลีหรือทำนอนคว่ำบนลูกบอล พร้อมกับลงน้ำหนักที่ฝ่ามือ เป็นต้น โดยในแต่ละท่าลงน้ำหนักที่ฝ่ามือค้าง 30 วินาที/ครั้ง ทำ 3 ครั้ง/เซต ความถี่ในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าภาวะกล้ามเนื้อเกร็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก กลุ่มกล้ามเนื้องอข้อมือ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วยเทคนิคการลงน้ำหนัก ช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้

5. การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical stimulation)

การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง โดยการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist ในระดับ motor level ผ่านกลไก reciprocal inhibition reflex ซึ่งเป็นวงจร reflex ที่สำคัญในการป้องกันการหดตัวของกล้ามเนื้อตรงข้าม นั่นคือ ยับยั้งการหดตัวของกลุ่มกล้ามเนื้อภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง สำหรับการตั้งค่าลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง กระตุ้นให้เกิด isotonic contraction เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว ตั้งความถี่ทำให้เกิด tetanic contraction สำหรับค่า duty cycle ตั้งค่า on time: off time ที่ไม่ทำให้เกิดการล้าแก่กลุ่มกล้ามเนื้อ อยู่ในอัตราส่วน 1:6 ระยะเวลาในการกระตุ้นประมาณ 10-30 นาที ขึ้นอยู่กับความทนได้ของผู้ป่วย การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าในกลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist ทุกครั้งเพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ก่อนให้การรักษาด้วยโปรแกรมการฝึกอื่น ๆ ส่งผลให้ง่ายต่อการฝึกควบคุมการเคลื่อนไหว และง่ายต่อการฝึกการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน (functional movement) (ศุสิทธิ์ ชีวะพาณิชย์, 2551)

การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง กระตุ้นกล้ามเนื้อฝืด antagonist ของกล้ามเนื้อที่มีภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง เช่น ดัดข้อกระตุ้นฝืดกลุ่มกล้ามเนื้อกระดูกข้อมือขึ้น (wrist extensors) เมื่อต้องการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งของกล้ามเนื้อกระดูกข้อมือลง (wrist flexors) และกลุ่มกล้ามเนื้องอนิ้วมือ (finger flexors) หรือกรณีที่ต้องการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งของกลุ่มกล้ามเนื้องอเข่า (hamstrings) จะกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ากลุ่มกล้ามเนื้อฝืดต้นขาทางด้านหน้า (quadriceps) ซึ่งสามารถลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้จากผลของ reciprocal inhibition และหากกระตุ้นด้วยวิธีนี้เป็นระยะเวลานานขึ้น ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งจะลดลง ผู้ป่วยมีความแข็งแรงและมีการควบคุมกล้ามเนื้อดีขึ้น (ศุสิทธิ์ ชีวะพาณิชย์, 2551)

ตัวแปรที่ได้รับการแนะนำให้ใช้เริ่มตั้งค่ากับกระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นเพื่อขึ้นนำการเคลื่อนไหวที่ต้องการ (functional electrical stimulation) ที่ต้องการกระตุ้น antagonist ของกล้ามเนื้อที่มี spasticity มีดังนี้ (ศุสิทธิ์ ชีวะพาณิชย์, 2551)

Pulse rate	35-50 pulses per second
Pulse duration	300 μ sec
Rise time	4 sec
Fall time	2 sec
On/off time	12 sec/18 sec
Intensity	ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยจนเห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแรงที่สุดเท่าที่ผู้ป่วยทนได้

6. การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าโดยการกระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนัง (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation; TENS)

การตั้งค่า TENS เพื่อกระตุ้นในระดับกล้ามเนื้อหดตัว นิยมตั้งค่าเป็น low-TENS หรือ low-rate and high intensity ความถี่นิยมใช้ประมาณ 1-4 Hz (ไม่เกิน 10 Hz) ช่วยกระตุ้นกระแสไฟฟ้าประมาณ 150-250 μ sec (0.15-0.25 msec) ตั้งค่าความเข้มของกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรง และเป็นจังหวะ ผลทางอ้อมช่วยกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตบริเวณที่กระตุ้น โดย TENS สามารถยับยั้งการเกิด primitive motor reflex ส่งผลให้ลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง (Geibler, 1990; ปริญญา เลิศสินไทย, 2562)

TENS กระตุ้นผ่านกลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist สามารถลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้ ผ่านกลไกการกระตุ้นการหลั่งสาร beta- endorphins ลดการกระตุ้น motor neuron เกิดการผ่อนคลาย (Haim, R., Weingarden, H., 2007). การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าโดยการกระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนัง มีผลลด nociceptive pain ผ่าน ทาง pain gate-control theory ดังนั้นจึงสามารถลดการเกิดอาการเกร็งได้ นอกจากนี้การใช้ FES ยังสามารถ ช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้โดยการกระตุ้น antagonist muscles (อารีย์รัตน์ สุพทุธิธาดา, 2547; Elie et al., 2010).

7. ความเย็น (cold)

ความเย็นมีผลยับยั้งปฏิกิริยาการตอบสนองของ reflex ที่ทำให้เกิดอาการเกร็ง โดยการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังที่ได้รับความเย็น (extrafusal muscle fiber) ส่งผลให้ความเร็วของ nerve conduction และความไวของ muscle spindle ลดลง อีกทั้งลดการทำงานของ Ia afferent ส่งผลให้ลดการทำงานของ gamma motor neuron ด้วย ดังนั้นเมื่อใช้ความเย็นบริเวณกล้ามเนื้อที่ภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ระยะเวลาเฉลี่ยในการรักษาด้วยความเย็นที่เห็นผลและมีประสิทธิภาพ อยู่ที่ 20 นาทีแรกของการรักษา ซึ่งประกอบด้วย วิธีการใช้ก้อนน้ำแข็งลูบไล้หรือถูบนพื้นที่ที่เราจะรักษา (ice massage) การประคบด้วยผ้าขนหนูที่มีเกร็ดน้ำแข็ง (ice chips) เกาะติดอยู่ การประคบด้วยแผ่นความเย็น (ice pack) การจุ่มแขนขาลงในถังน้ำเย็น การแช่ร่างกายทั้งตัวในอ่างน้ำเย็น (ice bath) ผลของการใช้ความเย็นมักอยู่ได้แค่ระยะสั้นๆ ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จึงมักใช้ร่วมกับวิธีลดเกร็งด้วยการยืดกล้ามเนื้อ และการออกกำลังกายร่วมด้วย (น้อมจิตต์ นवलเนตร, 2549; Jean, M. G., 2001; Elie P. E., 2010)

จากการศึกษาของ Lee และคณะ (2002) พบว่าผลของ cold air therapy สามารถลด spasticity ในสัตว์ทดลองได้ ระยะเวลาการรักษาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30 – 60 นาที และจากการศึกษาของ Harlaar และคณะ (2001) พบว่าประคบเย็นแบบเฉพาะที่ 20 นาที กล้ามเนื้อที่มีอุณหภูมิลดลง มีผลในการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง การประคบเย็นบริเวณกล้ามเนื้อที่มีภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ถือเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และราคาไม่แพงซึ่งสามารถใช้ร่วมกับการฝึก active training ของกล้ามเนื้อกลุ่ม antagonist

8. คลื่นเหนือเสียง (ultrasound therapy)

ความร้อนจากคลื่นเหนือเสียง มีผลต่อการเพิ่มความยืดหยุ่น (elasticity) ของกล้ามเนื้อ ผ่านกลไก thermal and mechanical effects มีผลต่อเพิ่มเมตาบอลิซึมเฉพาะที่ เพิ่มการไหลเวียนโลหิต เพิ่มความยืดหยุ่นให้กับเนื้อเยื่อ และการสร้างเนื้อเยื่อที่มีลักษณะโครงสร้างเหมือนเดิมทดแทนเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บหรือสูญเสียไป (tissue regeneration) ร่วมกับลดปวด ลดบวม ทั้งนี้การใช้คลื่นเหนือเสียงร่วมกับการกระตุ้นไฟฟ้า ขณะยืดกล้ามเนื้อ (ultrasounds combined with static stretch) พบว่ามีการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับยืดเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาของ Ansari และคณะ (2006) พบว่าการรักษาด้วยคลื่นเหนือเสียง แบบปล่อยคลื่นออกมาอย่างต่อเนื่อง (continuous mode) สามารถลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้การรักษาแบบ continuous mode จำนวน 15 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ครั้งละ 10 นาที เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ (frequency 1 MHz; intensity 1.5 W/cm²) พบว่าสามารถลด alpha motor neuron excitability อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ดังนั้น การรักษาด้วยคลื่นเหนือเสียง ไม่เพียงเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (viscoelastic) แต่ยังลดความไวของ muscle spindle และกระตุ้น alpha motor neuron โดยการเพิ่มอุณหภูมิในเนื้อเยื่อ (Ansari, N. N, 2006; Ansari, N. N, 2007; Jean, M. G, 2001)

9. ความร้อน (Thermotherapy)

ผลของความร้อนช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง เนื่องจากความร้อนมีผลต่อการเพิ่มความยืดหยุ่น (elasticity) ของกล้ามเนื้อ การใช้ความร้อนสามารถใช้ได้ในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็น คลื่นเหนือเสียง พาราฟิน ความร้อนต้น แต่ผลของการใช้ความร้อนมักจะอยู่ได้แค่ระยะสั้น ๆ และมักใช้ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อ และการออกกำลังกาย จากการศึกษาของ Matsumoto และคณะ (2006) พบว่าคลื่นเอฟ (F-wave) ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่มีการวิ่งย้อนกลับ (antidromic direction) ขึ้นไปตามเส้นประสาทสั่งการ (motor nerve) โดยจะวิ่งย้อนขึ้นไปจนกว่าตำแหน่งที่มีการกระตุ้นของเส้นประสาทสั่งการไปยังเซลล์ประสาทสั่งการที่อยู่บริเวณด้านหน้าของไขสันหลัง (anterior horn cell) และมีการส่งกระแสไฟฟ้าย้อนกลับมากกระตุ้นกล้ามเนื้อนั้นอีกครั้ง ส่วนคลื่นเอ็ม (M-wave) ขณะที่มีการกระตุ้นเส้นประสาทสั่งการ จะมีการส่งสัญญาณประสาทตามทางเดินเส้นประสาทไปยังมัดกล้ามเนื้อที่เส้นประสาทเลี้ยงอยู่ตามทิศทางปกติ และสัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้บริเวณกล้ามเนื้อเกิดขึ้น เรียกว่า M-wave response (ปริญญา เลิศสินไทย, 2562) ปกติจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า F-wave amplitude และ F-wave/M-response ratio ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผู้ป่วย post-stroke spasticity หลังจากแช่ในน้ำอุ่น (41 °C) 10 นาที ดังนั้น ความร้อนนอกจากจะช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ยังช่วยให้กล้ามเนื้อ หรือเนื้อเยื่ออื่น ๆ ผ่อนคลายด้วย นอกจากนั้นช่วยลด gamma-afferent fiber activity ซึ่งส่งผลให้ลดการส่งกระแสประสาทจากกระสวยกล้ามเนื้อ (muscle spindle) มีผลยับยั้งการนำกระแสประสาทของ alpha motor neuron และจากการศึกษาของ Lee และคณะ (2008) พบว่ากลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณด้านหลังขา (hamstring muscle) มีความยืดหยุ่นมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากประคบแผ่นร้อน (hot pack) บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อด้านหลังขา เป็นระยะเวลา 20 นาที (อุณหภูมิบริเวณผิวหนังที่ประคบแผ่นร้อนอยู่ที่ 40.5 °C วัดโดยเทอร์โมมิเตอร์) ส่งผลให้ขณะยืดกล้ามเนื้อบริเวณด้านหลังขาที่ความถี่ 5 ครั้ง ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างครั้งละ 30 วินาที สามารถยืดได้ง่ายขึ้น ช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งในเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาในระดับรุนแรง จากผลการศึกษานี้จึงตั้งสมมุติฐานว่า ความร้อนส่งผลให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น มีผลต่อ secondary afferent muscle spindle nerve endings และ Golgi tendon ending ซึ่งให้ผลในการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ทำให้กล้ามเนื้อเพิ่มความยืดหยุ่น สามารถยืดยาวออกได้มากขึ้นขณะทำการยืดกล้ามเนื้อ (ยิ่งลักษณ์ วิรุณรัตน์, 2546; Matsumoto, S, 2006; Lee, G. P, 2008)

10. การรักษาด้วยแรงสั่นสะเทือน (vibration therapy)

การใช้การสั่นสะเทือนเพื่อให้เกิดการยับยั้งกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูงกว่าปกติ จะต้องทำการสั่นสะเทือนบนกลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist ความถี่ของการสั่นสะเทือน 100-300 Hz สามารถทำให้เกิดผลที่เรียกว่า Tonic Vibratory Response (TVR) เมื่อกระตุ้นบริเวณกล้ามเนื้อหรือเอ็นกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ความถี่ที่มากกว่า 200 Hz จะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง และความถี่ที่มากกว่า 150 Hz จะทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดและไม่สบายตัว (น้อมจิตต์ นวลเนตร, 2549) จากการศึกษาของ Noma และคณะ (2009) พบว่าภาวะกล้ามเนื้อเกร็งลดลง หลังจากได้รับการสั่นสะเทือนบริเวณแขน มือ ผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกที่มีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อส่งเสริมให้การฝึกการเคลื่อนไหวดีขึ้น

สรุปผลและการนำไปใช้

ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งมักพบในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพที่สมองและไขสันหลัง เช่น ผู้ป่วยหลอดเลือดสมองผิดปกติ ผู้ป่วยไขสันหลังบาดเจ็บ ผู้ป่วยบาดเจ็บที่สมอง เด็กสมองพิการ เป็นต้น ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งจะทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของผู้ป่วย ทั้งในขณะฟื้นฟูสมรรถภาพ และการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน อีกทั้งไม่สามารถจัดทำทางที่เหมาะสมได้ ความยากลำบากในการดูแลทำความสะอาด ปัญหาเรื่องอาการปวด ปัญหาเรื่องการทรงตัว และรูปแบบการเดินที่ผิดปกติ เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการทำกิจวัตรประจำวัน และทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตลดลงตามมา

การรักษาภาวะกล้ามเนื้อเกร็งด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น การจัดทำ การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง การกดค้างบริเวณเอ็นกล้ามเนื้อ การถ่ายเทน้ำหนัก การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยการกระตุ้นเส้นประสาทผ่านผิวหนัง ความเย็น คลื่นเหนือเสียง ความร้อน และการรักษาด้วยแรงสั่นสะเทือน ล้วนเป็นเทคนิคที่สามารถช่วยลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งได้ เพื่อส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดอุปสรรคต่อการฟื้นตัวของระบบประสาท และส่งเสริมให้ผู้ป่วยช่วยเหลือตัวเองให้ได้มากที่สุด สำหรับการนำเทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ไปใช้ในการลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง จาก การทบทวนวรรณกรรมร่วมกับประสบการณ์ของผู้เขียน พบว่าการผสมผสานเทคนิคต่าง ๆ เข้าด้วยกันค่อนข้างได้ผลประสิทธิภาพมากกว่าเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่ง ส่งผลช่วยส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถภาพ ทั้งขึ้นอยู่กับบริบทและการตอบสนองของผู้ป่วย และที่สำคัญต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความร่วมมือจากผู้ป่วย ภาวะกล้ามเนื้อเกร็งรักษาไม่หายขาด เนื่องจากมีพยาธิสภาพที่สมอง และไขสันหลัง ดังนั้นเพื่อให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลได้ตระหนักถึงผลกระทบที่จะตามมาหากมีภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ผู้เขียนจึงอธิบายกลไกการเกิดภาวะกล้ามเนื้อเกร็ง ผลกระทบที่ตามมา และแนะนำเทคนิคลดภาวะกล้ามเนื้อเกร็งที่เหมาะสมและถูกต้องให้กับผู้ป่วยและผู้ดูแลกลับไปปฏิบัติที่บ้าน ทั้งนี้หากผู้ป่วยและผู้ดูแลมีความเข้าใจตระหนักถึงความสำคัญในการปฏิบัติตัว ปัญหาต่าง ๆ ที่จะตามมาจากภาวะกล้ามเนื้อเกร็งจะลดลง ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น และมีคุณภาพชีวิตที่ดีตามมา

.....

เอกสารอ้างอิง

- กิ่งแก้ว ปาจรีย์. (2547). *การฟื้นฟูสมรรถภาพ ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง*. กรุงเทพฯ : งานตำราวารสารและสิ่งพิมพ์ สถานเทคโนโลยีการศึกษาแพทยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราช พยาบาล.
- แดง นิลบุหงา. (2561). *ระบบประสาทและการทำงาน*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนันท์วัลย์ วุฒิธนาโกสิน, ปารีชาติ อ้นองอาจ, ภาวิณี บำเพ็ญ, ฐิติกร จันทาท, ชลิตา หลิมวานิช, และวุฒิพงษ์ แก้วมณี. (2562). ผลการรักษาด้วยเทคนิค Prolonged passive stretching ตามด้วยเทคนิค Repeated Contractions ต่อการใช้พลังงานในการเดินในเด็กสมองพิการประเภท Spastic diplegia ที่มีรูปแบบการเดิน Crouch gait ร่วมกับ Apparent equinus. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 25(2), 1-14.
- นพพล ประโมทยกุล. (2562). การตรวจประเมินความบกพร่องของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาท. ใน คณะผู้จัดทำ (บ.ก.), *การตรวจร่างกายทางกายภาพบำบัด สำหรับผู้ป่วยทางระบบประสาท*, (น. 142). กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- น้อมจิตต์ นวลเนตร. (2549). *หลักการทางกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยทางระบบประสาท*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา.
- ปริญญา เลิศสินไทย. (2562). *ไฟฟ้าบำบัดสำหรับนักกายภาพบำบัด*. พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ยิ่งลักษณ์ วิรุณรัตน์กิจ. (2546). การรักษาด้วยความร้อนและแสง. ใน ดวงพร เบญจนาสุทธิ (บ.ก.), *การรักษาโดยความร้อนและแสง*, (น. 27-37). สมุทรปราการ, ประเทศไทย.
- ยิ่งลักษณ์ วิรุณรัตน์กิจ. (2550). ระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว. ใน วีรยา วงษาพรหม (บ.ก.), *หลักวิธีทางกายภาพบำบัดระบบประสาท*, (น. 41-47). สมุทรปราการ, ประเทศไทย.
- วนาลี กล่อมใจ. (2563). การจัดการทางกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยทางระบบประสาท. ใน ชุติมา ชลาชนเดชะ และโสภา พิชัยยงค์วงศ์ดี (บ.ก.), *ตำราการจัดการทางกายภาพบำบัด สำหรับผู้ป่วยระบบประสาท*, (น.165). กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- ศุสิทธิ์ ชีวะพานิชย์. (2551). การจัดการทางกายภาพบำบัดในเด็กที่มีภาวะเกร็ง (spasticity) ใน จงจินตน์ รัตนานินทร์ชัย (บ.ก.), *ตำรากายภาพบำบัดคลินิก*, (น. 31-44). เชียงใหม่, ประเทศไทย.
- อารีย์รัตน์ สุพุทธิธาดา. (2547). *ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง*. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Ansari, N. N., Adelmanesh, F., Naghdi, S., Tabtabaei, A. (2006). The effect of physiotherapeutic ultrasound on muscle spasticity in patients with hemiplegia: a pilot study. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 46(4), 247-252.
- Ansari, N. N., Naghdi, S., Bagheri, H., Ghassabi, H. (2007). Therapeutic ultrasound in the treatment of ankle plantarflexor spasticity in a unilateral stroke population: a randomized, single-blind, placebo-controlled trial. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 47(3), 137-143.
- Bobath, B. (1990). *Adult hemiplegia: evaluation and treatment*. (3rd ed.). Oxford: Heinemann Medical Books.
- Elie, P. E., Michal, E. E., Neil, N. J. (2010). *Spasticity and muscle overactivity as components of the upper motor neuron syndrome*. In: Walter R. Frontera. Editor-in-Chief. *DeLisa's physical medicine and rehabilitation: Principles and practice*. (5th edition). USA: Lippincott Williams & Wilkins.

- Geibler, K. B. (1990). *Physical modalities*. In Glenn MB, Whyte J: *The practical management of spasticity in children and adults*. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Herbert, R. D. (2000). *How to estimate treatment effects from reports of clinical trials. I: Continuous outcome*. *Aust J Physiother*, 46(3), 229–235.
- Harlaar, J., Kate, J. J. T., Prevo, A. J., Vogelaar, T. W., Lankhorst, G. J. (2001). The effect of cooling on muscle co-ordination in spasticity: assessment with the repetitive movement test. *Disabil Rehabil*, 23(11), 453-461.
- Haim, R., Weingarden, H. (2007). Neuromodulation by functional electrical stimulation (FES) of limb paralysis after stroke. *Acta Neurochir Suppl*, 97, 375–380.
- Jayaraman, P., Puckree, T. (2010). The effects of a 12-week program of static upper extremity weight bearing exercises on weight bearing in children with hemiplegic type of cerebral palsy. *SA Journal of Physiotherapy*, 66(2), 22-29.
- Jean, M. G. (2001). Physical modalities other than stretch in spastic hypertonia. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 12(4), 769-792.
- Lee, S. U., Bang, M. S., Han, T. R. (2002). Effect of cold air therapy in relieving spasticity: applied to spinalized rabbits. *Spinal Cord*, 40(4), 167-173.
- Lee, G. P., Ng, G. Y. (2008). Effects of stretching and heat treatment on hamstring extensibility in children with severe mental retardation and hypertonia. *Clin Rehabil*, 22(9), 771-779.
- Noma, T., Matsumoto, S., Etoh, S., Shimodozono, M., Kawahira, K. (2009). Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients. *Brain Injury Association of America*, 23(7), 623-631.
- Matsumoto, S., Kawahira, K., Etoh S., Ikeda, S., Tanaka, N. (2006). Short-term effects of thermotherapy for spasticity on tibial nerve F-waves in post-stroke patients. *International Journal of Biometeorology*, 50(4), 243-250.
- Melin, N., Shelby, P., Jessika S., Irene, T. F. (2019). *Weight-Bearing Interventions to Decrease Spasticity and Improve Gait in Stroke Patients: A Case Report*. Retrieved from <https://soar.usa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=casmfall2019>
- Shumway-Cook A., Woollacott, M.H. (1995). *Motor control, Theory and practical application*. Baltimore: Williams & Wilkins.

