บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความยืดหยุ่น (flexibility) ของร่างกาย เป็นส่วนสำคัญหนึ่งต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ ซึ่งร่างกายที่มีช่วงองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆปกติ ย่อมส่งผลให้การทำงานของระบบโครงสร้างกระดูก กล้ามเนื้อและข้อต่อปกติและหากมีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของร่างกายอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของร่างกาย (function) (Bailey, et al.2001:525-526) มีความผิดปกติของการรับแรง (loading) ของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อรวมทั้งลักษณะข้อต่อผิดปกติได้ (Ylinen and Chaitow, 2008) การยืดกล้ามเนื้อ (muscle stretching) เป็นวิธีการอาศัยแรงกระทำต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อและเอ็น(musculotendinous structure) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวของมัดกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ปรับหรือเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ลดการยึดรั้งหรืออาการเจ็บและเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อสำหรับการเคลื่อนไหวและการทำงาน (Armiger and Martyn.2010) โดยการยืดกล้ามเนื้อเป็นวิธีการรักษาหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในโปรแกรมการส่งเสริมและฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายทั้งในคนปกติทั่วไป นักกีฬาและผู้ป่วยทางคลินิก

2.1 การยืดกล้ามเนื้อ (Muscle stretching)

ประเภทของการยืดกล้ามเนื้อ (Types of stretching) สามารถแบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ แต่ในที่นี้จะแบ่งตามประเภทพื้นฐานของการยืด (Ylinen and Chaitow. 2008, Armiger and Martyn.2010) ดังนี้

1. Active stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้อที่อาศัยแรงกระทำจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ agonist muscles ให้เกิดการเคลื่อนไหวข้อต่อของร่างกายแบบ active range of motion ซึ่งองศาการเคลื่อนไหวที่ได้ขึ้นกับความต้านทานของกล้ามเนื้อที่ถูกยืดและกำลังของกล้ามเนื้อ agonist ที่หดตัวทำงาน รูปแบบการยืดนี้จะใช้สำหรับการคงสภาพของการเคลื่อนไหวของร่างกาย (maintain normal mobility)

2. Passive stretching เป็นรูปแบบการยืดกล้ามเนื้ออย่างง่ายทั่วไป อาศัยแรงกระทำจากภายนอก (external force) ต่อเนื้อเยื่อร่างกายในส่วนที่จะยืดด้วยแรงของผู้ช่วยการเคลื่อนไหว ผู้รักษาหรือเครื่องมือ รวมทั้งระบบน้ำหนักและรอก (weigth and pulley system) หรืออาจไม่ได้แรงภายนอกช่วย แต่เกิดจากผู้ถูกยืดกล้ามเนื้อใช้แรงของกล้ามเนื้อของตนเองจับยึดส่วนอื่นของร่างกาย เช่น ใช้แขนยืดกล้ามเนื้อขาของตนเองหรืออาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ท่าทางของร่างกายทำให้เกิดแรงยืดกล้ามเนื้อ รูปแบบการยืดนี้จะใช้สำหรับการพยายามเพิ่มช่วงองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ
3. Active assisted stretching เป็นรูปแบบการยืดที่ผู้ให้การรักษาให้แรงภายนอกช่วยเกิดการเคลื่อนไหวร่วมกับผู้ถูกยืดกล้ามเนื้อใช้แรงหดตัวของ agonist muscles ช่วยเคลื่อนไหว การยืดนี้มักใช้เพื่อเพิ่มการเคลื่อนไหว เพิ่มกำลังสำหรับกล้ามเนื้ออ่อนแรงและเพิ่มการเคลื่อนไหวแบบประสานสัมพันธ์ (coordination)
4. Static stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้อด้วยการเคลื่อนข้อต่อไปจนถึงตำแหน่งที่สัมผัสได้ถึงแรงต้านทานจากความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (muscle tension) และคงค้างไว้จนรู้สึกความตึงตัวของกล้ามเนื้อลดน้อยลงมาแทนที่ โดยการเคลื่อนไหวของข้อต่อกลับสู่ปกติเมื่อไม่มีแรงยืด การยืดนี้สามารถทำได้ทั้งในลักษณะ active และ passive แต่ส่วนใหญ่จะทำในลักษณะ passive ให้มีการคงค้างในตำแหน่งยืดกล้ามเนื้อเป็นช่วงเวลานานหนึ่ง ส่วนของกล้ามเนื้อ antagonist ก็ได้รับผลเช่นกัน แต่แรงที่ได้จะค่อนข้างน้อย จึงไม่ทำให้เกิดการยืดแบบมีประสิทธิภาพ (effective stretch) ผลการศึกษาถึงระยะเวลาของการยืดคงค้างกล้ามเนื้อ (hold times) นั้น พบว่าการยืดค้างไว้ 15-30 วินาทีก็ให้ผลการยืดกล้ามเนื้อ ซึ่งการยืดค้างอย่างน้อย 20 วินาทีแสดงให้เห็นผลของการยืดยาวของกล้ามเนื้อจากการคลายตัวจากความเครียด (stress relaxation) ทั้งนี้เวลาของการยืดคงค้าง จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ของผู้ถูกยืด เช่น อายุ การบาดเจ็บ กลุ่มโรคที่มีผลต่อการตอบสนอง โดยการยืดกล้ามเนื้อแต่ละมัดควรทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งในหนึ่งวันสำหรับคนปกติทั่วไปก็เพียงพอต่อการคงสมรรถภาพของความยืดหยุ่นของร่างกายได้ แต่ผลการศึกษาเหล่านี้เป็นการยืดกล้ามเนื้อมัดใหญ่ของขา จึงอาจเป็นเพียงแนวทางการนำไปปฏิบัติหรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

5. Dynamic stretching เป็นรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อโดยเคลื่อนไหวข้อต่อไปยังทิศทางที่กล้ามเนื้อมัดนั้นยืดยาวออก เพื่อที่จะยืดหลังจากนั้นให้เคลื่อนไหวกลับในทิศทางตรงข้าม ทำให้กล้ามเนื้อถูกยืดลดลง ทำซ้ำหลายๆ ครั้ง จะเกิดการค่อยๆ เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ เนื่องจากเนื้อเยื่อเป้าหมายเกิดการค่อยๆ ยืดยาวออก การยืดลักษณะนี้จะทำอย่างช้าๆ ด้วยความเร็วคงที่หรือขยับคลื่อนด้วยความเร็วและลดความเร็วลงเมื่อใกล้ช่วงสุดท้ายขององศาการเคลื่อนไหว การยืดรูปแบบนี้จะทำในลักษณะ active ของกล้ามเนื้อ antagonist ให้เกิดแรงเคลื่อนไหว อาจทำได้ในลักษณะ passive โดยการใช้น้ำหนัก แรงโน้มถ่วงของโลกมาช่วยยืด ซึ่งในนักกีฬามักจะใช้น้ำหนักช่วยการยืดคือ weight-assisted dynamic stretching
6. Ballistic stretching เป็นรูปแบบการยืดลักษณะแรงยืดเต็มที่และเร็ว (strong and fast stretching) เกิดจากการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ agonist ที่หดตัวทำงานเต็มที่และซ้ำๆ ทำให้เกิดการยืดของกล้ามเนื้อ antagonist โดยกล้ามเนื้อจะต้องอยู่ในช่วงความยาวสูงสุด (maximum length) จากนั้นให้แรงยืดกล้ามเนื้อเสริมเข้าไปจนเกิดการเด้ง (bouncing) หรือการเคลื่อนไหวซ้ำๆ (repetitive manner) นิยมใช้ในกลุ่มคนปกติสุขภาพดีหรือในนักกีฬา แต่การยืดนี้มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บมากกว่า static stretching เพราะการเกิด bouncing จะเป็นเหตุให้เกิด excessive tension ต่อ muscle-tendon unit และเกิด microscopic tearing of tissue ได้
7. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) เป็นรูปแบบการยืดที่อาศัยการประสานสัมพันธ์ของ neuromuscular reflexes เพื่อเสริมผลของการยืดกล้ามเนื้อ นิยมใช้เทคนิคนี้ในการรักษาผู้ป่วยทางระบบประสาท ซึ่งมี 3 เทคนิคพื้นฐานของ PNF ที่มีความแตกต่างในการยืดกล้ามเนื้อทั่วไป คือ contract-relax, hold relax and slow – reversal hold relax ทั้ง 3 เทคนิคจะเป็น combination ที่ว่าด้วย alternating isometric หรือ isotonic contractions และ relaxation ของทั้ง agonist และ antagonist ของกล้ามเนื้อ

กลไกการยืดกล้ามเนื้อ (Mechanics of stretching)

ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการยืดและกลไกของการยืดกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการยืดยาวออก (lengthening) ของเนื้อเยื่อ จะมีความสำคัญต่อการตัดสินใจยืดกล้ามเนื้อ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

<u>เนื้อเยื่อที่ได้รับผลจากการยืดกล้ามเนื้อ (Tissues involved in stretching)</u>

การเคลื่อนไหวของมนุษย์ (human motion) จะเกิดขึ้นจากการทำงานประสานสัมพันธ์กันของหลายส่วน โดยเนื่อเยื่อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหวข้อต่อในทิศทางหนึ่งจะต้องทำงานพร้อมกับต้านต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อในทิศทางตรงข้าม ซึ่งเนื้อเยื่อประกอบด้วย กระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ (muscle ligaments) ผิวหนัง (skin) พังผืด (fascia) ไขมัน (fat) หลอดเลือด (vascular) ระบบน้ำเหลือง (lymphatic) และเนื้อเยื่อประสาท (nervous tissues) แม้จะเป็นที่ชัดเจนแล้วว่าการยืดกล้ามเนื้อจะทำให้ soft tissue ต่างๆ ถูกยืดยาวแต่การเปลี่ยนแปลงส่วนของ neuromuscular level จะยังมีข้อขัดแย้งอยู่ คำวิจารณ์บางส่วนจะคำนึงถึงลำดับของประเภทเนื้อเยื่อที่ถูกยืด ซึ่งต้องพิจารณาคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของเนื้อเยื่อถูกยืดยาวออกเป็นสำคัญ ดังเช่นการศึกษาของ Johns and Wright ได้อธิบายสนับสนุนความเกี่ยวข้องของเนื้อเยื่อต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับข้อต่อที่ยึดติด (joint stiffness) โดยพบว่า 47% การยึดติดเกิดในส่วนของเยื่อหุ้มข้อ (joint capsule), 41% เป็นเนื้อเยื่อพังผืดของกล้ามเนื้อ (fascial component of muscle), 10% เป็นเอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) และ 2% เกิดขึ้นในส่วนของผิวหนัง ดังนั้น ความยืดหยุ่นที่เกิดจากการยืดกล้ามเนื้อ จึงต้องคำนึงถึงแรงต้านทานที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อเยื่อหุ้มข้อต่อ โครงสร้างเอ็นข้อต่อ (ligamentous structures) และกล้ามเนื้อต่อเอ็นกล้ามเนื้อ รวมทั้งพังผืดที่เกี่ยวข้อง

<u>กลไกที่เป็นไปได้ต่อเนื้อเยื่อที่ยืดยาวออก (tissue lengthening)</u>

โดยทั่วไปกล้ามเนื้อจะมีคุณสมบัติของ elastic, viscoelastic และ plastic properties ที่มีส่วนสำคัญ พบว่า elastic substance จะมีการเปลี่ยนแปลงความยาวเมื่อได้รับแรงภายนอกมากระทำ (external force) เมื่อแรงภายนอกลดลง elastic material จะคืนกลับสู่ความยาวตั้งต้นเดิมแตกต่างกับ plastic material ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกแต่จะไม่คืนกลับสู่ความยาวตั้งต้น ส่วน viscosity จะเป็นคุณสมบัติของสารเหลว ส่งผลต่อความ

ต้านทานของการไหลเวียน (flow) ซึ่งในเนื้อเยื่อทางชีววิทยาส่วนใหญ่ มักจะเป็นส่วนทั้ง viscous และ elastic component จึงทำให้มีคุณสมบัติ viscoelastic properties และจากการทบทวนวรรณกรรมของ Magnusson ในปี 1998 ได้กล่าวว่า 30% viscoelastic stress relaxation ในกล้ามเนื้อที่ยืดค้างไว้ 90 วินาที (static position) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของความยาวที่เกิดขึ้นในการยืดครั้งเดียวได้ เพราะเนื้อเยื่อที่มีคุณสมบัติของ viscoelastic properties นั้น หากเมื่อให้ tensile loads อย่างรวดเร็ว จะพบแรงต้านทานได้มาก เนื่องจากจะพบการจำกัดเบื้องต้นของ elastic potential ขณะที่การค่อยๆ ให้ loads เพิ่มขึ้นตลอดช่วงเวลาของการยืดที่ยาวนานนั้น จะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลง elastic ได้มากขึ้น ดังนั้น อัตราการให้แรงขณะยืดกล้ามเนื้อ จึงมีส่วนสำคัญ โดยความเสี่ยงของการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นจากการยืด จะมีความสัมพันธ์มากกับอัตราการให้แรงมากกว่าเทคนิคของการยืดที่ให้ นอกจากนี้ กลไกที่เป็นไปได้อื่นคือการเพิ่มความทน ต่อการยืด(stretch tolerance), การลด muscular stiffness และการลด neuromuscular tone จะเป็นกลไกเสริมเพิ่มให้องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งการเพิ่มความทนต่อการยืดไม่ใช่ผลที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ tissue length แต่เป็นผลจากการลดปริมาณการรับรู้สึกต่อการยืด (sensation) จึงทำให้การเคลื่อนไหวของข้อต่อเกิดได้มากกว่าเดิม ส่วนการลด muscle stiffness จะส่งผลให้ใช้ปริมาณแรงลดลง การศึกษาที่ผ่านมายังพบว่าการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวเกิดได้เนื่องจากผลของการเพิ่มความทนต่อการยืด (stretch tolerance) มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของ muscle elasticity ดังนั้น การลด neuromuscular tone อาจมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของ muscle-tendon unit ซึ่งหากกล้ามเนื้อยังคงความตึง (tone) ไว้แม้ในขณะพัก จะส่งผลให้ความตึงเพิ่มขึ้นและจำกัดการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ โดยสาเหตุของการเพิ่มความตึงเกิดได้จากหลายภาวะ เช่น anxiety, pain, neurologic หรือ neuromuscular disorder ต่างๆ (Armiger and Martyn.2010)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะทำการยืด Static stretch

การได้แรงจากภายนอกมากระทำต่อกล้ามเนื้อ ทั้งด้วยตนเองหรือจากผู้อื่น จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะแบบ passive muscle lengthening โดยจะเกิดการเลื่อนของ actin และ myosin filament ภายในกล้ามเนื้อ เมื่อเนื้อเยื่อเปลี่ยนแปลงไปถึงจุดของความยาวขณะพัก

(resting length) หากเมื่อมีแรงยืดต่อเนื่องไป จะส่งผลต่อ muscle-tendon unit ซึ่งจะมี collagenous fibers ที่มีลักษณะเป็นคลื่นหยัก (wave-like orientation) ภายในเอ็นกล้ามเนื้อและ connective tissues อื่นๆ จะเริ่มยืดตรงออก หลังจากนั้น จะไปส่งผลต่อ connective tissues อื่นๆ โดยรอบ คือ the fascial layers ที่อยู่ในกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ และไปสู่จุดจำกัดของ elastic limit หากยังคงให้แรงยืดต่อไป ภายหลังจุดจำกัด จะไปส่งผลต่อ plastic change ภายใน connective tissues

อย่างไรก็ตาม สรีรวิทยาของร่างกายยังมีการควบคุมด้วย neuromuscular control mechanisms ซึ่งการยืดไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการควบคุมนี้ นั่นคือ common reflex ที่มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมความยืดหยุ่นของร่างกาย ประกอบด้วย 2 วงจรอัตโนมัติ (reflex) คือ Myotactic หรือ stretch reflex จะมีผลต่อการควบคุมความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (tension) หากมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ ตัวรับรู้สึก (receptors) หรือ muscle spindles ซึ่งเรียงตัวอยู่ภายใน perimysium จะส่งผ่านข้อมูลไปยังไขสันหลัง ทำให้เกิดการตอบสนองทั้งส่วนของการเกิดการหดตัว (contraction) ของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อเริ่มถูกยืดหรือการผ่อนคลาย (relaxation) เมื่อความตึงตัวลดลงหรือหายไป ดังนั้น การยืดกล้ามเนื้ออย่างแรงเร็วหรือมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการหดสั้น (shortening) ของกล้ามเนื้อมากกว่าการยืดยาวออก (lengthening) ส่วน The Golgi tendon organ (GTO) จะเป็นเหมือน inverse stretch reflex ซึ่ง GTOs จะเรียงตัวเป็นแนวอนุกรมกับ fascicles of tendon มากกว่าภายในกล้ามเนื้อ ตัวรับรู้สึกนี้จะตอบสนองเต็มที่และคงที่โดยมีข้อมูลส่งเข้าซ้อนทับกับส่วนของ muscle spindle และเป็น reflex ที่ส่งผลให้เกิดการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ดังนั้นการยืดกล้ามเนื้อจะต้องเข้าใจ การตอบสนองอัตโนมัติทั้งสองวงจรนี้ จะทำให้เกิดประสิทธิภาพของการยืดอย่างแท้จริง (Armiger and Martyn.2010)

ประโยชน์ของการยืดกล้ามเนื้อ (The benefits of stretching)

ปัจจุบันสังคมเราเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ชีวิตในรูปแบบ sedentary มากขึ้น เครื่องมืออัตโนมัติถูกนำมาใช้แทนที่การทำงานและการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์ ดังนั้น การคงสภาพองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายถือเป็นสิ่งจำเป็น การยืดกล้ามเนื้อ สามารถส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพกาย (performance) โดยคงสภาพหรือเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ป้องกันการ

บาดเจ็บ ฟื้นฟูสภาพร่างกายภายหลังการบาดเจ็บ ปรับปรุงท่าทางร่างกาย ลดอาการเจ็บ (aches) และปวด (pains) รวมทั้งการส่งเสริมการผ่อนคลาย (relaxation) นอกจากนี้ การยืดกล้ามเนื้อ จะช่วยปรับดุลการใช้ชีวิตประจำวันในรูปแบบ sedentary (counteracts sedentary lifestyle) ให้คงสภาพร่างกายที่สุขภาพดีได้อีกด้วย

การยืดกล้ามเนื้อมีประโยชน์ที่หลากหลายแตกต่างกันไป แต่การยืดก่อนการออกกำลังกายหรือเพื่อลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บและส่งเสริมสมรรถภาพกาย รวมทั้งลดอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย (delayed-onset muscle soreness) จะได้รับการนำไปใช้โดยไม่ต้องขอคำแนะนำ แม้จะมีผลการศึกษาวิจัยที่สนับสนุนไม่มากนัก (Armiger and Martyn. 2010)

ข้อควรระวังและข้อห้ามของการยืด (Caution and contraindication)

โดยทั่วไปการยืด (stretching) นั้นจะมีความปลอดภัยและไม่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บถ้าทำอย่างถูกวิธี แต่หากมีอาการปวด, มีการทำงานของร่างกายที่รุนแรง (physical challenges) หรือมีโรค ควรได้รับการรักษาด้วยปัญหาหลักก่อน และความผิดปกติบางอย่างจะต้องได้รับการดูแลรักษาทางการแพทย์อย่างชัดเจนก่อน ประกอบด้วยความผิดปกติต่างๆของภาวะโครงสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ (musculoskeletal conditions) เช่นการบาดเจ็บเฉียบพลัน การบาดเจ็บเรื้อรัง rheumatoid หรือ osteoarthritis, fibromyalgia, neuromuscular diseases ในกลุ่ม multiple sclerosis, Parkinson's disease ปัญหาของภาวะหัวใจหลอดเลือดและการไหลเวียน เช่นความดันโลหิตสูง, กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน, ภาวะสมองขาดเลือด รวมทั้งมะเร็ง ดังนั้น การยืดกล้ามเนื้อจะปลอดภัยและเป็นประโยชน์ในคนสุขภาพดีทั่วไป ทุกเพศทุกวัย ต้องคำนึงถึงความรู้สึกขณะและภายหลังการยืด อาการปวดจะเป็นสัญญาณสำคัญที่จะต้องระวังและควรได้รับการดูแลทางการแพทย์หากอาการปวดรุนแรงหรือไม่สามารถอธิบายได้ การยืดในเนื้อเยื่อที่มีอาการปวดเฉียบพลัน (acutely painful tissue) เป็นสิ่งที่ทำไม่ได้ (Armiger and Martyn. 2010)

2.2 ระบบและกลไกการหายใจ

ระบบการหายใจ ประกอบด้วยโครงร่างทรวงอก ทางเดินหายใจ ปอด การไหลเวียนเลือดในปอด รวมทั้งระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อรอบหลอดลม ในที่นี้จะขอกล่าวถึงส่วนประกอบของระบบการหายใจบางส่วน ดังนี้ (Schwartzstein and Parker.2006, Horton and Newby.2008, Pryor and Prasad.2008, Frownfelter and Dean.2012)

โครงสร้างของทรวงอก (Thorax)

ลักษณะทรวงอกปกติของคนเรา มีลักษณะค่อนข้างแบน, รูปวงรี (elliptical size) โดย transverse diameter มีความกว้างมากกว่า anteroposterior diameter ด้วยอัตราส่วน 2:1 ประกอบด้วยกระดูกหน้าอก (sternum), กระดูกไหปลาร้า (clavicle), กระดูกซี่โครง (ribs) 12 คู่ และกระดูกสันหลัง (vertebrae) เริ่มตั้งแต่ระดับ T1-T12

การเคลื่อนไหวของทรวงอกในการหายใจปกติ จะประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ

1. Pump-handle movement เป็นการเคลื่อนไหวแบบคันโยกน้ำคือโครงร่างทรวงอกเคลื่อนในลักษณะ upward forward ซึ่งเกิดที่ระดับ rib 1-7, sternum ทางด้านหน้า เนื่องจากมีการจำกัดการเคลื่อนไหวที่ costovertebral joint ด้านหลัง เป็นการเพิ่มปริมาตรทรวงอกและการขยายตัวของปอดทางด้านหน้า-หลัง (A-P diameter)
2. Bucket-handle movement เป็นการเคลื่อนไหวแบบหูถังน้ำ คือโครงร่างทรวงอกเคลื่อนในลักษณะ upward outward ซึ่งเกิดที่ระดับ rib 8 ลงไป จากการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้า เป็นการเพิ่มปริมาตรทรวงอกและการขยายตัวของปอดด้านซ้าย-ขวา (transverse diameter)

ทางเดินหายใจ (Respiratory tracts) จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ทางเดินอากาศส่วนต้น (Upper respiratory tract) เป็นทางนำอากาศจากภายนอกผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนล่าง โดยไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ คิดเป็นปริมาตรอากาศสูญเปล่า (dead space) ร้อยละ 20-40 ของอากาศหายใจเข้าทั้งหมด ประกอบด้วย จมูก (nose), หลอดคอ, คอหอย (pharynx), กล่องเสียง (larynx)

2. ทางเดินอากาศส่วนปลาย (Lower respiratory tract/ tracheobronchial tree) เป็นแขนงหลอดลมที่มีการแตกแขนงของหลอดลมย่อย ซึ่งการแตกแขนงของหลอดลมในแต่ละครั้งเรียกว่า airway generation ประกอบด้วย 23 generation (branchings) คือ หลอดลมใหญ่ (trachea,) แขนงหลอดลม (bronchi), bronchus (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง > 1mm.), bronchiole (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง < 1mm.), terminal bronchiole (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง < 0.5 mm.) และส่วนของหน่วยการหายใจ (respiratory unit/ acina) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศและเลือด โดยเริ่มตั้งแต่ generation ที่ 16 ลงไป เป็นส่วนที่ต่อจาก terminal bronchioles นั่นคือ respiratory bronchiole, alveolar duct, alveolar sac จนกระทั่งถึง alveoli

ปอด (Lung)

เป็นอวัยวะที่เกี่ยวกับการหายใจ มีรูปร่างคล้ายรูปกรวยอยู่ภายในโครงร่างทรวงอก มีน้ำหนักประมาณ 900 กรัม ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ ทางเดินหายใจ, ถุงลมปอดและหลอดเลือดที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ เนื้อปอดประกอบด้วยถุงลม (alveoli) ประมาณ 300 ล้านถุง หรือพื้นที่ประมาณ 70 - 90 ตารางเมตร สำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซ แต่ละถุงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100-200 ไมโครเมตร ความหนาของผนังถุง 0.1-0.5 ไมโครเมตร ปอดแบ่งออกเป็น 2 ข้าง แต่ละข้างแยกออกเป็นพูหรือกลีบ (lobe) ซึ่งปอดข้างขวามี 3 lobes ข้างซ้ายมี 2 lobes แต่ละกลีบปอดจะเป็นส่วนของปอดที่เกิดจากหลอดลมใหญ่แตกแขนงเข้ามาหนึ่งแขนง เมื่อหลอดลมแตกแขนงต่อไป ทำให้แต่ละ lobe แบ่งออกเป็นกลีบเล็ก (lobule) หรือเสี้ยว (segments) ส่วนฐานของปอดจะเว้าชิดติดกับกระบังลม โดยฐานของปอดข้างขวาจะอยู่สูงกว่าด้านซ้าย ปอดแต่ละข้างจะมีแผ่นเนื้อเยื่อบางใสปกคลุมเรียกว่าเยื่อหุ้มปอด (pleura) ซึ่งเป็น membranous serous sac ที่หุ้มผิวปอด โดยแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ parietal layer เป็นเยื่อหุ้มปอดที่อยู่ด้านนอกของเนื้อปอด บุด้านในทั้งหมดของผนังทรวงอก, mediastinum และกระบังลม ได้รับเลือดเลี้ยงจาก intercostal, internal thoracic และ musculophrenic arteries ในชั้นนี้ จะมีเส้นประสาทมาเลี้ยง คือ somatosensory nerve fiber ทำให้รับความรู้สึกเจ็บได้ และ visceral layer เป็นเยื่อหุ้มปอดบาง ๆ ที่แนบติดกับเนื้อของปอด มี bronchial vessels เลี้ยง

ช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มปอด (pleura) ทั้งสองชั้น ภายในจะมีสารเหลวบรรจุอยู่ ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติในการลดแรงเสียดทานระหว่างชั้นเยื่อหุ้มที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะที่หายใจ มีแรงดันภายในเป็นลบคือประมาณ 2 - 5 mmHg ทำให้ปอดสามารถยุบขยายตามผนังทรวงอกได้อย่างสะดวก และช่องปอดแต่ละข้างจะแยกจากกันโดยไม่มีทางติดต่อถึงกัน

กล้ามเนื้อในการหายใจ (Respiratory muscle)

กล้ามเนื้อกระบังลม (diaphragm muscle) ประกอบด้วยส่วนของกล้ามเนื้อและพังผืด (musculotendinous) ในส่วนกลางที่เป็นที่เกาะปลายของส่วนกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย 2 มัด ได้แก่ costal และ crural diaphragm ยึดเกาะติดกับกระดูกซี่โครงส่วนล่างและกระดูกสันหลัง มีลักษณะโค้งเป็นรูปโดมยื่นเข้าไปในทรวงอก เป็นกล้ามเนื้อที่แยกทรวงอกออกจากช่องท้อง ถูกเลี้ยงด้วยเส้นประสาท phrenic nerve จากระดับประสาท C3-C5 กล้ามเนื้อนี้จะทำหน้าที่ในการหายใจในภาวะปกติถึงร้อยละ 70 ในช่วงหายใจเข้า กระบังลมจะหดตัวยุบลง ทำให้กระดูกซี่โครงส่วนล่างขยายตัวออกและช่วยเพิ่มปริมาตรของทรวงอก ส่วนช่วงหายใจออก กระบังลมคืนตัวและเกิดการกลับยกตัวสูงขึ้น โดยการหายใจเข้าและออกปกติ (quiet breathing) แต่ละครั้ง กล้ามเนื้อกระบังลมจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งขึ้นลงประมาณ 2/3 นิ้วฟุต และเมื่อหายใจเต็มที่ จะสามารถเคลื่อนได้ 2.5-4 นิ้วฟุต กล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง (intercostal muscle) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชั้นคือกล้ามเนื้อด้านนอกและด้านใน (external & internal intercostal muscle) ถูกเลี้ยงด้วยเส้น ประสาทไขสันหลังบริเวณ T1-T11 การหดตัวของกล้ามเนื้อ external intercostal จะทำให้ทรวงอกขยายตัวออก เป็นการเพิ่มพื้นที่ทางด้านหน้า-หลัง ทำให้แรงดันภายในช่องเยื่อหุ้มปอดมีค่าเป็นลบเพิ่มขึ้น (ต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศ) ช่วยทำให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่ปอดเต็มที่ ส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อ internal intercostal จะทำให้ทรวงอกยุบตัว เพิ่มแรงดันในช่องเยื่อหุ้มปอดและช่วยให้สามารถหายใจออกได้อย่างเต็มที่

กล้ามเนื้อเสริมการหายใจ (accessory muscle) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อส่วนคอและหลัง เช่น กล้ามเนื้อ sternocleidomastoid, scaleni, latissimus dorsi, upper fiber of trapezius, pectoralis major and minor, serratus anterior กล้ามเนื้อเหล่านี้ จะไม่ช่วยในการหายใจเข้าในภาวะปกติ แต่จะทำงานในกรณีที่ผู้ป่วยต้องการหายใจเข้าอย่างเต็มที่และรุนแรง โดยร่างกายจะใช้

กล้ามเนื้อบริเวณต้นคอยกกระดูกอกขึ้นร่วมกับการใช้กล้ามเนื้อส่วนหลังยกทรวงอกส่วนบนทั้งหมด ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาตรของทรวงอก และทำให้แรงต้านในทางเดินหายใจลดลง

กล้ามเนื้อหน้าท้อง (abdominal muscle) ได้แก่ external oblique, rectus abdominis, internal oblique, transversus abdominis ถูกเลี้ยงด้วยเส้นประสาทไขสันหลังบริเวณ T6 ถึง L1 กล้ามเนื้อหน้าท้องไม่ช่วยในการหายใจออกปกติ แต่จะช่วยเมื่อร่างกายต้องการหายใจออกอย่างเต็มที่ เร็วแรง การหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้กระดูกซี่โครงส่วนล่างยุบตัว ลำตัวงอ ความดันในช่องท้องเพิ่มขึ้นและช่วยทำให้กล้ามเนื้อกระบังลมยกตัวสูงขึ้น

กลไกการหายใจ (Mechanics of breathing) (Schwartzstein and Parker.2006, Horton and Newby.2008, Frownfelter and Dean.2012)

การไหลของอากาศเข้าออกจากปอดนั้น เกิดจากความต่างของความดันระหว่างปอดกับภายนอกร่างกาย การหายใจเข้านั้นเป็น active process ที่ต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อหาย ใจเข้า ทำให้เพิ่มปริมาตรทรวงอก ส่งผลให้ intrapleural pressure (Ppl) หรือ intrathoracic pressure เป็นลบมากขึ้น คือ (-5) – (-6) mmHg และปอดมีการขยายตัวตาม ทำให้ความดันภายในทางเดินอากาศและถุงลม (intrapulmonary pressure หรือ intraalveolar pressure, P_A) มีค่าเป็นลบ คือ (-3) mmHg ซึ่งต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) จึงทำให้อากาศจากบรรยากาศไหลเข้าสู่ภายในปอด

การหายใจออกปกติ จะเป็น passive process โดยเกิดจากการคืนตัว (elastic recoil) ของปอดและทรวงอก การคลายตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้า ส่งผลให้ intrapleural pressure เป็นลบน้อยลง คือ (-2.5) – (-5) mmHg และ intrapulmonary pressure มีค่าเป็น +3 mmHg ซึ่งสูงกว่าความดันบรรยากาศ จึงดันไล่อากาศในถุงลมไหลออกสู่บรรยากาศภายนอกได้

2.3 การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในภาวะต่าง ๆ

ในสภาวะการหายใจระดับปกติ ดังที่ทราบแล้วว่าโครงทรวงอกมีแนวโน้มจะขยายกางตัวออกอยู่แล้ว กล้ามเนื้อสำหรับหายใจเข้านั้นช่วยให้การขยายตัวของทรวงชนะแรงหดตัวของเนื้อปอด แนวโน้มที่ทรวงอกจะขยายตัวนี้จะสิ้นสุดเมื่อปอดขยายตัวออกถึงประมาณ 2/3 ของ

ปริมาตรที่ปอดสามารถขยายตัวได้เต็มที่ (2/3 of total lung capacity) หรือเมื่อขยายตัวแล้วประมาณ 4 ลิตร เมื่อขยายตัวเลยปริมาตรนี้ไปแล้ว โครงทรวงอกก็จะมีแนวโน้มหุบตัวลง (elastic recoi) ดังนั้นการหายใจลึกๆ มากๆ ก็จะต้องใช้พลังงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าการหายใจเข้าเป็นกลไกที่ต้องใช้พลังงาน ยิ่งมีความพยายามที่จะหายใจเร็วขึ้น เช่น ระหว่างออกกำลังกาย กล้ามเนื้อก็ต้องใช้พลังงานมากขึ้นและอาจมีการใช้กล้ามเนื้อเสริมในการหายใจเพิ่มขึ้น เช่น ต้องใช้กล้ามเนื้อ sternocleidomastoid ที่บริเวณคอเพื่อยกกระดูก sternum กล้ามเนื้อ scalenus เพื่อยกกระดูกซี่โครงชิ้นบน หรือกล้ามเนื้อแผ่นหลังเพื่อยึดกระดูกสันหลัง ทำให้อกแอ่นขึ้น

ส่วนการหายใจออก (expiration) ปกติจะไม่มีทำงานของกล้ามเนื้อเลย อาศัยเพียงการคลายตัวของกล้ามเนื้อ การคืนตัวของทรวงอกที่ถูกขยายตัวไว้ก็จะหุบลงเข้าที่เดิม (passive recoil) การหายใจออกจะใช้พลังงานกล้ามเนื้อก็ต่อเมื่อมีการหายใจออกแรงขึ้นมาก เช่น ระหว่างออกกำลัง หรือเมื่อการหายใจออกมีแรงต้านมาก เช่น ผู้ป่วยโรคหืด ต้องมีความพยายามหายใจออก (forced expiration) ในกรณีเช่นนี้กล้ามเนื้อที่จะช่วยหายใจออกก็คือกล้ามเนื้อซี่โครงชั้นใน (internal intercostals muscle) ซึ่งจะดึงกระดูกซี่โครงให้หุบลงมา ทำให้ช่องอกมีขนาดเล็กลงและกลุ่มกล้ามเนื้อหน้าท้อง (oblique abdominal muscle, rectus abdominis muscle) เมื่อหดตัวก็จะดึงกระดูกซี่โครงชั้นล่างๆ ลงมา พร้องทั้งกดอวัยวะภายในช่องท้องให้เลื่อนขึ้นไปดันกระบังลมให้สูงขึ้น กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจออกนี้ยังมีความสำคัญในการควบคุมการหายใจระหว่างการพูดการร้องเพลง การไอ และการเบ่งขับถ่ายอีกด้วย อย่างไรก็ตามผู้ป่วยที่มีอาการหายใจไม่ออกและมีอาการขาดออกซิเจนบางครั้งอาจเกิดจากการที่กล้ามเนื้อสำหรับการหายใจผิดปกติหรือเส้นประสาทที่มาบังคับกล้ามเนื้อทำงานบกพร่อง นอกจากนี้ผู้ป่วยอาจเสี่ยงต่อการเสียชีวิตด้วยระบบหายใจล้มเหลวหากมีกล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง เช่น Poliomyelitis และ Myasthenia gravis

แม้กระทั่งการเกิด musculoskeletal dysfunction มักจะพบได้ทั่วไปในผู้ป่วยโรคปอดเนื่องจากภาวะเรื้อรังของโรคหัวใจและการหายใจ (cardiorespiratory disease) จะส่งผลให้เกิดการปรับตัวของสภาพโครงสร้าง กล้ามเนื้อและระบบประสาทเมื่อเวลานานขึ้น ทั้งนี้จะสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคและการจัดการดูแลรักษาโรค นอกจากนี้หากอายุเพิ่มขึ้นจะพบอัตราการเสื่อมของโครงสร้างกระดูกกล้ามเนื้อและข้อต่อเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงท่าทางและการเสื่อม

ถอยของโครงสร้างร่างกายย่อมส่งผลเสียต่อหน้าที่การทำงานของร่างกาย (physical function) และคุณภาพชีวิตเฉกเช่นเดียวกับปัญหาของระบบหัวใจและการหายใจ

การเปลี่ยนแปลงท่าทางและโครงสร้างร่างกายนั้น จะพบได้ในผู้ป่วยที่มี overuse ของรูปแบบการหายใจ upper chest breathing, ขาดการขยายตัวของซี่โครงส่วนล่างและมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงของ diaphragmatic breathing นอกจากนี้ผู้ป่วยที่มีภาวะ chronic hyperinflation จะนำไปสู่การเกิด barrel-shaped chest โดยมีส่วน anteroposterior diameter เพิ่มมากขึ้น อาการปวดจะส่งผลจำกัดการขยายตัวของซี่โครงและการหายใจแบบ abdominal breathing ซึ่งจะพบได้ในผู้ป่วยผ่าตัดช่องท้อง ยิ่งไปกว่านั้นการผิดแนวของกระดูกสะบัก (mal alignment of the scapulae) มักจะเกิดได้ในผู้ป่วยไอเป็นเวลานาน (prolonged coughing) ร่วมกับ trunk flexion และ มี outward pressure ของทรวงอกเพิ่มขึ้นด้วย (Pryor and Prasad. 2008, Frownfelter and Dean,2012)

ในการศึกษาของ Ross และคณะในปี 1987 กล่าวว่า ในผู้ป่วย cystic fibrosis จะมีการเกิดอาการ musculoskeletal chest pain เพิ่มขึ้นเมื่ออาการของโรคเพิ่มขึ้น โดยพบว่าความปวดจากภาวะยึดติด (painful stiffness) บริเวณทรวงอก อาจส่งผลจำกัดการกำจัดเสมหะ (airway clearance) และเพิ่มงานของการหายใจ (work of breathing) ได้ และการศึกษาของ Sahrmann ในปี 2005 กล่าวว่ารูปแบบการหายใจด้วย upper chest breathing pattern ไม่มีประสิทธิภาพและส่งผลให้เกิด overactive scalene muscles ยกส่วนของซี่โครงที่ 1 และ 2 ขณะเดียวกันส่งผลให้ levator scapulae depress และเกิดการหมุนของ the lateral shoulder girdle จึงเกิดการหดสั้นของ upper trapezius และความตึงตัวเพิ่มขึ้นของ pectoralis minor and major และมี anteriorly tilt the scapulae ตามมาในที่สุด

นอกจากนี้ ปัจจุบันการทำงานของร่างกายคนเราจะมีการเคลื่อนไหวทางกายและการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ แบบเต็มช่วงองศาลดลงรวมทั้งเวลาในการออกกำลังกายที่น้อยลง โดยถูกแทนที่ด้วยกิจกรรมการนั่งดูทีวีและการนั่งทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้จะทำให้ร่างกายอยู่ในท่าทางใดท่าหนึ่งเป็นเวลานานต่อเนื่อง และไม่ส่งเสริมให้เกิดความยืดหยุ่นและการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่จะทำให้เกิดการเพิ่มความตึงตัวกล้ามเนื้อ (tightness) และอาจเกิดการยึดติด (stiffness) ของข้อต่อตามมาได้ ดังนั้นคนในวัยเรียนและวัยทำงานปัจจุบัน จะมีการทำงานที่

ต้องทรงท่าทางของร่างกายเป็นเวลานานๆ ในการนั่งทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้และเล่นโทรศัพท์มือถือหรือการนั่งเรียนในชั้นเรียน อาจมีผลกระทบต่อระบบโครงสร้างกระดูกข้อต่อและกล้ามเนื้อได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกข้อต่อและกล้ามเนื้อจากการทำงาน (work-related musculoskeletal disorders; WMSD) ในคนนั่งพิมพ์งานและคนทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ จะพบการทำงานของกล้ามเนื้อ upper trapezius, cervical erector spinae มากขณะนั่งพิมพ์งานและสำรวจพบอาการปวดของศีรษะ แขนและหัวไหล่เป็นจำนวนมาก (Cote, et al.2009:86, Ayanniyi, et al.2010:177, Ranasinghe, et al.2011:68) และในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Lorusso, et al.2009:29, Kanchanomai, et al.2011a:15, Kanchanomai, et al.2011b:20) นอกจากนี้การทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะ overuse, misuse, abuse และ disuse หรือร่างกายที่อยู่ในลักษณะ repetitive use patterns, postural habits สามารถส่งผลต่อความตึงตัวของกล้ามเนื้อและการทำงานของโครงสร้างกล้าม เนื้อและข้อต่อผิดลักษณะไปได้ เช่น postural imbalance, hyper-or hypomobile joints, breathing pattern disorder/ upper chest breathing pattern ซึ่งการเกิด functional imbalance ของร่างกายสามารถส่งผลต่อระบบการหายใจ ทำให้เกิด hypertonicity, over breathing control และ breathing pattern disorder ได้อีกด้วย (Fritz, et al.2006)

2.4 การศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อที่ใช้หายใจบริเวณทรวงอกที่ผ่านมา

การยืดกล้ามเนื้อ สามารถจำแนกออกเป็นหลายรูปแบบ ได้แก่ active stretching, passive stretching, active assisted stretching, dynamic stretching, ballistic stretching และ static stretching โดยจะมีนิยามของเทคนิคที่แตกต่างกัน รวมทั้งผลการยืดกล้ามเนื้อแตกต่างกัน จากการศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อหายใจที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาอยู่จำนวนน้อยและไม่มีเทคนิคการยืดเฉพาะ โดยมีเทคนิคการยืดทั้งแบบ active stretching, passive stretching และ dynamic stretching ทั้งในคนปกติและผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ดังต่อไปนี้

Puckree และคณะ ปี 2002 ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง (intercostals stretch) ต่อรูปแบบการหายใจและการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในคนปกติ

จำนวน 9 ราย โดยทำการยืดกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงในระดับซี่โครงที่ 3 และ 8 ด้วย passive stretching ตามช่วงจังหวะการหายใจเข้าและการหายใจออก จำนวน 10 ครั้งการหายใจ ผลการศึกษาพบว่า การยืดกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงขณะการหายใจเข้า ทำให้การหายใจช้าลง รูปแบบการหายใจลึกขึ้นและเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกระบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างสะบักและซี่โครง (parasternal intercostals muscles) การศึกษานี้อธิบายผลการเปลี่ยนแปลงที่พบว่าเกิดจากการกระตุ้น mechanoreceptor stimulation of intercostals receptors อาจเกิดการกระตุ้นส่วนของ segmental, supra-segmental of neural axis ส่งผลต่อ cortical interact นอกจากนี้ยังไปยับยั้งส่วนของ medullary expiratory neurons ทำให้เพิ่มปริมาตรอากาศในการหายใจต่อครั้งจากช่วงเวลาหายใจเข้าและหายใจออกนานขึ้น ช่วยลดปริมาตรอากาศสูญเปล่าในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (dead space) ในการหายใจ และส่งผลให้เกิดการเพิ่มการระบายอากาศภายในถุงลม (alveolar ventilation) ดังนั้น ประโยชน์ของการยืดกล้ามเนื้อระหว่างซี่โครงอาจเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหายใจให้มีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ในผู้ป่วยระบบการหายใจที่มีความผิดปกติในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Packree, et al.2002: 96-97)

Moreno และคณะ ปี 2007 ศึกษาผลของโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อด้วย the global postural re-education method (GPR) ต่อค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ การขยายตัวของทรวงอกและการเคลื่อนไหวของช่องท้องในชายวัยหนุ่มสาวที่มีกิจกรรมทางกายน้อย (sedentary lifestyle) จำนวน 20 คน โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มยืดกล้ามเนื้อด้วย GPR method กลุ่มยืดกล้ามเนื้อจะได้รับการยืดกล้ามเนื้อสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ตลอด 8 สัปดาห์ รวม 16 session ผลการศึกษาพบว่า ค่าแรงดันกล้ามเนื้อหายใจสูงสุด ค่าการขยายตัวของทรวงอกและค่าการเคลื่อนไหวของช่องท้องในกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการศึกษา แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างชัดเจนในทุกตัวแปรการศึกษาของกลุ่มยืดกล้ามเนื้อด้วย GPR method คณะผู้วิจัยอธิบายว่า ระยะเวลาของการยืดกล้ามเนื้อในแต่ละ session สามารถเพิ่มความยาวของ sarcomeres และการหดตัวของกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และท่ายืดกล้ามเนื้อในการศึกษานี้ อาจจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนของการทำงานระหว่าง the filaments of actin และ myosin และเพิ่ม

ความสามารถของการหดตัวทำงาน (contractile capacity) ของกลุ่มกล้ามเนื้อหายใจหรืออาจมีการเพิ่มขึ้นของจำนวน sarcomeres ซึ่งจะเสริมให้เพิ่มความสามารถของการหดตัวทำงานของกล้ามเนื้อนั่นเอง ผลการศึกษานี้ สามารถใช้เป็นแนวทางของการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อเพื่อการรักษากล้ามเนื้อหายใจที่มีการเปลี่ยนแปลงและเสนอการศึกษาต่อไปในอนาคตว่า น่าสนใจทำการศึกษาในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีปัญหาต่อกลไกการหายใจจากกล้ามเนื้อกระบังลมที่มีลักษณะแบนราบ (hyperinflation) (Moreno, et al.2007: 679-686)

Putt และคณะ ปี 2008 ทำการศึกษาผลของเทคนิคพิเศษในการยืดด้วย hold and relax stretching technique ต่อผลของความตึงตัวของกล้ามเนื้อทรวงอก โดยวัดผลการเพิ่มขึ้นของการยืดขยายตัวของทรวงอก ปริมาตรความจุปอดและการเพิ่มช่วงองศาการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ การลดลงของอาการหอบเหนื่อยและอัตราการหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (chronic obstructive pulmonary disease; COPD) ผลการศึกษาในผู้ป่วยที่อยู่ในระหว่างโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพปอด จำนวน 10 รายด้วยการยืดด้วยเทคนิค hold and relax stretching technique และการใช้เทคนิคลวง (sham technique) ต่อกล้ามเนื้อ pectoralis major จำนวนเทคนิคละ 2 วันด้วยวิธีการวิจัยแบบ double-blinded crossover design พบว่าค่าของปริมาตรความจุปอด ค่าองศาการเคลื่อนไหวของระยางค์แขนทั้งซ้ายและขวาในผู้ป่วยที่ได้รับการยืดด้วย hold and relax stretching technique มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลการยืดด้วยเทคนิคลวง แต่ไม่พบความแตกต่างกันของค่าการขยายตัวของทรวงอกใน axillary และ xiphisternal level การรับรู้สึกหอบเหนื่อย (perceived dyspnea)หรืออัตราการหายใจในหนึ่งนาที (respiratoryrate) การศึกษานี้ผู้วิจัยและคณะได้เสนอว่าเนื่องจากผู้ป่วยจะมีการหดสั้น (shortening) และความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (stiffness) บริเวณกล้ามเนื้อรอบระยางค์แขน (upper limb muscle quadrant) ทำให้เพิ่มความต้านทานของทรวงอก เพิ่มงานของการหายใจ การให้เทคนิคการรักษาเพื่อปรับเปลี่ยนปัญหาดังกล่าวในผู้ป่วย จึงเป็นสิ่งสำคัญหนึ่งในการดูแลผู้ป่วย และเทคนิคการยืดของการศึกษานี้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย COPD อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการศึกษานี้จะมีข้อจำกัดในการแบ่งระดับความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยแต่ละรายด้วยการวัดค่า FEV_1 และ FEV_1/FVC แต่ก็ได้ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยที่อยู่โรงพยาบาลเดียวกันและได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพปอด

จึงอาจไม่มีความแตกต่างนักและน่าสนใจทำการศึกษาต่อไปในผู้ป่วยจำนวนมากขึ้นในระยะเวลาการศึกษาที่นานขึ้น สรุปผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อด้วย hold and relax stretching technique ต่อกล้ามเนื้อ pectoralis major ให้ผลดีในระยะสั้นในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Putt, et al.2008:1103-1107)

Leelarungrayub และคณะปี 2009 ได้ศึกษาถึงประโยชน์ทางคลินิกของการออกกำลังกายยืดทรวงอก (chest wall-stretching exercise) ต่อค่าปริมาตรอากาศขณะหายใจออกต่อครั้ง (expired tidal volume) อาการหอบเหนื่อยและค่าการขยายตัวของทรวงอกในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังด้วยรูปแบบการวิจัยชนิด a single case study แบบ A-B-A โดยการออกกำลังกายยืดทรวงอก ประกอบด้วย thoracid rotation and anterior compression ในท่านั่ง, trunk extension and rib torsion ในท่านอนหงาย และ lateral stretching ในท่านอนตะแคงด้วยระยะเวลา 10 นาที ต่อจากการรักษาทางกายภาพบำบัดทรวงอก ซึ่งประกอบด้วยเทคนิค postural drainage, percussion, suction, costal breathing exercise และ active-assisted exercise ผลการศึกษาแสดงให้เห็นชัดเจนว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิกของค่า expired tidal volume, การลดลงของระดับความรู้สึกเหนื่อยและการเพิ่มขึ้นของการขยายตัวของทรวงอก การศึกษาในครั้งนี้ศึกษาในผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังที่ต้องพึ่งเครื่องช่วยหายใจมาเป็นเวลานาน ซึ่งส่งผลต่อความยืดหยุ่นของทรวงอก เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อปอด นอกจากนี้ยังอาจส่งผลให้เกิดลักษณะการเคลื่อนไหวของทรวงอกผิดปกติ ดังนั้นการให้ chest wall stretching หรือ chest mobilization exercise จะช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวของทรวงอก (chest mobility) และกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยได้ คณะผู้วิจัยเสนอแนะว่า ควรเพิ่มการยืดทรวงอกเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นในทางคลินิกเพื่อประโยชน์สูงสุดของการรักษา (Leelarungrayub, et al.2009: 338-343)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่าในการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจนั้น เป็นพื้นฐานสำคัญให้กลไกการทำงานของระบบการหายใจมีประสิทธิภาพ หากเมื่อมีพยาธิสภาพใดเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อ นั่นย่อมส่งผลให้แรงของกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงไปและ

นำไปสู่ปัญหาต่อระบบการหายใจตามมา โดยพบว่าหากกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นไปจากปกติ จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของความยาวกล้ามเนื้อและแรงตึงตัว (length-tension relationship) ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุดของแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อลดลง เกิดการอ่อนแรงและหดรั้งของกล้ามเนื้อตามมาได้ ในปัจจุบันพบว่า ยังคงมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการยืดกล้ามเนื้อหายใจอยู่จำนวนน้อยทั้งในกลุ่มคนปกติและในผู้ป่วยต่างๆ อาจเป็นเพราะว่าการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อนี้มีความซับซ้อนและไม่มีเทคนิคการยืดเฉพาะ การศึกษาจึงยังมีความแตกต่างกันของกล้ามเนื้อหายใจที่ยืด เทคนิควิธีการที่ใช้ กลุ่มตัวอย่างการศึกษาอยู่มาก คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจในคนปกติต่อไป