บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 นิยามและกลไกทางสรีรวิทยาของการยืดกล้ามเนื้อ

2.1.1 นิยามของการยืดกล้ามเนื้อ (56)

การยืดกล้ามเนื้อคือวิธีการที่ทำให้กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเนื้อเยื่ออื่นๆในบริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อมีการยืดยาวออกส่งผลให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างคล่องแคล่วสะดวกเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อและช่วยป้องกันการบาดเจ็บ

การยืดกล้ามเนื้อมี 4 ประเภทดังนี้

1. Static stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าๆจนถึงจุดสูงสุดของช่วงการเคลื่อนไหวและคงค้างไว้ที่จุดนี้
2. Ballistic stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่ต้องการยืดโดยใช้หลักโมเมนตัมซึ่งจะกระทำในลักษณะเร็วและแรง ซึ่งการยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคนี้อาจจะทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่ออ่อนได้
3. Dynamic stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้อด้วยตนเองโดยมีการหดตัวของกล้ามเนื้อตลอดการเคลื่อนไหวเพื่อให้กล้ามเนื้อในฝั่งตรงข้ามเกิดการยืดยาวออก
4. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) เป็นการยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ในช่วงสุดท้ายและต้านกับแรงดึงของกล้ามเนื้อเพื่อกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อการยืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 กลไกทางสรีรวิทยาของการยืดกล้ามเนื้อ (56)

กลไกการตอบสนองต่อการยืดของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissues) จะเกิดขึ้นกับ 2 กลไกคือ กลไกด้านชีวกลศาสตร์และด้านระบบประสาทกล้ามเนื้อซึ่งกลไกทั้งสองนี้จะทำงานไป

พร้อมกันขณะที่มีการยืดกล้ามเนื้อเพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการผ่อนคลายและช่วยป้องกันการบาดเจ็บขณะยืด

2.1.2.1. กลไกทางชีวกลศาสตร์ (56)

Muscle tendon units (MTU) ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อจะสามารถยืดยาวออกได้โดยการหดตัว (contraction) ของกล้ามเนื้อและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (muscular stretching) ขณะที่เนื้อเยื่อมีการหดตัว ส่วนของ contractile elements จะมีการหดสั้นลง ในขณะเดียวกันจะมีการยืดยาวออกของ passive elements เช่น tendon perimysium epimysium และ endomysium และในทางตรงกันข้ามหากกล้ามเนื้อถูกยืดยาวออกจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) จะมีการยืดยาวออกด้วยเพื่อปรับตัวรับแรงภายนอกที่มากระทำให้กล้ามเนื้อถูกยืดยาวออก ซึ่งผลจากการยืดกล้ามเนื้อนั้นจะทำให้ MTU มีความยาวเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อ เช่น การเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหว (range of motion: ROM) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความเหนียวหนืดของ MTU

2.1.2.1.1. การเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหว (range of motion)

จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่นิยมใช้ ROM เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการยืดกล้ามเนื้อแต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนที่จะมาอธิบายกลไกทางสรีรวิทยาในการเปลี่ยนแปลง ROM หลังจากการยืดกล้ามเนื้อ เช่น การเปลี่ยนแปลงของ passive และ active stiffness หลังการยืดกล้ามเนื้อ มีเพียงแนวคิดของการเพิ่มระดับความทนทานต่อความเจ็บปวดขณะยืดกล้ามเนื้อเท่านั้นที่ใช้อธิบายการเพิ่มขึ้นของ ROM และยังไม่มีข้อพิสูจน์ที่แน่ชัดว่าการเพิ่มขึ้นของ ROM นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของ MTU

2.1.2.1.2. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความเหนียวหนืดของ MTU (viscoelastic properties of muscle-tendon unit)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติความเหนียวหนืดของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงหลังการยืดกล้ามเนื้อสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายๆปัจจัย เช่น เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อกล้ามเนื้อทำให้มีการยืดยาวออกและคงค้างไว้ที่จุดนี้จะส่งผลต่อแรงต้านของกล้ามเนื้อต่อการยืดยาวออกนี้จะค่อยๆลดลงซึ่งเรียกการตอบสนองในลักษณะนี้ว่า “stress relaxation” และในขณะที่มีแรงภายนอกกระทำต่อกล้ามเนื้อทำให้เกิดการยืดยาวออกคงค้างไว้ที่จุดหนึ่งจนกระทั่งเนื้อเยื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อไปสู่ความยาวใหม่ที่มากกว่าเดิมซึ่งจะเกิดขึ้นภายใน sarcomere โดยการที่ thin filaments ถูกดึงออกห่างจากกันทำให้การจับ thick filaments เกิดขึ้นได้น้อยลงและส่งผลให้ thin filaments ถูกดึงออกมากขึ้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า “creep”

2.1.2.2. กลไกทางระบบประสาทกล้ามเนื้อ (57)

ขณะที่กล้ามเนื้อถูกยืดจะมีการกระตุ้นที่ตัวรับความรู้สึก 2 ชนิด คือ muscle spindle และ golgi tendon organ (GTO) โดย muscle spindle ซึ่งอยู่ภายใน intrafusal muscle fibers มีหน้าที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ ส่วน GTO ซึ่งจะอยู่บริเวณรอยต่อของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (musculo-tendinous junction) ทำหน้าที่ตอบสนองต่อความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นกลไกที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองของตัวรับทั้ง 2 มีอยู่ 3 รูปแบบคือ

2.1.2.2.1. Stretch reflex

เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดยาวออกอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดการกระตุ้นที่ muscle spindle ให้ส่งกระแสประสาทไปยังบริเวณไขสันหลังผ่าน dorsal root หลังจากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านออกมาจากไขสันหลังกลับมายังกล้ามเนื้อมัดนั้นทำให้เกิดการหดตัวเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากการยืดกล้ามเนื้อ แต่หากยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าๆกลไกนี้จะไม่เกิดขึ้นเพราะตัวรับความรู้สึกมีเวลาเพียงพอที่จะทำความคุ้นเคยกับความยาวของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไป

2.1.2.2.2. Reciprocal inhibition

เมื่อกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งเกิดการหดตัว (agonist) จะทำให้ GTO ซึ่งเป็นตัวรับความรู้สึกที่เกิดจากแรงตึงในการหดตัวนั้นส่งกระแสประสาทไปยับยั้งการกระตุ้นของ motor neuron ที่จะไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลี้ยงกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม (antagonist) ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อมัดที่อยู่ตรงข้ามเกิดการคลายตัวลง ซึ่งจะช่วยป้องกันการบาดเจ็บจากการยืดกล้ามเนื้อได้

2.1.2.2.3. Autogenic inhibition

เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดไปจนถึงจุดวิกฤติ (critical point) ส่งผลให้เกิดการยับยั้งกระแสประสาทจาก anterior motor neuron ที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมัดนั้นเพื่อทำให้กล้ามเนื้อที่ถูกยืดเกิดการคลายตัวลงซึ่งกลไกนี้จะช่วยป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อจากการถูกยืดที่มากเกินไป แต่กลไกนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ GTO มีกระแสประสาทที่มากกว่า muscle spindle มิฉะนั้นจะเกิด stretch reflex ขึ้นแทน

2.2. การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching)

Dynamic stretching เป็นการยืดกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์อย่างเป็นจังหวะเพื่อให้องศาการเคลื่อนไหวนั้นเพิ่มขึ้น แต่จะไม่เหมือนกับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretching) เนื่องจาก dynamic stretching ไม่มีการเคลื่อนไหวเกินกว่าองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อและไม่มีการคงค้างไว้ที่จุดใดจุดหนึ่ง ลักษณะการเคลื่อนไหวจะมีลักษณะเฉพาะต่อกีฬาแต่ละประเภท (sports-specific movement) ซึ่งการยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคนี้นิยมใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการเตรียมความพร้อมก่อนการออกกำลังกายหรือก่อนการแข่งขัน

2.2.1 ผลของ dynamic stretching ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมามีการแนะนำว่าผลแบบเฉียบพลันของ dynamic stretching จะส่งผลดีต่อระดับสมรรถภาพทางกาย (9, 15, 17, 18, 35, 58, 59) โดยการศึกษาผลของ dynamic stretching เปรียบเทียบกับ static stretching ในกลุ่มนักกีฬาทหารจำนวน 30 คน โดยวัดสมรรถภาพ 3 ประเภทคือ T-shuttle run Underhand medicine ball throw และ 5 step jump ซึ่งตัวแปรทั้งสามประเภทนี้เป็นตัวชี้วัดถึงสมรรถภาพความคล่องตัว กำลังกล้ามเนื้อรยางค์บนและรยางค์ล่างตามลำดับ โดยการศึกษานี้พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เป็นเวลา 10 นาทีสามารถที่จะทำให้สภาพทางกายทั้ง 3 เพิ่มขึ้น และมีการอธิบายว่าสาเหตุที่ dynamic stretching มี

ประสิทธิภาพมากกว่า static stretching นั้นเป็นผลมาจากกลไกการเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อซึ่งส่งผลต่อการลดลงของการยึดติดของข้อต่อและกล้ามเนื้อ การเพิ่มความเร็วของการนำกระแสประสาทซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วของกล้ามเนื้อรวมทั้งมีการเพิ่มกระบวนการสลายไกลโคเจน กลูโคสและฟอสเฟต (15)

การศึกษาของ Fletcher และAnness (58) พบว่าหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เวลาในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (sprint times) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดแบบ passive static stretching ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ความเร็วในการวิ่งเพิ่มขึ้นนั้นมีการอธิบายว่าลักษณะการเคลื่อนไหวขณะทำการยืดที่คล้ายกับลักษณะการวิ่งนั้นส่งผลให้การรับรู้ข้อต่อ (proprioception) ดีขึ้นและยังอาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของ pre-activation ของกล้ามเนื้อหลังจากที่ทำการยืดซึ่งจะส่งผลต่อการลดระยะเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่าง eccentric contraction และ concentric contraction จึงทำให้ความเร็วในการวิ่งเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ต่อความคล่องตัว (agility) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเล่นกีฬาหลายประเภท โดย Van Gelder และ Bartz (18) ได้ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ต่อความคล่องตัวในนักกีฬาบาสเกตบอล พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching สามารถเพิ่มความคล่องตัวในนักกีฬาบาสเกตบอลได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Alikhajeh และคณะ (17) ที่รายงานว่าความคล่องตัวในนักกีฬาฟุตบอลชายเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching แม้ว่าการศึกษาทั้งสองจะใช้วิธีการทดสอบความคล่องตัวที่แตกต่างกัน โดย Van Gelder และ Bartz ใช้ 505 agility test สำหรับทดสอบ ในส่วนของ Alikhajeh ใช้ zig-zagtest

Yamaguchi และคณะ (35) ศึกษาผลของ dynamic stretching ต่อกำลังกล้ามเนื้อ (power output)ในการเหยียดข้อเข่า (leg extension) ในกลุ่มนักเรียนชายสุขภาพดี โดยการวัดกำลังกล้ามเนื้อ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 วัดก่อนการยืดกล้ามเนื้อ และครั้งที่ 2 วัดหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ผลการศึกษาพบว่ากำลังกล้ามเนื้อ (power output) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ยืดกล้ามเนื้อ จาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาของ Curry และคณะ (59) พบว่าผลเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่มีต่อการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อนั้นจะมีผลคงอยู่ 5-30 นาทีหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Hough และคณะ (60) ทำการเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching และ static stretching ต่อความสามารถในการกระโดดสูง (vertical jump) ในกลุ่มเพศชายสุขภาพดี พบว่า dynamic stretching สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ vertical jump ได้หลังจากการยืด แต่ static stretching จะลดประสิทธิภาพของ vertical jump หลังจากการยืด นอกจากนี้ยังพบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography) ของกล้ามเนื้อ vastus medialis ขณะทำการทดสอบ vertical jump ในกลุ่ม dynamic stretching มีค่ามากกว่ากลุ่ม static stretching ซึ่งเหตุผลที่ dynamic stretching สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ vertical jump ได้นั้นมาจากกลไกของ post-activation potentiation และการที่ static stretching ลดประสิทธิภาพของ vertical jump นั้นเกิดจาก neurological impairment และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านความหนืดของ muscular tendon unit (MTU) สอดคล้องกับการศึกษาของ Perrier และคณะ (33) ซึ่งเปรียบเทียบผลของการอบอุ่นร่างกายร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching และ static stretching ต่อความสามารถในการกระโดดสูงค่าปฏิกิริยาการตอบสนองความยืดหยุ่นของหลังส่วนล่างและกล้ามเนื้อ hamstring ในกลุ่มเพศชายสุขภาพดี ผลการศึกษาพบว่า dynamic stretching สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ vertical jump ได้ดีกว่าการไม่ยืดกล้ามเนื้อและการยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching ในขณะที่การยืดกล้ามเนื้อทั้ง 2 รูปแบบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการตอบสนอง นอกจากนี้ยังพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้นของการยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching นั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน

Fletcher และคณะ (31) ทำการศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายหลังการอบอุ่นร่างกายร่วมกับ dynamic stretching ในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลชายโดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย countermovement jump drop jump แรงบิดเชิงมุมสูงสุด (peak torque) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดการเคลื่อนไหวเชิงมุมและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อผลการวิจัยพบว่า countermovement jump และ drop jump เพิ่มขึ้นหลังจากอบอุ่นร่างกายร่วมกับ dynamic stretching มากกว่ากลุ่มที่อบอุ่นร่างกายเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่อบอุ่นร่างกายร่วมกับการ static stretching นอกจากนี้ยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่ากลุ่มที่อบอุ่นร่างกายร่วมกับ dynamic stretching มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximal heart rate) มากที่สุด ผลจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพบว่ากล้ามเนื้อ rectus femoris มีการทำงานมากที่สุดหลังจากการอบอุ่นร่างกายร่วมกับ dynamic stretching ดังนั้นการศึกษานี้ จึงสรุปได้ว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายได้มากกว่าการที่ยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจการทำงานของกล้ามเนื้อและแรงบิดเชิงมุมสูงสุด (peak torque) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Turki และคณะ (32) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ร่วมกับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น (concentric contraction) ให้ผลในการเพิ่มความสามารถในการกระโดดสูงกำลังความเร็วและแรงสูงสุดในการกระโดดสูง

การศึกษาของ Manoel และคณะ (9) ทำการเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อ 3 ประเภท คือ static stretching PNF stretching และ dynamic stretching ต่อกำลังกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (knee extensor) ในอาสาสมัครเพศหญิงสุขภาพดี โดยการวัดผลก่อนและหลังการยืด ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching กำลังกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และ PNF stretching ไม่พบการเปลี่ยนแปลงหลังจากยืดกล้ามเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มี power ทางสถิติเพียง 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าต่ำมากและอาจจะเป็นสาเหตุทำให้การยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และ PNF stretching ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากยืด

จากการศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักจะส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย แต่อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาที่ให้ผลในทางตรงกันข้าม โดย Herda และคณะ (29) รายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่มีผลในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chaouachi และคณะ (38) ที่พบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เพียงอย่างเดียว และการยืดกล้ามเนื้อแบบผสมผสานระหว่าง dynamic stretching กับ static stretching ในกลุ่มนักกีฬาเพศชายที่มีการฝึกซ้อมเป็นประจำ (trained individuals) ไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทาง เช่น ความคล่องตัว (agility) ความสามารถในการกระโดด (jump performance) และความเร็วในการวิ่ง (sprint) นอกจากนี้ยังพบว่าการยืดทั้งสองวิธีนี้ไม่ได้ทำให้สมรรถภาพทางกายดังกล่าวลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Christensen และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Nordstrom (36) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF และการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ต่อความสามารถในการกระโดดสูงในนักกีฬาหลายชนิดในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งการศึกษานี้พบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองประเภทไม่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการกระโดดสูง การศึกษาของ Carvalho และคณะ (61) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่ได้เพิ่มหรือลดความสามารถในการกระโดดสูงของนักเทนนิส การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่รายงานว่าเป็นการยืดกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแต่การศึกษานี้พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดสูงได้

2.2.2 ปัจจัยของ dynamic stretching ที่มีผลต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย

2.2.2.1 ความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อ

การศึกษาที่ผ่านมาได้รายงานว่าความถี่หรือความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching มีผลต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อ โดยการศึกษาของ Fletcher และคณะ (62) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่ความเร็ว 100 ครั้งต่อนาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดสูงแบบ countermovement jump และ drop jump ได้มากกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่ความเร็ว 50 ครั้งต่อนาที และการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่ความเร็ว 50 ครั้งต่อนาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดสูงทั้งสองแบบได้มากกว่าการที่ไม่ยืดกล้ามเนื้อ ดังนั้นการศึกษานี้จึงสรุปว่าความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching นั้นมีอิทธิพลต่อการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อ

2.2.2.2 ระยะเวลา (time) และจำนวน (volume) ของการยืดกล้ามเนื้อ

การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ด้วยระยะเวลาหรือจำนวนครั้งที่เหมาะสมจะทำให้ประสิทธิผลของการยืดกล้ามเนื้อเกิดได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหากใช้ระยะเวลาหรือจำนวนครั้งในการยืดที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้ประสิทธิผลของการยืดกล้ามเนื้อถูกลดทอนลง อย่างเช่น การศึกษาของ Carvalho และคณะ (61) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่ได้เพิ่มหรือลดความสามารถในการกระโดดสูงของนักเทนนิส โดยการศึกษานี้ได้ให้เหตุผลว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่มีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อนั้นอาจจะเนื่องมาจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหนัก (intensity) และจำนวน (volume) ของการยืดกล้ามเนื้อที่ไม่เหมาะสมซึ่งเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการยกระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อลดลง เป็นผลให้การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดสูงได้เช่นเดียวกับการศึกษาของ Turki และคณะ (63) รายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching จำนวน 2 เซตจะทำให้ความเร็วในการวิ่ง sprint 20 เมตรเพิ่มขึ้น แต่หากทำการยืดมากกว่า 2 เซต จะทำให้เกิดความล้าและนำไปสู่การลดลงของความเร็วในการวิ่ง sprint 20 เมตรตามมา นอกจากนี้ Turki และคณะ (32) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เป็นเวลา 10 นาที เพียงพอต่อการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และควรมีช่วงพักหลังจากยืดกล้ามเนื้อประมาณ 3-5 นาที เพื่อป้องกันอาการล้า

2.2.2.3 ระยะเวลาหลังการยืดกล้ามเนื้อที่มีผลต่อสมรรถภาพร่างกาย (critical time)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching จะส่งผลต่อสมรรถภาพร่างกายหลังจากการยืดด้วยเวลาที่จำกัด โดย Curry และคณะ (59) พบว่าผลเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่มีต่อการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อนั้นจะมีผลคงอยู่ 5-30 นาทีหลังจากการยืดกล้ามเนื้อนอกจากนี้ Turki และคณะ (32) รายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่มีผลต่อการเพิ่มความสูงในการกระโดดแบบ countermovement jump และการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อนั้นจะมีผลคงอยู่ 8-12 นาที หลังจากการยืดกล้ามเนื้อซึ่งจะเห็นได้ว่าผลแบบเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่ส่งผลต่อสมรรถภาพร่างกายมีระยะเวลาเป็นตัวกำหนด

2.2.2.4 ระดับของการฝึกซ้อมและระดับความสามารถของนักกีฬา

กีฬาที่มีการฝึกซ้อมเป็นประจำ (trained individuals) จะตอบสนองต่อผลของการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพร่างกายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อได้น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มีการฝึกซ้อม (untrained individuals) (38) สอดคล้องกับการศึกษาของ Unick และคณะ (37) รายงานว่านักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมเป็นอย่างดี (well-trained) สมรรถภาพทางกายจะมีการเปลี่ยนแปลงหลังการยืดได้น้อยมาก เนื่องจากสมรรถภาพของนักกีฬาอาจพัฒนาไปสู่จุดสูงสุดแล้ว (ceiling effect) จึงมีความเป็นไปได้ว่าสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาอาจจะไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3. การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF)

PNF เป็นเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อรูปแบบหนึ่งซึ่งถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย Herman Kabatในปี ค.ศ. 1965 เป็นเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น เพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อรวมทั้งกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ของข้อต่อต่างๆซึ่งรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อดังกล่าวจะส่งดีผลต่อการทรงตัว (balance) และการประสานสัมพันธ์ (coordination) และจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของร่างกาย (40) การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF นั้นส่วนใหญ่จะกระทำโดยนักกายภาพบำบัดหรือผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ทั้งในด้านคลินิกเพื่อฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วยและทางการกีฬาเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพและเตรียมความพร้อมทางร่างกายสำหรับนักกีฬาความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้นหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเกิดขึ้นจาก 3 ขั้นตอนพื้นฐานคือ ขั้นแรกกล้ามเนื้อจะถูกยืดยาวออกโดยการเคลื่อนไหวแบบ passive หรือ active ขั้นตอนต่อมาผู้ที่ถูกยืดกล้ามเนื้อจะทำการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ isometric ค้างไว้โดยที่กล้ามเนื้อยังอยู่ในความยาวเดิมและขั้นตอนสุดท้ายผู้ถูกยืดจะเคลื่อนไหวแบบ passive หรือ active เพื่อยืดกล้ามเนื้อไปสู่องศาการเคลื่อนไหวใหม่ที่มากกว่าเดิม ซึ่งการยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคนี้จะเกิดการกระตุ้นกลไกทางสรีรวิทยาของระบบประสาทกล้ามเนื้อ 4 ชนิดที่เรียกว่า reciprocal inhibition, autogenic inhibition, stress relaxation และ gate control theory (57)

ปัจจุบันการศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อสมรรถภาพร่างกายในนักกีฬานั้นมีค่อนข้างน้อย ซึ่งเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่การศึกษาส่วนใหญ่นิยมใช้มีอยู่ 2 ประเภทคือ เทคนิค contract-relax (CR) และ contract-relax with agonist contract (CRAC) โดยวิธีการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CR จะประกอบด้วยการยืดกล้ามเนื้อไปถึงจุดที่เริ่มมีความตึงและผู้ถูกยืดเริ่มรู้สึกไม่สบายเมื่อถึงจุดนี้ให้ผู้ถูกยืดออกแรงหดตัวแบบ isometric ของกล้ามเนื้อมัดที่กำลังถูกยืดต้านกับแรงจากผู้ทำการยืดโดยที่ไม่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นและสุดท้ายจึงให้ผู้ถูกยืดผ่อนคลายกล้ามเนื้อพร้อมกับการที่ผู้ทำการยืดเคลื่อนไหวข้อต่อแบบ passive ไปสู่องศาการเคลื่อนไหวใหม่ สำหรับวิธีการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CRAC จะกระทำคล้ายกับเทคนิค CR แต่จะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างกันตรงขั้นตอนสุดท้ายคือผู้ถูกยืดจะทำการเคลื่อนไหวข้อต่อแบบ active โดยการออกแรงหดตัวของกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามเพื่อนำไปสู่องศาการเคลื่อนไหวใหม่ (64)

2.3.1 ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย

การศึกษาเกี่ยวกับผลแบบเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกายที่ผ่านมาถือว่ามีน้อยมาก ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ก่อนการออกกำลังกายจะทำให้ระดับสมรรถภาพทางกายลดลงเมื่อกล้ามเนื้อต้องใช้แรงสูงสุด (maximal effort) ในการเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกาย เช่น ความเร็วในการวิ่ง (sprint) พลัยโอเมตริก (plyometrics) การเปลี่ยนทิศทาง (cutting) การยกน้ำหนัก (weight lift) หรือการออกกำลังกายอื่นๆที่มีความหนักในระดับที่สูง (24, 65)โดยจากการศึกษาของ Marek และคณะ (23) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ส่งผลต่อการลดลงของค่า EMG activity และค่าแรงสูงสุด (peak torque) ของกล้ามเนื้อ vastus lateralis และ rectus femoris แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แนะนำว่าการนำการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF มาใช้นั้นควรที่จะคำนึงถึงผลดีและผลเสียที่จะได้รับจากการยืดกล้ามเนื้อและพิจารณาถึงการใช้ให้เหมาะสมในแต่ละกรณีด้วยเพราะอย่างไรก็ตาม PNF ก็ยังมีความจำเป็นในการใช้เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายและใช้เตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อโดยการคงไว้ซึ่งความยืดหยุ่นและองศาการเคลื่อนไหวที่เป็นปกติ โดยการศึกษาอื่นที่สอดคล้องกันต่างก็แสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของความสามารถในการกระโดดสูง (vertical jump) กำลังกล้ามเนื้อ (power) ตลอดจนมีการลดประสิทธิภาพของปฏิกิริยาตอบสนองจากพื้น (ground reaction time) และความสูงในการกระโดด (jump height) ขณะทำการทดสอบ drop jump หลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF (24, 65) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Miyahara และคณะ (27) รายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ในกลุ่มนักศึกษาเพศชายสุขภาพดีพบว่ามีผลต่อการลดลงของแรงการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximal voluntary contraction) ซึ่งจะลดลงหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้ค้นพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้มากกว่าการยืดกล้ามแบบคงค้าง (static stretching) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเหล่านี้กระทำในกลุ่มเพศชายสุขภาพดี ดังนั้นการตอบสนองต่อผลของการยืดอาจจะแตกต่างจากกลุ่มนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมเป็นประจำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(trained individuals) ซึ่งจะตอบสนองต่อผลของการลดสมรรถภาพร่างกายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อได้น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มีการฝึกซ้อม (untrained individuals) หรือกลุ่มอาสาสมัครสุขภาพดี (38)

อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของ PNF ที่ขัดแย้งกับการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น โดยการศึกษาของ Young และ Elloit (45) ค้นพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อสมรรถภาพทางกาย เช่น พลังระเบิด (explosive force) แรงการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximal voluntary contraction) และความสามารถในการกระโดดสูง (vertical jump) จากการศึกษาพบว่าสมรรถภาพเหล่านี้ไม่ได้ลดลงหลังจากการการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เช่นเดียวกับการศึกษาของ Place และคณะ (46) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยระยะเวลาในช่วงยืดคงค้าง (hold time) และเวลาในการหดตัว (contraction time) ที่สั้นเกินไป จะไม่มีผลต่อการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวและเพิ่มความสามารถในการกระโดดสูงแบบ countermovement jump และ squat jump สอดคล้องกับการศึกษาของ Erika และคณะ (43) ซึ่งศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อแรงการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (maximal voluntary contraction : MVC) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ของกล้ามเนื้อ vastus lateralis และ rectus femoris ในนักกีฬาฟุตบอล โดยผลการศึกษาพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยระยะเวลาที่สั้นจะไม่ทำให้ระดับสมรรถภาพเหล่านี้ลดลงแต่อย่างใด Jordan และคณะ (48) ศึกษาการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อความคล่องตัวในนักกีฬาฟุตบอลชาย พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ไม่มีผลต่อความคล่องตัว (agility) เช่นเดียวกับการศึกษาของ wallmann และคณะ (47) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ไม่มีผลต่อการเพิ่มความคล่องตัวในนักฟุตบอลหญิง การศึกษาของ Worrell และคณะ (39) รายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มแรงบิดสูงสุด (peak torque) ของกล้ามเนื้อ hamstrings ได้ ซึ่งการศึกษานี้อธิบายว่าการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อหลังจากการยืดแบบ PNF นั้นมีสาเหตุมาจาก series elastic component ในกล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่น (flexibility) ที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะเชื่อมโยงไปสู่การเก็บและปล่อยพลังงานศักย์ (potential energy) กล้ามเนื้อได้มากขึ้นทำให้แรงของการหดตัวเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Wilson และคณะ (66) ซึ่งพบว่าการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ deltoid และกล้ามเนื้อ pectoralis สามารถนำไปสู่การเพิ่มแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ concentric ขณะทำการทดสอบ bench press

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เป็นประจำจะส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย โดย Rezaeeshirazi และคณะ (51) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อ hamstring ด้วยเทคนิค PNF ในเวลา 4 สัปดาห์ จะทำให้ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและสมรรถภาพความคล่องตัวเพิ่มสูงขึ้น Hojatallah และคณะ (52) พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จะทำให้พลังระเบิดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นแต่สมรรถภาพคล่องตัวไม่เปลี่ยนแปลงขณะที่ Rees และคณะ (67) รายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลต่อการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและเพิ่ม MTU stiffness ของข้อเท้า ซึ่งการศึกษานี้ได้อธิบายว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจาก MTU stiffness ที่มากขึ้น ซึ่งจะเกิดจากการปรับตัวของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อต่อแรงที่มากระทำ การเพิ่มของ MTU stiffness ที่เกิดขึ้นนี้จะเชื่อมโยงไปสู่ความสามารถในการเก็บและปล่อยพลังงานความยืดหยุ่น (elastic energy) ได้มากขึ้น รวมทั้งสามารถลดช่วงเวลาระหว่าง eccentric contraction และ concentric contraction ของวงจร stretch shortening cycle (SSC) ให้สั้นลงทำให้เกิดแรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Klinge และคณะ (68) ซึ่งรายงานว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เป็นการยืดกล้ามเนื้อที่ผสมผสานระหว่าง static stretching ร่วมกับ isometric resistance โดยลักษณะการยืดกล้ามเนื้อรูปแบบนี้จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกิดความแข็งแรงมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของ MTU ซึ่งจะทำให้ MTU stiffness เพิ่มขึ้น

2.3.2 ปัจจัยของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่มีผลต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย

2.3.2.1 จำนวนครั้ง (volume) เวลาในการยืดคงค้าง (hold time) และความหนัก (intensity)

จำนวนครั้งและเวลาที่ใช้ยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย โดยมีการรายงานว่า จำนวนครั้ง (volume) เวลาในการยืดคงค้าง (hold time) และเวลาในการหดตัว (contraction time) ที่น้อยเกินไปจะทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังกล้ามเนื้อหลังจากการยืด (9, 36, 43, 48) โดยเวลาในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (contraction time) ขณะทำการยืดที่เหมาะสมคือ 3-10 วินาที (69) นอกจากนี้ยังพบว่าขณะยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ isometric ด้วยความหนัก 100 เปอร์เซ็นต์ ของแรงหดตัวสูงสุด (MVC) จะเพิ่มความเสี่ยงในการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บาดเจ็บและเกิดอาการล้าของกล้ามเนื้อได้ ดังนั้นการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ควรจะออกแรงให้น้อยกว่าแรงหดสูงสุดของกล้ามเนื้อ (sub-maximal intensity) (69)

2.3.2.2 ประเภทของเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อ

เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันมี 2 เทคนิคคือ เทคนิค contract-relax (CR) และเทคนิค contract-relax with agonist contraction (CRAC) แต่เทคนิค CRAC เป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุดเนื่องจากเป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้เกิดกลไกทางประสาทสรีรวิทยาได้ดีโดยเร่งเร้าให้เกิดทั้งกลไก reciprocal inhibition และ autogenic inhibition ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CRAC สามารถเพิ่มแรงบิดเชิงมุมสูงสุด (peak torque) ของกล้ามเนื้อ hamstrings ได้ (39) และเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค CR พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CRAC จะทำให้ค่า EMG activity ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ biceps femoris และกล้ามเนื้อ gastrocnemius เพิ่มขึ้นได้มากกว่า (70)

2.3.2.3 ระยะเวลาหลังการยืดกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อสมรรถภาพร่างกาย (critical time)

ระยะเวลาหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่ทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพทางกาย โดยรวมมีเพียงการศึกษาเดียวที่รายงานว่า ความสามารถในการกระโดดสูง (vertical jump) จะลดลงภายในเวลา 15 นาทีหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF แต่หลังจากนั้นความสามารถในการกระโดดสูงจะกลับคืนสู่ปกติ (24) ดังนั้นผลกระทบด้านลบที่มีต่อกำลังกล้ามเนื้อหลังจากการยืดแบบ PNF จะมีผลคงค้างอยู่เพียง 15 นาทีเท่านั้น

2.3.2.4 ระดับของการฝึกซ้อมและระดับความสามารถของนักกีฬา

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ายังมีข้อขัดแย้งกันอยู่เกี่ยวกับระดับการฝึกซ้อมและระดับความสามารถของนักกีฬาที่จะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ เนื่องจากการศึกษาของ Chaouachi และคณะ (38) รายงานว่านักกีฬาที่ฝึกซ้อมเป็นประจำ (trained individuals) จะตอบสนองต่อผลของการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพร่างกายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อได้น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มีการฝึกซ้อม (untrained individuals) ซึ่งผลที่ได้ตรงข้ามกับการศึกษาของ Reis และคณะ (43) ที่พบว่าค่า EMG activity และค่า MVC ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (knee extensor) หลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลและกลุ่มที่ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ (sedentary) ไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4. การเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF) ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาน้อยมากที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching กับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกาย แม้ว่าการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching จะช่วยเพิ่มสมรรถภาพร่างกาย เช่น เพิ่มแรงของกล้ามเนื้อ (28-30) เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ (9, 10) เพิ่มความเร็วในการวิ่ง (11-13) เพิ่มความสามารถในการกระโดดสูง (15, 19, 20, 31-33) เพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อได้โดยไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อสมรรถภาพทางกาย (34, 35) และเพิ่มความคล่องตัว (14-20) แต่อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยที่ขัดแย้งกันอยู่ ซึ่งพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching นั้นไม่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการกระโดดสูง (14, 16, 36-38) และความคล่องตัว (38) สำหรับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าผลของการยืดกล้ามเนื้อชนิดนี้ต่อสมรรถภาพทางด้านร่างกายมีทั้งผลดีและผลเสีย ถึงแม้ว่าการศึกษาส่วนใหญ่แนะนำว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF จะลดสมรรถภาพทางด้านร่างกาย เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กำลังกล้ามเนื้อ ความสามารถในการกระโดดสูงและปฏิกิริยาการตอบสนอง (23, 24, 27, 41, 42, 65) แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่ขัดแย้งกับการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งได้ค้นพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ไม่ได้มีผลกระทบเชิงลบต่อสมรรถภาพทางกายเช่น กำลังกล้ามเนื้อ (9) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (43, 44) ความสามารถในการกระโดดสูง (36, 45, 46)และความคล่องตัว (47-49) นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาที่ค้นพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ส่งผลดีต่อสมรรถภาพทางกายที่สำคัญในการเล่นฟุตบอล เช่น เพิ่มความยืดหยุ่น (27, 40, 67) เพิ่มแรงของกล้ามเนื้อ hamstring (39) เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ quadriceps (50) เพิ่มความสามารถในการกระโดดสูงและความคล่องตัว (51, 52)

จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองประเภทนั้นมีความสำคัญต่อสมรรถภาพทางกายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ แต่ที่ผ่านมามีการศึกษาน้อยมากที่เปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้ว่าการยืดกล้ามเนื้อชนิดใดส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถภาพทางกาย ซึ่งมีเพียงสองการศึกษาเท่านั้นที่เปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองประเภทนี้ การศึกษาแรก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดย Manoel และคณะ (9)ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching แบบ dynamic stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อกำลังกล้ามเนื้อในการเหยียดข้อเข่า (knee extensor power) ในอาสาสมัครเพศหญิงสุขภาพดี 12 คน โดยการวัดผลก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อ quadriceps ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching กำลังกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และ PNF ไม่พบการเปลี่ยนแปลงหลังจากยืดกล้ามเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มี power ทางสถิติเพียง 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำและอาจจะเป็นสาเหตุทำให้การยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching และ PNF stretching ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากยืด นอกจากนี้จำนวนครั้ง (volume) และความหนัก (intensity) รวมทั้งช่วงเวลาพักของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF อาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังกล้ามเนื้อหลังจากการยืด การศึกษานี้เน้นศึกษาในอาสาสมัครเพศหญิงที่เป็นกลุ่มสุขภาพดี ซึ่งการตอบสนองต่อผลของการยืดกล้ามเนื้ออาจจะแตกต่างกับกลุ่มนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอยู่ประจำ และการศึกษานี้ทำการศึกษาในกล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า (knee extensor) เพียงมัดเดียว ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอที่จะยืนยันว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching จะสามารถเพิ่มสมรรถของร่างกายได้ ดังนั้นการศึกษาต่อไปควรจะทำการยืดกล้ามเนื้อในมัดอื่นๆร่วมกันเพื่อประเมินสมรรถภาพร่างกายที่เปลี่ยนแปลง เช่น ความสามารถในการกระโดด ความเร็วในการวิ่ง และความคล่องตัว นอกจากนี้ผู้ทำการศึกษายังได้แนะนำว่าการศึกษาต่อไปควรผสมผสานการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching กับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เนื่องจากผลกระทบเชิงลบของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อกำลังกล้ามเนื้อ จะหายไปภายใน 10-15 นาที (24) แต่ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ที่มีต่อการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อจะคงอยู่ 5-30 นาทีหลังจากการยืด (59) จึงควรที่จะทำการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ก่อนหลังจากนั้นจึงยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ตามมา ซึ่งการผสมผสานการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้ด้วยกันจะทำให้ผู้ทำการยืดได้รับประโยชน์ทั้งในด้านการเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อและได้รับความยืดหยุ่นที่มากกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เพียงอย่างเดียว

การศึกษาต่อมาโดย Christensen และ Nordstrom (36)ได้เปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อความสามารถในการกระโดด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงซึ่งการทดสอบนี้เป็นตัวชี้วัดของกำลังกล้ามเนื้อขา ในอาสาสมัครที่เป็นที่เป็นนักกีฬาหลากหลายชนิดระดับมหาวิทยาลัยทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 68 คน ผลการศึกษาพบว่า การยืดกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้ไม่มีผลต่อความสามารถในการกระโดดสูง นอกจากนี้ความสามารถในการกระโดดสูงหลังจากการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษานี้ให้เหตุผลว่าสาเหตุที่การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ไม่สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการกระโดดสูงได้เนื่องจากความหลากหลายของกลุ่มอาสาสมัครซึ่งเป็นนักกีฬาหลากหลายประเภทและกีฬาบางประเภทมีการอบอุ่นร่างกายที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้นักกีฬาไม่คุ้นเคยกับท่าทางในการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ทำให้การยืดมีลักษณะท่าทางที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นกลไกทางสรีรวิทยาที่จะยกระดับสมรรถภาพกล้ามเนื้อจึงไม่เกิดขึ้น เป็นสาเหตุทำให้การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching ในการศึกษานี้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังจากการยืด สำหรับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ในการศึกษานี้ให้เหตุผลว่าจำนวนครั้งและเวลาที่ใช้ในการยืดแต่ละครั้งไม่เพียงพอที่จะทำให้กำลังกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้ความสามารถในการกระโดดสูงไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ที่กล่าวมาทั้งสองการศึกษาจะเห็นได้ว่ายังมีข้อจำกัดทั้งสองการศึกษา โดยผลของการเปรียบเทียบทั้งสองการศึกษานี้ยังมีข้อขัดแย้งกันอยู่เนื่องจาก การศึกษาของ Manoel และคณะรายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อได้มากกว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF แต่การศึกษาของ Christensen และ Nordstrom รายงานว่า ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ dynamic stretching และการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อความสามารถในการกระโดดสูงซึ่งใช้วัดกำลังกล้ามเนื้อขานั้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามผลการยืดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันระหว่างสองการศึกษานี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวิธีการยืดกล้ามเนื้อ ระยะเวลาที่ใช้ขณะยืดกล้ามเนื้อและลักษณะท่าทางที่เฉพาะเจาะจงรวมทั้งกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5. สรีรวิทยาของการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF)

2.5.1 สรีรวิทยาของการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching)

กลไกทางสรีรวิทยาของ dynamic stretching ที่ส่งผลต่อการยกระดับสมรรถภาพทางกายนั้นมีการอธิบายโดยกลไกต่างๆมากมายเช่น การเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อและร่างกาย (71) และกลไก post-activation potentiation (60, 72) นอกจากนี้มีการตั้งสมมุติฐานว่าแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นหลังจาก dynamic stretching มีสาเหตุจากการยกระดับของระบบประสาทกล้ามเนื้อและผลจากกลไกของ post-activation potentiation ที่ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายโดยการเพิ่มอัตราการจับของ cross-bridges ซึ่งจะทำให้เกิดจำนวนการจับกันที่มากขึ้นส่งผลให้แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (10, 73)

2.5.1.1. การเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อและร่างกาย (74)

การเพิ่มอุณหภูมิร่างกายทั้งอุณหภูมิแกนกลางและอุณหภูมิกล้ามเนื้อขณะ dynamic stretching จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบต่างๆ ได้แก่ ลดแรงต้านที่เกิดจากความหนืดของกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อ เพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานในระบบแอนแอโรบิคและการเพิ่มอัตราเร็วในการนำกระแสประสาท (31) การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเหล่านี้จะนำไปสู่การยกระดับสมรรถภาพร่างกายด้วยกลไกต่างๆ ดังนี้

2.5.1.1.1. ลดแรงต้านที่เกิดจากความหนืดของกล้ามเนื้อ

การเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อจะส่งผลต่อการยกระดับสมรรถภาพทางกาย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้คุณสมบัติความหนืด (viscous) ของกล้ามเนื้อและข้อต่อลดลงเป็นเหตุให้กล้ามเนื้อและข้อต่อมีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการให้ความร้อนในระดับอุ่นสบายกับข้อต่อ metacarpal จะทำให้แรงต้านจากความหนืดของข้อต่อลดลง 20% (75) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาต่อมาที่พบว่าการให้ความร้อนโดยเครื่อง short wave diathermy จะทำให้แรงต้านจากความหนืดของข้อเข่าลดลง (76) สำหรับการให้ความร้อนกับกล้ามเนื้อนั้นมีการศึกษาพบว่าจะช่วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดการยึดติดของเส้นใยกล้ามเนื้อในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ซึ่งปัจจัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความหนืดจะทำให้การเคลื่อนไหวของร่างกายและข้อต่อมีคล่องแคล่วว่องไวมากขึ้น

2.5.1.1.2. การเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อ

การยกระดับสมรรถภาพทางกายจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร่างกายนั้นมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิร่างกายที่สูงขึ้นจะทำให้การขนส่งออกซิเจนมายังกล้ามเนื้อได้มากขึ้นซึ่งเกิดจากเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบการไหวเวียนโลหิตโดยทำให้เส้นกราฟความสัมพันธ์ในการจับปล่อยออกซิเจนจากฮีโมโกลบิน (oxyhaemoglobin dissociation curve) เคลื่อนไปทางขวาซึ่งจะบ่งบอกว่าฮีโมโกลบินมีแนวโน้มปล่อยออกซิเจนได้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เซลล์กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเพื่อการเผาผลาญพลังงาน (metabolism) และอีกเหตุผลที่ทำให้การขนส่งออกซิเจนมายังกล้ามเนื้อได้มากขึ้นคือการขยายตัวของหลอดเลือดซึ่งจะตอบสนองต่ออุณหภูมิกล้ามเนื้อที่สูงขึ้นทำให้การไหลเวียนของเลือด (blood flow) ไปสู่กล้ามเนื้อได้มากขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบการไหลเวียนโลหิตเนื่องจากอุณหภูมิร่างกายที่สูงขึ้นนี้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อได้ดีขึ้นซึ่งจะนำมาสู่การยกระดับสมรรถภาพทางกายที่สูงขึ้น

2.5.1.1.3. เพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานในระบบแอนแอโรบิค

การเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อจะกระตุ้นกระบวนการสลายไกลโคเจนให้รวดเร็วขึ้น ซึ่งการสลายไกลโคเจนจะมีประโยชน์ต่อการเพิ่มสมรรถภาพความทนทานของกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานในระบบแอนแอโรบิคจึงมีประโยชน์สำหรับการออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูงในระยะเวลาสั้นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.1.1.4. การเพิ่มอัตราเร็วในการนำกระแสประสาท

การเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้ออาจจะช่วยยกระดับสมรรถภาพทางกายเนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบประสาท โดย Karvonen (77) กล่าวว่าการเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อจะกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางทำให้การเชื่อมโยงกระแสประสาทมีความไวเพิ่มขึ้น

ซึ่งจะทำให้ร่างกายตอบสนองต่อคำสั่งจากระบบประสาทได้รวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้การเคลื่อนไหวร่างกายมีความคล่องแคล่วว่องไวมากขึ้น

2.5.1.2 กลไก post-activation potentiation (78)

Post-activation potentiation (PAP) คือปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อมีแรง (force) เพิ่มขึ้นภายหลังจากกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ซึ่ง PAP เป็นทฤษฎีที่สามารถอธิบายอิทธิพลการหดตัวของกล้ามเนื้อในลำดับก่อนหน้าที่มีผลต่อกลไกการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อในการหดตัวหรือการออกแรงครั้งต่อไป ภายใต้เงื่อนไขที่กล้ามเนื้อต้องไม่เกิดอาการล้าและลักษณะการหดตัวจะต้องอยู่ในระดับความแรงของการหดตัวสูงสุด (MVC) ในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าผลของ PAP คือการเพิ่มความแรงและอัตราเร็วในการเกิดแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อในลำดับก่อนหน้า โดยมีการอธิบายกลไกทางสรีรวิทยาของ PAP ในการเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อว่าเกิดขึ้นได้ 2 ทางคือ

2.5.1.2.1. เพิ่มกระบวนการ phosphorylation

การเพิ่ม phosphorylation ของ myosin light chains ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นความไวในการจับกันของ myosin กับ actin ที่จะเกิดขึ้นเมื่อแคลเซียมไอออนถูกปล่อยออกจาก sarcoplasmic reticulum ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัว ดังนั้นการหดตัวของกล้ามเนื้อครั้งต่อไปจึงมีความแรงเพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.1.2.2. เพิ่มการระดมกระแสประสาทไปสู่กล้ามเนื้อ

การที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวจะช่วยเพิ่มการกระตุ้นให้เกิดการ synapse ของกระแสประสาทในไขสันหลังให้มากขึ้นจากการเพิ่มจำนวนและเพิ่มประสิทธิภาพของสารสื่อประสาทใน pre-synaptic ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มกระแสประสาทใน post-synaptic ด้วย ดังนั้นจึงมีการระดมกระแสประสาทมายังหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อในปริมาณที่มากขึ้นก่อนให้เกิดแรงในการหดตัวที่เพิ่มมากขึ้น

2.5.2 สรีรวิทยาของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF)

ปัจจุบันทฤษฎีทางสรีรวิทยาที่สามารถใช้อธิบายการตอบสนองต่อการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ประกอบไปด้วย 4 ทฤษฎีคือ ทฤษฎี autogenic inhibition ทฤษฎี reciprocal inhibition ทฤษฎี stress relaxation และทฤษฎีประตูควบคุมความเจ็บปวด (gate control theory) ซึ่งแต่ละทฤษฎีจะเกิดจากกลไกการตอบสนองของ golgi tendon organs (GTOs) ที่อยู่ในเอ็นกล้ามเนื้อซึ่งจะเป็นตัวรับความรู้สึกขณะที่กล้ามเนื้อถูกยืดหรือหดตัวโดยทฤษฎีเหล่านี้สามารถอธิบายเหตุผลของการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ทั้งเทคนิค CR และเทคนิค CRAC (64) แต่อย่างไรก็ตามมีกลไกทางสรีรวิทยาที่สามารถใช้อธิบายเหตุผลในการเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อหลังจากการยืดได้ ซึ่งมี 2 กลไกคือ กลไกการเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อ (79) และกลไกการเก็บและปล่อยพลังงานศักย์ (potential energy) กล้ามเนื้อ (39)

2.5.2.1 ทฤษฎี autogenic inhibition

Autogenic inhibition คือกลไกทางระบบประสาทกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อการยืดและการหดตัวของกล้ามเนื้อในรูปแบบของการลดลงหรือยับยั้งกระแสประสาทที่มายังกล้ามเนื้อมัดนั้นๆ แรงตึงจากการยืดกล้ามเนื้อและการหดตัวจะกระตุ้นเส้นใยประสาทชนิด Ib afferent ใน GTO ให้ส่งสัญญาณประสาทไปสู่ไขสันหลังเพื่อกระตุ้น interneuron ให้สั่งการยับยั้ง alpha motor neuron ในการส่งกระแสประสาทไปสู่กล้ามเนื้อทำให้กระแสประสาทที่จะไปกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง ทฤษฎีนี้เป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายเพื่อกระจายแรงหรือกระแสประสาทข้ามหน่วยประสาทยนต์ (motor unit) เพื่อลดความล้าของหน่วยประสาทยนต์ภายในกล้ามเนื้อ ซึ่งการตอบสนองในลักษณะนี้จะทำให้กล้ามเนื้อมัดที่ถูกยืดเกิดการคลายตัวส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้นซึ่งทฤษฎีนี้เป็นกลไกที่เกิดจากการกระตุ้น GTO เพื่อป้องกันกล้ามเนื้อจากการบาดเจ็บโดยการลดแรงตึงของกล้ามเนื้อขณะเกิดการหดตัวหรือกำลังถูกยืดยาวออกด้วยรูปแบบของ PNF ทั้งเทคนิค CR และ CRAC จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ระบุว่าบทบาทหน้าที่หลักของ GTO คือการยับยั้งกระแสประสาทที่มายังกล้ามเนื้อแต่ในรายละเอียดของระยะเวลาหรือจำนวนของกระแสประแสที่ถูกยับยั้งนั้นยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอนซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าหลังจาก

กล้ามเนื้อหดตัวอิทธิพลของ GTO ในการกระตุ้นการยับยั้งกระแสประสาทจะน้อยลงหรือไม่มีเลย ซึ่งเหตุผลนี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการยับยั้งกระแสประสาทของ GTO จะอ่อนแอลงหลังจากกล้ามเนื้อมีการหดตัว (64)

2.5.2.2 ทฤษฎี reciprocal inhibition

Reciprocal inhibition กลไกนี้เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อมัดที่ถูกยืด (target muscle:TM) เมื่อกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามเกิดการหดตัว TM จะเกิดการคลายตัวเนื่องจากกระแสประสาทที่มายังกล้ามเนื้อมัดนั้นมีน้อยลงเนื่องจากกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามเกิดการหดตัวส่งผลต่อ TM ทำให้เกิดแรงตึงจากการยืดยาวออกจนกระทั่งตัวรับความรู้สึกถูกกระตุ้นผ่านทางเส้นใยประสาทชนิด Ia afferent และนำกระแสประสาทไปยังไขสันหลังเพื่อสั่งการยับยั้ง alpha motor neuron ใน GTO ของ TM ซึ่งผลจากกลไกนี้จะทำให้ TM เกิดการคลายตัวเนื่องจากการลดลงของกระแสประสาทที่มายังกล้ามเนื้อ การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CRAC จะทำให้เกิดการทำงานของกลไกนี้เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามซึ่งจะส่งผลยับยั้งการทำงานของ TM ทำให้กล้ามเนื้อที่ถูกยืดมีการคลายตัวและสามารถยืดยาวออกได้มากกว่าการยืดด้วยเทคนิค CR (64)

2.5.2.3 ทฤษฎี stress relaxation

Stress relaxation จะเกิดขึ้นเมื่อ MTU ถูกกระทำโดยแรงเครียด (stress) อย่างต่อเนื่องซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดแรงเฉือน (shear) และแรงเค้น (strain) ต่อ MTU โดย คุณสมบัติความหนืดของ MTU จะทำให้เกิดแรงต้านต่อการยืดยาวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อ MTU ถูกแรงกระทำให้ยืดออกอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า stress relaxation ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติความหนืดของ MTU ไม่สามารถเอาชนะแรงจากการยืดกล้ามเนื้อได้ส่งผลให้กล้ามเนื้อค่อยๆถูกยืดยาวออก ทฤษฎีนี้เป็นกลไกที่เกิดขึ้นเพื่อป้องกันการฉีกขาดของกล้ามเนื้อและคงสภาพความสัมพันธ์ของ contractile unit ใน sarcomere สำหรับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CR จะทำให้แรงเครียดใน MTU เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ TM ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดกลไกนี้เช่นเดียวกับเทคนิค CRAC แต่แตกต่างกันที่เทคนิค CRAC มีการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดตรงข้ามทำให้เกิดแรงตึงต่อ TM มากกว่า (64)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.2.4 ทฤษฎีประตูควบคุมความเจ็บปวด (gate control theory)

กลไกประตูควบคุมความเจ็บปวดจะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระตุ้นความรู้สึกเจ็บปวด (pain) และแรงกด (pressure) ซึ่งความรู้สึกทั้งสองชนิดนี้จะกระตุ้นตัวรับความรู้สึก (sensory receptor) ภายในกล้ามเนื้อ โดยตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดจะรับรู้และส่งกระแสประสาทผ่านเส้นใยประสาทที่ไม่มีปลอกหุ้ม (un-myelinated) หรือเส้นใยประสาทขนาดเล็กที่มีปลอกหุ้ม (small myelinated) ขณะที่ตัวรับความรู้สึกจากแรงกดจะส่งกระแสประสาทผ่านเส้นใยประสาทขนาดใหญ่ที่มีปลอกหุ้ม (larger myelinated) เส้นใยประสาทแต่ละชนิดจะนำกระแสประสาทเข้าสู่ไขสันหลังและเชื่อมโยงผ่าน interneuron เพื่อนำกระแสประสาทไปยังสมอง เนื่องจากเส้นใยประสาทรับแรงกดมีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดซึ่งจะทำให้การนำกระแสประสาทจากเส้นใยประสาทรับแรงกดมีความไวกว่า เมื่อเกิดการกระตุ้นกระประสาทรับแรงกดจะเข้าสู่ไขสันหลังและจะยับยั้งกระแสประสาทความเจ็บปวดที่บริเวณ dorsal horn ภายในไขสันหลัง ซึ่งลักษณะการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค CR และ CRAC จะเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ยืดเพื่อต้านแรงจากการยืดหลังจากนั้นกล้ามเนื้อที่ถูกยืดจะมีความยาวเพิ่มขึ้น ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวเพื่อต้านแรงจากการยืดจะทำให้เกิดการกระตุ้น GTO เนื่องจากมีแรงกดภายในกล้ามเนื้อซึ่งจะส่งผลกระตุ้นกลไกประตูควบคุมความเจ็บปวดทำให้สัญญาณประสาทความเจ็บปวดถูกยับยั้งเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อทนทานต่อความเจ็บปวดขณะถูกยืดได้มากขึ้นและนำไปสู่การเพิ่มความยาวของกล้ามเนื้อและองศาการเคลื่อนไหว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อกระบวนการนี้เกิดขึ้นซ้ำๆ GTO จะมีการปรับตัวโดยลดการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อส่งผลให้เกิดแรงต้านต่อการยืดเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากขึ้น ซึ่งการที่กล้ามเนื้อเกิดแรงมากขึ้นในขณะที่กำลังยืดยาวออกอาจจะช่วยเพิ่มแรง (force) และความแข็งแรง (strength) ของกล้ามเนื้อได้ตามหลักการของทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและแรงตึงของกล้ามเนื้อ (length – tension relationship) (64)

2.5.2.5 กลไกการเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อ

การเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อขณะยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF นั้นเกิดจากกล้ามเนื้อมีการหดตัวทั้งแบบ concentric และ isometric ตลอดการยืดกล้ามเนื้อ ซึ่งลักษณะการยืดรูปแบบนี้จะเกิดการหดตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สลับกับการคลายตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับการยืดยาวของกล้ามเนื้อเพื่อไปสู่องศาการเคลื่อนไหวที่มากขึ้น กล้ามเนื้อจึงมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบต่างๆ ได้แก่ ลดแรงต้านที่เกิดจากความหนืดของกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อ เพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงาน และการเพิ่มอัตราเร็วในการนำกระแสประสาท การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเหล่านี้จะนำไปสู่การเพิ่มสมรรถภาพกล้ามเนื้อ (79)

2.5.2.6 กลไกการเก็บและปล่อยพลังงานศักย์ (potential energy) กล้ามเนื้อ

การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF จะมีผลต่อการเพื่อความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ ลดการยึดติดของ MTU ทำให้กล้ามเนื้อสามารถยืดยาวได้มากขึ้นขณะเกิดการหดตัวแบบ eccentric ซึ่งการที่กล้ามเนื้อสามารถยืดยาวได้มากในช่วงนี้จะทำให้เกิดการเก็บสะสมพลังงานศักย์ในกล้ามเนื้อได้มากขึ้นตามความยาวของกล้ามเนื้อที่ยืดยาวออก และเมื่อกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวกลับแบบ concentric จะทำให้พลังงานศักย์ที่ถูกเก็บสะสมขณะยืดยาวออกในช่วงที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบ eccentric ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแบบของแรงกล้ามเนื้อ (muscle force) ขณะกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวกลับแบบ concentric (39)

2.6. กำลัง (power)

กำลัง (power) คืองาน (work) ที่ได้จากการออกแรง (force) กระทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในระยะทางต่างๆ (distance) ต่อระยะเวลา (time) ที่ใช้ในกระทำหรือในความเร็ว (velocity) หนึ่ง ซึ่งคำนวณเป็นสูตรคือ P = W/T หรือ P = F.d/v (P = power, W = work, T = time, d = distance, v = velocity) ดังนั้นกำลังหมายถึง ผลผลิตของแรงที่กระทำในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งแรงที่เกิดจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการหดตัวจึงเป็นส่วนสำคัญในการสร้างกำลังกล้ามเนื้อ หรือเรียกอีกอย่างว่า พลังระเบิด (explosive power) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ระดับ 40-60 เปอร์เซ็นต์ของแรงในการหดตัวสูงสุด (maximal voluntary contraction) มีความเหมาะสมสำหรับการสร้างพลังระเบิดให้เกิดได้มากที่สุด (80) และความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อก็เป็นส่วนในการสร้างพลังระเบิดของกล้ามเนื้อได้เช่นกัน พลังระเบิดเป็นรูปแบบของการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใช้พลังงานในระยะเวลาสั้น ซึ่งร่างกายจะนำเอาสารให้พลังงานสูง เช่น adenosine triphosphate (ATP) และ creatine phosphate (CP) ซึ่งให้พลังงานในระยะเวลาไม่เกิน 10 วินาทีมาใช้

พลังระเบิด (explosive power) เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อในช่วง eccentric contraction ต่อด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ concentric ตามมา ซึ่งรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะนี้เรียกว่า stretch-shortening cycle (SSC) การถูกยืดของเอ็นกล้ามเนื้อและโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นภายในกล้ามเนื้อในขณะที่กล้ามเนื้อกำลังทำงานแบบ eccentric จะเกิดการสะสมพลังงานศักย์เพื่อจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในช่วงที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบ concentric ของวงจร SSC เนื่องจากเอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) มีค่าสัมประสิทธิ์การหดกลับเมื่อถูกยืดที่มากซึ่งจะทำให้พลังงานศักย์กว่า 90 เปอร์เซ็นต์ที่สะสมขณะกล้ามเนื้อถูกยืดยาวออก (eccentric) จะถูกปล่อยออกมาขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวกลับ (concentric) เปรียบได้กับหนังยางที่ถูกยืดออกและปล่อยให้ดีดกลับ และอาจเป็นไปได้ว่าพลังงานที่เกิดจากการหดกลับของกล้ามเนื้อนี้มีมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังทั้งหมดในการกระโดด (81)

2.6.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังระเบิด (explosive power) ของกล้ามเนื้อ (82)

2.6.1.1 ความแข็งแรง (strength)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญในการสร้างกำลังกล้ามเนื้อ ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มากจะทำให้เกิดแรงจากการหดตัวที่มากและเป็นส่วนที่ทำให้กำลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความเร็วในการหดตัว ซึ่งการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะทำได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกความเร็วในการหดตัว จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (F=ma; F = force, m = mass, a = acceleration) จะเห็นได้ว่าแรงที่เกิดจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมีความสัมพันธ์กับความเร่ง (acceleration) ซึ่งความเร่งนั้นเป็นทักษะที่สำคัญในการเล่นกีฬาหลายประเภท ดังนั้นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญเท่ากับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อในการสร้างพลังระเบิดจากกล้ามเนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกล้ามเนื้อและแรง (length-tension relationship)

ความยาวของ sarcomeres ในกล้ามเนื้อขณะหดตัวเต็มที่ยาวประมาณ 1.2 ไมโครเมตร และขณะคลายตัวเต็มที่ยาวประมาณ 3.6 ไมโครเมตร ซึ่งความยาวของ sarcomere มีความสัมพันธ์กับแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพราะความยาวของ sarcomere ที่มากหรือน้อยเกินไปจะลดประสิทธิภาพการจับกัน (overlap) ระหว่าง myosin กับ actin จะเป็นผลให้อัตราส่วนของวงจร cross-bridge ลดลง ซึ่งจะหมายถึงการสร้างแรงจากกล้ามเนื้อได้น้อยเช่นกัน ดังนั้นจึงมีการศึกษาความยาวของ sarcomere ที่เหมาะสมในการที่จะทำให้เกิดแรงสูงสุด พบว่าความยาวที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 2.2 ไมโครเมตร หรือประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของความยาว sarcomere ขณะพัก ที่ตำแหน่งนี้จะมีการจับกันของ myosin กับ actin ได้มากที่สุดทำให้อัตราส่วนของวงจร cross-bridge มีสูงสุด ดังนั้นแรงหดตัวของกล้ามเนื้อที่ตำแหน่งนี้จึงมีมากที่สุด สำหรับสรีรวิทยาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการสร้างพลังระเบิด (explosive power) ให้เกิดขึ้นในทางกีฬา ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนไหวของนักกีฬามีพละกำลังได้มากที่สุด เช่น นักวิ่ง จำเป็นต้องมีการจัดท่าทางเพื่อให้กล้ามเนื้ออยู่ในความยาวที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมวิ่งออกตัว (sprint) เพื่อให้เกิดพลังระเบิดได้มากที่สุดขณะ sprint ในนักกีฬาวอลเลย์บอลการที่จะกระโดดให้สูงนักกีฬาจะต้องย่อเข่าลงในตำแหน่งที่พอดีจึงจะทำให้การกระโดดทำได้สูงที่สุด

2.6.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (force-velocity relationship)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีความเชื่อมโยงกันแบบผกผัน ซึ่งพบว่าหากแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วในการหดตัวน้อยลงหรือหดตัวช้าลงนั้นเอง ปรากฏการณ์นี้ถูกค้นพบโดยการสังเกตการยกน้ำหนักของนักยกน้ำหนักขณะฝึกซ้อม ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อให้แรงต้านหรือน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนักยกน้ำหนักจะต้องใช้แรงจากกล้ามเนื้อมากขึ้น โดยที่ความเร็วในการยกจะลดลง จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีแนวโน้มเอียงชิดทางด้านขวา หมายถึง ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวด้วยความเร็วที่มากเท่าใดก็จะทำให้เกิดแรงในการหดตัวที่น้อยลง ดังนั้นความสัมพันธ์นี้จึงมี

ความสำคัญต่อการสร้างพลังระเบิดของกล้ามเนื้อเพราะทั้งแรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อต่างมีอิทธิพลต่อกำลังกล้ามเนื้อทั้งสิ้น

2.6.2 การประเมินกำลัง

การประเมินกำลังเป็นการทดสอบสมรรถภาพของร่างกายในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ซึ่งเป็นการประเมินทางอ้อม โดยการใช้กำลังในระยะสั้นไม่เกิน 10 วินาที ร่างกายจะใช้พลังงานจากระบบ ATP และ CP หรือ phosphagen ที่สะสมในกล้ามเนื้อและอาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของกรดแลคติคในร่างกายบ้างเล็กน้อย ในขณะที่การทดสอบที่ใช้เวลามากกว่านี้แต่ไม่เกิน 3 นาที จะใช้พลังงานจากการสลายไกลโคเจน ซึ่งจะมีการสะสมกรดแลคติคในร่างกายเพิ่มมากขึ้นและอาจจะทำให้ร่างกายเกิดการล้า (fatigue) (83) รูปแบบการทดสอบกำลังที่นิยมใช้ได้แก่ margaria test, wingate test, วิ่ง sprint และการกระโดดสูง (vertical jump) ซึ่ง margaria test และ wingate testเป็นการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในห้องทดลอง แต่การทดสอบวิ่ง sprint และการกระโดดสูงเหมาะสมสำหรับการประเมินนักกีฬาในภาคสนาม เนื่องจากการทดสอบทั้งสองชนิดทำได้ง่ายและสะดวก (84) โดยเฉพาะการกระโดดสูงซึ่งเป็นการประเมินพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาที่เกี่ยวข้องกับกลไก SSC เนื่องจากการทดสอบลักษณะนี้กล้ามเนื้อจะใช้เวลาในการหดตัวสั้นมากซึ่งอาจจะไม่สามารถประเมินการส่งผ่านพลังงานจากระบบ ATP และ CP ได้ แตกต่างจาก margaria test และ wingate test ที่กล้ามเนื้อจะต้องอาศัยกลไกทางเคมีจากระบบ ATP และ CP ในการทำงานของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงมีการแนะนำว่าการประเมินกำลังโดยวิธีกระโดดสูงเป็นการทดสอบพลังระเบิดของกล้ามเนื้อได้ดีที่สุดและเหมาะสมสำหรับการใช้ทดสอบนักกีฬาทั้งภาคสนามและห้องทดลอง (84)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Markovic และคณะ (85) ได้ศึกษาความน่าเชื่อถือ (reliability) และความเที่ยงตรง (validity) ของการทดสอบกระโดดสูง (vertical jump) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง พบว่าการทดสอบกระโดดสูงประเภท countermovement jump มีความเที่ยงตรง (r=.87) และความน่าเชื่อถือ (r=.98) อยู่ในเกณฑ์สูงที่สุดในการใช้ประเมินพลังระเบิดของรยางค์ล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบกระโดดสูงประเภทอื่น โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยความคุ้นเคยของ

อาสาสมัครในการทดสอบแต่ละครั้ง (86) Domire และ Challis (87) เปรียบเทียบการกระโดดสูงโดยกำหนดมุมของการงอเข่าที่เหมาะสมก่อนการกระโดดกับการกระโดดสูงโดยให้อาสาสมัครเลือกมุมของการงอเข่าก่อนกระโดดเองตามความถนัด พบว่าความสูงของการกระโดดทั้งสองประเภทไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษานี้ให้เหตุผลว่าการกำหนดมุมการงอเข่าให้อาสาสมัครจะทำให้เกิดความไม่คุ้นเคยต่อการย่อตัวในการกระโดด ตรงกันข้ามกับการที่ให้อาสาสมัครเลือกมุมของการงอเข่าก่อนกระโดดเองตามความถนัดซึ่งจะทำให้การประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้ดีกว่าเนื่องจากเป็นมุมการงอเข่าที่อาสาสมัครมีความคุ้นเคย Cormack และคณะ (88) ทำการศึกษาความน่าเชื่อถือชนิด intra-day reliability และ inter-day reliability ของการทดสอบกระโดดสูงประเภท countermovement jump 1 ครั้ง (1CMJ) และ 5 ครั้ง (5CMJ) พบว่า การทดสอบกระโดดสูง 1CMJ และ 5CMJ มีความน่าเชื่อถือชนิด intra-day reliability และ inter-day reliability อยู่ในเกณฑ์สูง ($CV < 10\%$) แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะค่ากำลังเฉลี่ย (mean power) พบว่า 1CMJ มีความน่าเชื่อถือชนิด intra-day reliability มากกว่า 5CMJ เนื่องจากการทดสอบแบบ 5CMJ จะทำให้มุมในการงอข้อเข่าขณะ landing ในแต่ละครั้งต่างกันซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างกำลังในการกระโดดครั้งต่อไป รวมทั้งการกระโดดหลายครั้งอาจจะทำให้ความมั่นคงขณะทรงตัวลดลง

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วัดการกระโดดสูงจะมีลักษณะของ contact mat เชื่อมต่อกับนาฬิกาจับเวลาเพื่อวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) และเวลาที่ร่างกายลอยตัวอยู่ในอากาศ (flight time) ขณะกระโดด โดยเครื่องวัดจะคำนวณตัวแปรทั้งสองชนิดออกมาเป็นความสูงของการกระโดดในแต่ละครั้ง (89) จากการศึกษาของ Reeve และ Tyler รายงานว่าการประเมินความสามารถในการกระโดดสูงและคำนวณออกมาเป็นกำลังสูงสุด (peak power) โดยใช้เครื่องมือ Smart jump contact mat เปรียบเทียบกับการใช้ platform ชนิดอื่น พบว่า ค่าความสูงจากการกระโดดและค่ากำลังสูงสุดของการวัดโดยใช้ contact mat มีค่ามากกว่าการใช้ platform ชนิดอื่น (90) สำหรับการทดสอบวิ่ง sprint เป็นการทดสอบที่ใช้ประเมินกำลังของนักกีฬาภาคสนาม โดยระยะทางที่ใช้ในการทดสอบมีหลายระยะ แต่ระยะในการวิ่งที่นิยมใช้ในการทดสอบคือ ระยะ 20 เมตรเนื่องจากเป็นระยะทางเฉลี่ยที่ใช้สำหรับการวิ่ง เพราะนักฟุตบอลจะมีการวิ่ง sprint ระหว่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10-30 เมตร ในแต่ละครั้ง (91) และการทดสอบนี้มีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์สูง (test-retest reliability = .98) (63)

2.7. ความคล่องตัว (agility)

ความคล่องตัว (agility) หมายถึง การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ (change direction) ด้วยความเร็ว (speed) และความแม่นยำ (accuracy) (92) ซึ่งต้องอาศัยความสามารถของการระเบิดพลังกล้ามเนื้อ (explosive power) การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ การเร่งความเร็ว (acceleration) และการชะลอความเร็ว (deceleration) ในขณะที่ร่างกายมีการควบคุมสมดุล (balance) โดยรักษาความเร็วในการเคลื่อนที่ให้มากที่สุด (93) ทักษะความคล่องตัวบ่อยครั้งใช้อธิบายความสามารถของการประสานสัมพันธ์ (coordination) ของร่างกายในนักกีฬา ความคล่องตัวเป็นทักษะที่ต้องผสมผสานทักษะด้านอื่นๆด้วยเช่น ความแข็งแรง (strength) กำลัง (power) ความเร่ง (acceleration) การชะลอความเร็ว (deceleration) การประสานสัมพันธ์ (coordination) การรับรู้ (perception) ปฏิกิริยาตอบสนอง (reaction) การทรงตัว (balance) และ ความยืดหยุ่น (dynamic flexibility) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะทำให้ทักษะความคล่องมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น (94-96) นักกีฬาส่วนใหญ่ใช้ทักษะความคล่องตัวน้อยกว่า 10 วินาทีในแต่ละครั้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าความคล่องตัวเป็นทักษะที่ใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic energy) และมีกีฬาหลายประเภทที่ใช้ทักษะนี้ในการเป็นองค์ประกอบในการเคลื่อนไหว เช่น นักฟุตบอลจำเป็นต้องมีทักษะความคล่องตัวในการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกการปะทะหรือการสกัดจากผู้เล่นฝั่งตรงข้าม (97) โดยขณะแข่งขันนั้นนักฟุตบอลจะมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวในทุกๆ 2-3 วินาที (98) และตลอดทั้งการแข่งขัน 90 นาที นักฟุตบอลมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวทั้งหมดประมาณ 1200-1400 ครั้ง (99) ดังนั้นความคล่องตัวจึงเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเล่นกีฬาฟุตบอล หากไม่นับทักษะเฉพาะที่ใช้สำหรับกีฬาแต่ละประเภทแล้ว ความคล่องตัวถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการเล่นกีฬาหลายประเภท (94) แต่อย่างไรก็ตามความคล่องตัวจะมีความแตกต่างกันตามระดับความสามารถของนักฟุตบอล โดยการศึกษาของ Kutlu และคณะ (54) พบว่าทักษะความคล่องตัวมีความแตกต่างกันตามระดับการแข่งขันของนักฟุตบอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟุตบอลอาชีพจะมีความคล่องตัวมากที่สุด รองลงมาคือนักฟุตบอลระดับสมัครเล่นและนักฟุตบอลระดับเยาวชนตามลำดับ

2.7.1 การประเมินความคล่องตัว

สำหรับการประเมินทักษะความคล่องตัวมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเร็วหรือความสามารถในการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนตำแหน่งการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วในระนาบแนวราบ (horizontal plane) (100) โดยการประเมินความคล่องตัวแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ การประเมินทักษะความคล่องตัวแบบปิด (close skill) และการประเมินทักษะความคล่องตัวแบบเปิด (open skill) (8)

2.7.1.1 การประเมินทักษะความคล่องตัวแบบปิด (close skill) ซึ่งสถานการณ์ในการทดสอบนั้นจะมีการจัดเตรียมไว้อย่างมีแบบแผนที่แน่นอน เช่น การทดสอบ T-drill agility, Ilinois agility, Balsom Agility และ 505 agility เป็นต้น โดยเฉพาะการทดสอบ T-drill agility ซึ่งเป็นการทดสอบที่นิยมใช้วัดความคล่องตัวในนักกีฬาฟุตบอลเนื่องจากเป็นการทดสอบที่มีการเคลื่อนไหวคล้ายคลึงกับการเล่นฟุตบอล รวมทั้งยังมีความเที่ยงตรง (validity) และความน่าเชื่อถือ (reliability) อยู่ในเกณฑ์สูงสำหรับใช้ในการทดสอบความคล่องตัว (101)

2.7.1.2 การประเมินทักษะความคล่องตัวแบบเปิด (open skill) ซึ่งการทดสอบนี้จะไม่มีการจัดเตรียมการทดสอบที่เป็นแบบแผนที่แน่นอน การเคลื่อนไหวจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่มากระตุ้น โดยการทดสอบนี้จะเน้นการใช้ปฏิกิริยาตอบสนอง (reaction) การรับรู้ของร่างกายภายใต้การเคลื่อนไหวการทดสอบนี้อาจจะใช้สัญญาณไฟหรือสัญญาณเสียงในการส่งสัญญาณให้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหว เช่น การทดสอบ reactive agility ซึ่งเป็นจะเป็นการทดสอบที่สามารถจัดรูปแบบการเคลื่อนไหวให้คล้ายคลึงกับลักษณะเฉพาะของการเคลื่อนไหวในกีฬาแต่ละประเภทได้ (8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8. สมรรถภาพด้านร่างกายของนักกีฬาฟุตบอล

ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งกีฬาฟุตบอลนั้นมีการแข่งขันหลายระดับประเภททั้งฟุตบอลหญิงฟุตบอลชาย ระดับผู้ใหญ่หรือระดับเยาวชน ซึ่งลักษณะความสามารถนั้นจะแตกต่างกันไป ความสามารถของนักฟุตบอลนั้นจะขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ทักษะความสามรถเฉพาะตัว กลยุทธ์ในการเล่น ทักษะความรู้ทางชีวกลศาสตร์ สภาพจิตใจ และสรีรวิทยาของร่างกาย กีฬาฟุตบอลนั้นอาจจะไม่ใช่กีฬาที่เกี่ยวข้องในเชิงวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่วิทยาศาสตร์จะสามารถทำให้สมรรถภาพของนักฟุตบอลดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จของการแข่งขัน ในขณะการแข่งขันนักฟุตบอลจะต้องใช้พลังงานของร่างกายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นนักฟุตบอลจึงจำเป็นที่จะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดีเช่น ความเร็วในการวิ่ง (sprint) ความเร่ง (acceleration) กำลังกล้ามเนื้อ (power) และความคล่องตัว (agility) (14) ซึ่งพบว่านักฟุตบอลเคลื่อนที่โดยใช้สมรรถภาพทางกายเหล่านี้เพียง 11 เปอร์เซ็นต์ของระยะทางในการเคลื่อนที่ตลอดทั้งการแข่งขันและสมรรถภาพทางกายที่ดีเหล่านี้จะนำไปสู่การทำประตู (score) และเป็นตัวกำหนดคุณภาพของทีมขณะทำการแข่งขัน (53) มีรายงานว่า ขณะแข่งขันตลอด 90 นาที นักฟุตบอลจะวิ่งเป็นระยะทางทั้งหมดประมาณ 10 กิโลเมตร และค่าเฉลี่ยความหนักของการใช้พลังในขณะแข่งขันมีค่าประมาณ 80-90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (MHR) ซึ่งพลังงานที่ใช้ส่วนมากจะเป็นพลังระเบิด (explosive power) เช่น การกระโดด (jumping) การปะทะ (tackling) การเตะ (kicking) การเปลี่ยนทิศทาง (change of direction) และการวิ่ง (sprint) (91)

ขณะทำการแข่งนักฟุตบอลจะมีการวิ่ง sprint เฉลี่ยทุกๆ 90 วินาที ในแต่ละครั้งจะใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 2-4 วินาที โดย 96% ของการวิ่ง sprint จะมีระยะทางน้อยกว่า 30 เมตร และ 49% มีระยะทางน้อยกว่า 10 เมตร ซึ่งมีการศึกษารายงานว่านักฟุตบอลที่วิ่งช้าที่สุดจะตามหลังนักฟุตบอลที่วิ่งเร็วที่สุดถึง 1 เมตร (91) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวิ่ง sprint มีความสำคัญต่อการแข่งขันฟุตบอล

นอกจากนี้พบว่านักฟุตบอลมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหว ทุกๆ 2-3 วินาที ซึ่งตลอดการแข่งขันพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวทั้งหมด 1200-1400 ครั้ง (99) และการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวนี้จะต้องอาศัยทักษะความคล่องตัวซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพและรวดเร็วแม่นยำ ดังนั้นความคล่องตัวจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับนักฟุตบอล สำหรับการทดสอบความคล่องตัวในนักฟุตบอลมีลักษณะการทดสอบอยู่หลายชนิด เช่น การทดสอบ Zig-zag test การทดสอบ T-drill agility การทดสอบ Ilinois agility การทดสอบ Balsom Agility และการทดสอบ 505 agility เป็นต้น โดยเฉพาะการทดสอบ T-drill agility ซึ่งเป็นการทดสอบที่นิยมใช้วัดความคล่องตัวในนักฟุตบอลโดยการทดสอบนี้มีการเคลื่อนที่ของร่างกายในทุกๆทิศทาง ดังนั้นการเคลื่อนไหวจึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับการเล่นฟุตบอล (101)

ความแข็งแรงและกำลัง จะเป็นส่วนที่สำคัญมากสำหรับนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดแรงได้มากขึ้นขณะหดตัวด้วยความแรงสูงสุด (MVC) กำลัง คือ ผลผลิตของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็วของการเคลื่อนไหว หากการเคลื่อนไหวเกิดได้รวดเร็วกล้ามเนื้อทำงานด้วยแรงมากสุดทำให้เกิดกำลังสูงสุดในช่วงเวลานั้น ซึ่งการเพิ่มแรงและกำลังของกล้ามเนื้อจะนำไปสู่ระดับการยกระดับสมรรถภาพที่สำคัญ ในนักฟุตบอล เช่น ความเร่ง (acceleration) ความเร็ว (speed) การกลับตัว (turning) และการเปลี่ยนทิศทาง (change of direction) โดยกำลังและความแข็งแรงมีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับการทดสอบการกระโดดสูง และการวิ่ง 20 เมตร (102, 103) ซึ่งการทดสอบทั้งสองชนิดจะเป็นการทดสอบการใช้พลังงานในระบบ anaerobic สำหรับนักฟุตบอลซึ่งเป็นที่นิยม พลังงานระบบนี้จะถูกใช้มากที่สุดขณะวิ่ง sprint และขณะกระโดด (vertical jump) ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการแข่งฟุตบอล (91) การกระโดดเป็นการประเมินกำลังกล้ามเนื้อขาของนักฟุตบอล การทดสอบกระโดดสูงมักจะกระทำแบบ squat jump หรือ countermovement jump โดยการใช้แขนเหวี่ยงช่วยหรือไม่ใช้แขนเหวี่ยงช่วยก็ได้ สำหรับการทดสอบวิ่ง sprint20 เมตร เป็นการประเมินกำลังจากความเร็วที่ได้จากการวิ่ง ซึ่งการทดสอบนี้เป็นที่นิยมอย่างมากสำหรับวัดการวิ่ง sprint ในนักฟุตบอล เนื่องจากใช้ระยะทางที่คล้ายคลึงกับการวิ่ง sprint ขณะแข่งขันจริง (91)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved