ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Peak Torque Quadriceps Muscle

กรกต ศรีกวีเพชรรัตน์[1*] อุดร รัตนภักดิ์[2] และราตรี เรืองไทย[1]

Korakot Srikaveepetcharut[1*], Udon Ruttanapak[2] and Ratree Ruangthai[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่(SS) แบบเคลื่อนที่(DS) และแบบการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค contract-relax (PNF-CR) ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย อายุ 18-21 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จำนวน 30 คน โดยที่กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า คนละ 4 ครั้ง คือ แบบไม่มีการยืดเหยียด (NS) และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 แบบ แต่ละแบบ เว้นระยะห่างกัน 48 ชั่วโมง และในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองนั้นกลุ่มตัวอย่างจะต้องเริ่มด้วยการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยาน ที่ความหนัก 60% HRR 5 นาที แล้วทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 15 วินาที แล้วจึงทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้วยเครื่องไอโซคิเนติค Biodex system 3 ที่ระดับความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบมิติเดียวและเปรียบเทียบความแตกต่าง เป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ มีค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS (225.17 Nm) รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR (213.15 Nm) และ แบบ SS (209.93 Nm) ส่วนค่าเฉลี่ยของของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS (185.20 Nm) สูงกว่าแบบ SS (177.73 Nm) และแบบ PNF-CR (180.58 Nm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่าง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF-CR กับแบบ SS จากการทดลองนี้พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS ทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลันและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

คำสำคัญ : การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค Contract-Relax แรงเชิงมุมสูงสุด ผลระยะเฉียบพลัน

[1] คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[*] Corresponding author : Tel. 0-2579-0594, E-mail : korakod_ku66@hotmail.com

ABSTRACT

The purposes of this research were to study and compare the acute effects of static stretching (SS), dynamic stretching (DS), and proprioceptive neuromuscular facilitation contract-relax (PNF-CR) stretching on peak torque of quadriceps muscle. Thirty male participants aged 18-21 years were randomly selected from physical education students of Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus. Repeated measures design was used. All subject were tested 4 times (non-stretching and 3 after the stretches), 48 hours apart. During 4 separate laboratory visits, each subject performed 5 minutes of stationary cycling at 60% HRR before performing the control condition, SS, DS, or PNF-CR. The peak torque of quadriceps muscle was measured on Biodex system 3 at angular velocities of 60 and 120 °/s immediately after the stretching. The data were analyzed by using ANOVA with repeated measure and multiple comparison was performed by Tukey at 0.05 level of significance.

The results indicated that the peak torque of quadriceps muscle at angular velocities of 60°/s after stretching between each stretching methods (SS, DS and PNF-CR) were significant difference. The highest muscle strength was found in DS (225.17 Nm), second to PNF-CR (213.15 Nm), and the lowest value was observed in SS (209.93 Nm). In addition, the peak torque of quadriceps muscle at angular velocities of 120°/s after stretching between SS (177.73 Nm) and DS (185.20 Nm), DS and PNF-CR (180.58 Nm) were significant difference. However, there were no significant difference between SS and each PNF-CR. The findings suggest that dynamic stretching may increase acute muscular strength. These findings may have important implications.

Keywords : Static Stretching, Dynamic Stretching, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Contract-Relax Technique Stretching, Peak Torque, Acute Effect.

E-mail : **korakod_ku66@hotmail.com**

คำนำ

สมรรถภาพทางกายที่ดี ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานทางด้านร่างกายที่ทุกคนต้องการ เพื่อที่จะรองรับการเคลื่อนไหวและการสร้างแรงหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ ศิริรัตน์ (2544) กล่าวว่า แรงที่เกิดขึ้นในขณะที่กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงนั้นจะเป็นไปตามกฎของนิวตัน แต่หากมีการเคลื่อนที่เชิงมุมหรือมีการบิดหมุนไปของกล้ามเนื้อ แรงชนิดนี้ ตามหลักกลศาสตร์ เรียกว่า ทอร์คหรือแรงเชิงมุม (torque) และความสามารถในการหดตัวกล้ามเนื้อเพื่อเอาชนะแรงต้านภายนอกและภายในนั้น ตามหลักการสรีรวิทยา เรียกว่า ความแข็งแรงกล้ามเนื้อ (สนธยา, 2547) ทั้งนี้การที่บุคคลทั่วหรือนักกีฬาจะสามารถแสดงทักษะการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะต้องอาศัยความพร้อมการสร้างแรงหดตัวของกล้ามเนื้อและขั้นตอนสำคัญที่จะส่งผลต่อการใช้แรงของกล้ามเนื้อ คือ การอบอุ่นร่างกายหรือรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ซึ่งรูปแบบและวิธีการดังกล่าวนักกีฬาสามารถปฏิบัติได้เองและอาศัยผู้ช่วยในบางรูปแบบ แต่บางครั้งมักถูกละเลยและขาดการคำนึงถึงขั้นตอนและวิธีการที่ถูกต้อง ส่งผลให้ร่างกายขาดความพร้อมและเป็นผลเสียต่อการแสดงทักษะ

ความสามารถทางกายลดลง ดังเช่น เจริญ (2538) กล่าวว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอ จึงมีประโยชน์เพื่อรักษาและเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อให้มากขึ้นไม่ทำให้ข้อต่อหลวม หรือเกิดความไม่มั่นคงได้ เพราะการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะทำให้กล้ามเนื้อรอบๆ ข้อต่อยืดหยุ่นได้ง่าย เอ็นและเอ็นยึดข้อต่อหนาและแข็งแรงขึ้น

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อมีรูปแบบและวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบแตกต่างกัน ดังเช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (proprioceptive neuromuscular facilitation) มีความปลอดภัยน้อยหากผู้ฝึกปฏิบัติขาดประสบการณ์ วิธีการดังกล่าวมักใช้ในการบำบัดรักษา ฟื้นฟูทั้งคนทั่วไปและนักกีฬา จากการศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค contract-relax และ agonist contract-relax ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททั้งสองส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานและช่วงการเคลื่อนไหวมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Ferber, 2002)

ส่วนรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (static stretching) เป็นวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้ด้วยตัวเองซึ่งมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมาก อย่างไรก็ตามผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีผลต่อความแข็งแรงในกล้ามเนื้อ ดังที่ Zakas *et al.* (2005) กล่าวว่า ผลระยะเฉียบพลันการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ มีผลให้ช่วงการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและอาจส่งผลทำให้ความแข็งแรงและกำลังในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ถูกยืดลดลงได้ 5-30% (Cramer *et al.,* 2004 และ Cornwell *et al.* 2001) สอดคล้องกับ Power *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ใช้ช่วงเวลาการยืดนาน (long duration) เป็นเวลารวม 270 วินาที พบว่า แรงหดเกร็งกล้ามเนื้อสูงสุด (maximal isometric force) ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าลดลง 9.5 % แต่ไม่พบว่ามีผลต่อความสามารถในการกระโดด

ขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (dynamic stretching) นั้นเป็นการปฏิบัติโดยการทำซ้ำๆ กัน โดยให้ส่วนของร่างกายที่เคลื่อนไหวได้ยืดออกในช่วงของการเคลื่อนไหวที่กว้าง เช่น การกระโดดแยกขา แขนขณะลอยอยู่ในอากาศ เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบไม่อยู่กับที่ นี้เป็นที่นิยมในหมู่นักกีฬากันมาก ในขณะเดียวกันผู้ฝึกสอนกีฬาจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีพอสมควร (ศิริรัตน์, 2534) และในด้านการศึกษานั้นยังไม่มีข้อสรุปชัดเจน ดังที่ Unick *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่องการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา เพศหญิง จำนวน 16 คน วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อที่มีรูปแบบต่างกันมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ผลการวิจัยไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างการยืดเหยียดทั้งสองรูปแบบต่อความสามารถในการกระโดด

ดังจะเห็นได้จากการพยายามหาวิธีการคงไว้ซึ่งระดับแรงเชิงมุมหรือสมรรถภาพด้านความแข็งแรงนั้นย่อมส่งผลดี เนื่องจากทำให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในขณะทำการฝึกซ้อมและตลอดช่วงการแข่งขัน และวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนั้นจำเป็นยิ่งในขั้นการเตรียมพร้อมร่างกายที่จะให้กล้ามเนื้อใช้งานและออกแรงหดตัวสูงสุด นอกเหนือจากความแข็งแรงที่เป็นผลโดยตรงกับกล้ามเนื้อ และการศึกษาผลจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อนักวิจัยส่วนใหญ่มุ่งศึกษาผลจากการฝึก (training or chronic effects) แต่การตรวจสอบประเมิน แรงสูงสุดที่เป็นผลมาจากระยะเฉียบพลัน (acute effects) ของการให้โปรแกรมการยืด

เหยียดกล้ามเนื้อนั้นมีความน่าสนใจ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นกับการสร้างแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อมีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางทำให้เกิด ความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลระยะเฉียบพลันจากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 และ 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

อุปกรณ์และวิธีการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย อายุ 18-21 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จำนวน 30 คน เป็นผู้ที่มีสุขภาพดีและไม่มีปัญหาการบาดเจ็บระบบกล้ามเนื้อ ก่อนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ ให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย 1 วัน เพื่อให้ได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ ไม่ให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้าระหว่างที่กำลังทำการทดสอบ

จากนั้นชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึก รวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัยเมื่อกลุ่มตัวอย่างรับทราบรายละเอียดและยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอมและปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผลการทดลอง และเอกสารอธิบายรายละเอียดของโครงการวิจัยเพื่อแสดงต่อกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการฝึก รวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย และเมื่อกลุ่มตัวอย่างรับทราบรายละเอียดและยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย จึงให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงนามยินยอม

2. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย (warm up) โดยการปั่นจักรยาน (cycle ergo meter) เป็นเวลา 5 นาที ความหนักที่ 60% HRR

3. จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขา (ทดสอบขาข้างขวา) แบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (NS) ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหว ที่ระดับความเร็วเชิงมุม ที่ระดับ 60 และ 120 องศาต่อวินาที จำนวน 3 และ 6 ครั้งตามลำดับ จากนั้นให้หยุดพัก 2 วัน

4. กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ซึ่งก่อนการยืดเหยียดกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการจับฉลากเพื่อสุ่มหาวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจาก ทั้ง 3 แบบ คือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (SS) แบบเคลื่อนที่ (DS) และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (PNF-CR) และหลังจากนั้นให้ปฏิบัติตาม ข้อที่ 2. และเข้ารับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพียง 1 แบบ / คน / วัน จากการจับฉลากได้ โดยทั้ง 3 แบบ ใช้เวลาในการยืดเหยียด 15 วินาที จำนวน 3 ครั้ง (3 x 15) ใช้เวลารวม 45 วินาที และหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบให้หยุดพัก 2 วัน

5. ทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่างหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบสิ้นสุดลงเป็นเวลา 3 นาที ใช้การยืดเหยียดและการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อด้วยขาขวา

6. การพัก (rest) ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบ ใช้เวลาหยุดพัก 2 วัน เพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว (recovery) ภายหลังการทดสอบค่าแรงเชิงมุมสูงสุด

7. สถานที่และระยะเวลาการวิจัยครั้งนี้ คือ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2551 เวลา 16.00-18.00 น.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one way analysis of variance with repeated measures) ของค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

3. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ หากพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Tukey

4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง

Variables	Subjects (n=30)
Age (year)	20.00 ± 0.14
Height (cm)	172.60 ± 0.01
Body mass (kg)	64.03 ± 0.91
BMI ($kg.m^{-2}$)	21.51 ± 0.34
% Body fat	16.23 ± 0.48
RHR ($beat.min^{-1}$)	66.13 ± 0.69
60 % HRR ($beat.min^{-1}$)	146.45 ± 0.77
Systolic BP (mmHg)	113.67 ± 1.49
Diastolic BP (mmHg)	75.00 ± 0.94

Note: Data are means ± SE; BMI = body mass index; RHR = resting heart rate; HRR=heart rate reserve; BP = blood pressure

ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่าง (ตารางที่ 1) ประกอบด้วย อายุ (Age) ส่วนสูง (Height) น้ำหนักตัว (Body mass) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (RHR) ดัชนีมวลกาย (BMI) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (%Body fat) และอัตราการเต้นหัวใจสำรองที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ (60%HRR) และความดันโลหิต(BP) จากข้อมูลและองค์ประกอบต่างๆ ดังกล่าวทางด้านทางกายภาพและสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่างมีความใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

Stretching Protocol	PT at 60 (Nm)	PT at 120 (Nm)
Non Stretching (NS)	196.97 ± 5.99	160.40 ± 5.99
Static Stretching (SS)	209.93 ± 5.76	177.73 ± 4.58
Dynamic Stretching (DS)	225.17 ± 5.19	185.20 ± 4.87
PNF Contract-Relax (PNF-CR)	213.15 ± 5.26	180.58 ± 5.29

Note: Data are means ± SE

จากตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS, แบบ SS และแบบ PNF-CR ของกลุ่มตัวอย่าง และแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS, แบบ SS และการยืดเหยียดแบบ PNF-CR ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

(หน่วย : Nm)

แบบการยืดเหยียด	$\bar{X}$	แบบ NS	แบบ SS	แบบ DS	แบบ PNF-CR
แบบ NS	196.97	-	-12.97*	-28.20*	-16.18*
แบบ SS	209.93		-	-15.24*	-3.22*
แบบ DS	225.17			-	12.02*
แบบ PNF-CR	213.15				-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* $P<0.05$

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุด จากแบบ NS แตกต่างจากภายหลังการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า การยืดเหยียดแบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากที่สุด และระหว่างแบบ SS กับ แบบ PNF-CR พบว่า แบบ PNF-CR มีแนวโน้มทำให้เพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากกว่า แบบ SS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ของค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 แบบ

(หน่วย : Nm)

แบบการยืดเหยียด	$\bar{X}$	แบบ NS	แบบ SS	แบบ DS	แบบ PNF-CR
แบบ NS	160.40	-	-17.33*	-24.80*	-20.18*
แบบ SS	177.73		-	-7.47*	-2.48
แบบ DS	185.20			-	4.63*
แบบ PNF-CR	180.58				-

หมายเหตุ เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey

* $P<0.05$

จากตารางที่ 4 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า การทดสอบแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุด จากแบบ NS แตกต่างจากภายหลังการยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า แบบ DS มีการเพิ่มขึ้นของแรงเชิงมุมสูงสุดมากที่สุด และระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS กับแบบ PNF-CR พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และพบว่า การยืดเหยียดแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR มีค่าเฉลี่ยแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่า แบบ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

วิจารณ์

จากการศึกษาผลในระยะเฉียบพลัน จากแบบ NS และภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS, แบบ DS และแบบ PNF-CR พบว่า แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การทดสอบแบบ NS การยืดเหยียดแบบ SS แบบ DS และแบบ PNF-CR มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (ตารางที่ 3) พบว่า แบบ DS มีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ แบบ PNF-CR แบบ SS และแบบ NS มีแนวโน้มของความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ตามลำดับ

แรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ซึ่งเป็นการวัดค่าความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ พบว่า การทดสอบแบบ NS การยืดเหยียดแบบ SS แบบ DS และแบบ PNF-CR มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ (ตารางที่ 4) พบว่า แบบ DS มีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงอดทนเพิ่มขึ้นสูงกว่า ทั้ง 3 แบบ โดยที่แบบ NS มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ส่วนระหว่างการยืดเหยียดแบบ SS และแบบ PNF-CR ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงว่าสำหรับการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต่อเนื่องยาวนานนั้น การยืดเหยียดทั้งสองแบบดังกล่าว ส่งผลต่อความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน และเมื่อคิดอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นร้อยละของความแข็งแรงและความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ เปรียบเทียบกับแบบ NS เพิ่มขึ้นระหว่าง 6.58-13.19% และ 10.80-13.95% ตามลำดับ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีความสอดคล้องกับ Ferber (2002) ได้ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในการงอเข่าโดยศึกษาการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่เปรียบเทียบกับการยืดเหยียดแบบ PNF ด้วยเทคนิค contract-relax (CR) และ agonist contract-relax (ACR) ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหว พบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF ทั้งสองแบบส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานและช่วงการเคลื่อนไหวมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

Papadopoulos *et al. (*2005) ได้ทำการศึกษาผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ ที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซคิเนติค (maximal - isokinetic strength) ที่ความเร็วเชิงมุมที่เป็นการประเมินความแข็งแรงและความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีการเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แต่ในขณะที่การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ ไม่พบว่าส่งผล แสดงให้เห็นว่า ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดแบบเคลื่อนที่ ไม่ส่งผลเสียต่อแรงเชิงมุมของกล้ามเนื้อเมื่อเทียบกับแบบอยู่กับที่

จากสมรรถภาพทั้งสองด้านภายหลังการ ทดสอบทั้ง 4 แบบ พบว่า จากการยืดเหยียดแบบ DS มีค่าแรงเชิงมุมสูงสุด มากที่สุด รองลงมาเป็น แบบ PNF–CR ทั้งนี้เนื่องจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบบ DS และแบบ PNF-CR กล้ามเนื้อได้ทำงานคล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวจริงของกล้ามเนื้อ คือ มีการหดตัวและคลายตัวของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (agonist) ในการเคลื่อนไหว สลับกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (antagonist) การเคลื่อนไหวส่งผลให้เกิดการกระตุ้นที่ตัวรับความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อมากกว่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS ซึ่งเป็นการยืดกล้ามเนื้อของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลักในการเคลื่อนไหวโดยตรงเพียงอย่างเดียว แต่ขณะเดียวกันการที่ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แบบ PNF-CR มีค่าแรงเชิงมุมต่ำกว่า แบบ DS อาจเป็นไปได้ว่า กล้ามเนื้อมีการเมื่อยล้าจากการยืดเหยียด เพราะการยืดเหยียดแบบ PNF-CR จะมีการเกร็งของกล้ามเนื้อต้านแรงของผู้ช่วยปฏิบัติ และน่าจะเป็นอีกเหตุผลที่ค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อ น้อยกว่าการยืดเหยียดแบบ DS ส่วนการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS เป็นการยืดแบบหยุดนิ่งค้างไว้ในแต่ละท่ากายบริหารนั้น เมื่อการ

เคลื่อนไหวของข้อต่อหรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อไปถึงตำแหน่งที่ต้องการ และการทดสอบแบบ NS จะมีเพียงการเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อด้วยการปั่นจักรยานเพียงอย่างเดียวเท่านั้นและไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ จึงอาจทำให้การเพิ่มปริมาณการไหลเวียนเลือดเกิดขึ้นเฉพาะส่วนเท่านั้น ในทางตรงข้ามการยืดเหยียดแบบ DS และ แบบ PNF-CR มีการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ได้รับการยืดเพิ่มขึ้นมากกว่า แบบ SS และการเพิ่มขึ้นของการไหลเวียนเลือดนั้น Woods *et al*. (2007) กล่าวว่า จะทำให้เพิ่มความเร็วและความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (speed and force) โดยการสันดาปพลังงานเพิ่มขึ้นและการลดความหนืดในกล้ามเนื้อลง (viscosity) สอดคล้องกับ เจริญ (2538) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณเลือดที่จะไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อส่งสารอาหารและออกซิเจนไปกับเลือดที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นพลังงานต่อเนื่องต่อไปได้ ทำให้อุณหภูมิของร่างกายหรือกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและมีผลให้อัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากความหนืดในกล้ามเนื้อลดลงอันเป็นผลมาจากอุณหภูมิของร่างกายเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนของแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้น อาจจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เป็นไปได้ว่า ภายหลังการยืดเหยียดแบบ DS มีเส้นใยกล้ามเนื้อมีช่วงความยาวที่ถูกยืดออกอย่างเหมาะสม (optimal sarcomere length) ทำให้โปรตีนแอกติน และไมโอซิน ในเส้นใยกล้ามเนื้อหนาและบาง มีระยะการจับและการสไลด์ตัวเข้าหากัน (cross bridge) อย่างเหมาะสม คือ ช่วงการจับตัวกันของโปรตีนทั้งสองไม่แคบและห่างกันเกินไป (over lap) จึงทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวมากขึ้นสามารถสร้างแรงหดตัวได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นแบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ตามลำดับ สอดคล้องกับ Bompa and Cormacchia (1998) กล่าวว่า เมื่อมีการสร้างแรงหดตัวของกล้ามเนื้อทำให้ซาร์โคเมียร์หดตัว จะเกิดการซ้อนกันระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหนาและชนิดบาง (thin) จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามเมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อการซ้อนกันของซาร์โคเมียร์ในกล้ามเนื้อจะลดลง เพื่อยอมให้เส้นใยกล้ามเนื้อยืดยาวออกไป และหากการซ้อนกันของซาร์โคเมียร์มีระยะการยืดยาวออกในช่วงเหมาะสมหรือมีความยาวเท่ากับความยาวขณะพักกล้ามเนื้อจะมีแรงหดตัวได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Cornwell *et al*. (2001) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของการสร้างแรงเชิงมุมหรือแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ (force or torque production) อาจจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ของความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (length–tension relationship) อย่างไรก็ตามขณะที่องค์ประกอบความยืดหยุ่น (series elastic component, SEC) และพลังงานความยืดหยุ่น (elastic energy) จึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สำคัญในการช่วยสนับสนุนถึงเปลี่ยนแปลงค่าแรงเชิงมุมสูงสุด จากการยืดเหยียดแบบ DS ที่มีค่ามากกว่า แบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Alter (2004) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะพิเศษของการยืดเหยียด แบบ DS นั้น มีผลขององค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อเข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องมากกว่าการยืดเหยียดแบบ PNF และแบบ SS ซึ่งมีการศึกษาได้กล่าวไว้ว่า องค์ประกอบของความยืดหยุ่นกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว (fast movements) ดังนั้น ประโยชน์ที่เกิดขึ้นกับผู้ที่นำไปฝึกหรือนักกีฬา ก็คือจะทำให้มีพลังงานยืดหยุ่นเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและสามารถที่จะนำมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อ และวิธีการฝึกปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวจึงต้องทำด้วยความตั้งใจและระมัดระวัง เพราะจะช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Woods *et al.,* 2007)

ดังนั้นการยืดเหยียดแบบ DS เป็นวิธีการเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อที่จะใช้ความแข็งแรงในระยะเฉียบพลัน สำหรับกลุ่มผู้ที่มีการทำกิจกรรมเคลื่อนไหวทางกายอย่างสม่ำเสมอ เช่น นักพลศึกษา หรือบุคคลที่มีร่างกายแข็งแรง จึงจะส่งผลต่อการออกแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดได้อย่างเหมาะสมสูงสุด เมื่อเทียบกับ แบบ PNF-CR, แบบ SS และแบบ NS ซึ่งมีค่าแรงเชิงมุมน้อยที่สุด (ตามลำดับ) แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS จะมีความเหมาะสมและเป็นที่นิยมแต่ยังมีข้อจำกัด คือ สำหรับคนทั่วไปหรือผู้ที่มีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ไม่ดี ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้นเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ เพราะการปฏิบัติซ้ำๆ กันหลายครั้งจากแบบ DS อาจทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ (เจริญ, 2538)

สรุปผลและเสนอแนะ

สรุป การศึกษาครั้งนี้พบว่าวิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที สำหรับการเตรียมความพร้อมร่างกายด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ การยืดเหยียดแบบ DS รองมาเป็นแบบ PNF-CR, แบบSS และ แบบ NS ส่งผลน้อยที่สุด ส่วนแรงเชิงมุมสูงสุดที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที สำหรับการเตรียมความพร้อมร่างกายด้านความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ การยืดเหยียดแบบ DS แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่าง แบบ PNF-CR และแบบ SS ส่วนแบบ NS ส่งผลต่อความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลภายหลังการยืดเหยียดระยะเฉียบพลันทั้ง 3 แบบ ที่มีผลต่อสมรรถภาพด้านอื่นร่วมด้วย เช่น ความอ่อนตัว ความเร็ว กำลัง ความคล่องแคล่วว่องไว เป็นต้น

ประโยชน์ของผลการวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลเพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปเป็นแนวทางทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดระยะเฉียบพลัน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนิสิตพลศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

เจริญ กระบวนรัตน์. 2538. **เทคนิคการฝึกความเร็ว**. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์.2544. **ชีวกลศาสตร์การกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา. มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

สนธยา สีละมาด .2547. **หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อนันต์ อัตชู. 2538. **หลักการฝึกกีฬา**. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

Alter, M. J. 2004. Science of Flexibility. 3rd ed. **Human Kinetic**, United States of America.

Bompa, Tudor O. and Cormacchia, Lorenzo J. 1998. Serious Strength Training. **Human Kinetics,** Champaign, Illinois.

Cornwell, A., Nelson, A.G., Heise, G.D., Sidaway, B., 2001. Acute Effects of Passive Muscle Stretching on Vertical Jump Performance. **European Journal of Applied Physiology**. 86:428-434.

Cramer, J.T., Housh, T.J., Jonson, G.O., Miller, J.M., Coburn, J.W and Beck, T.W. 2004. Acute effects of static stretching on peak torque in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 18 : 236–241.

Ferber, R.L. 2002. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. **J. electromyigr Kinesiol**. 12: 391-397.

Papadopoulos, G., Siatras, Th. and Kellis S. 2005. The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors. **Isokinetis and Exercise Science**. 14:285-291.

Power, K., Behm,D., Cahill, F., Carroll, M and Yong, W. 2004. An acute bout of of static stretching: effect on force and jumping performance. **Medicince Science of Sport Exercise**. 6 :1389-396.

Unick, J., H. Scott K., Cheesman, and Feeney, 2005. The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. **J. Strength Conditionn**.19 : 206–212.

Woods,K., Bishop,P., and Jones, E. 2007. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. **Sports Medicine**. 37 :1089-1099.

Zakas , A., Doganis, G., Papakonstandinou, V., Sentelidis T., and Vamvakoudis, E. 2005. Acute effects of static stretching duration on isokinetic peak torque production of soccer players. **Sports Physiology**. 10 :89-95.