

ผลของการกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า รวมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านต่อสมรรถภาพ ของกล้ามเนื้อต้นขาในชายสุขภาพดี

วิรัชย์พัช พนิจสถิล*

สมพล สงวนรังศิริกุล** ชมพูนุท สุวรรณศรี***

Pinithsathil V, Sanguanrungrsirikul S, Suwanasri C. Effects of neuromuscular electrical stimulation with or without resistance training on the strength of the thigh muscle in healthy males. Chula Med J 2013 Jul – Aug; 57(4): 529 - 39

Background : *Neuromuscular electrical stimulation with resistance training has a potentiality to be one of the alternative exercises that can reduce injuries caused by excessive resistance in exercise training program. It can be applied to increase the capability of muscle performance in a short period, and easy to be trained in different places, and can be used in general exercise program to achieve the maximum benefit.*

Research Design : *Human experimental study*

Setting : *The Sports Medicine Laboratory, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University.*

Methods : *Fifty-two healthy volunteers were randomized into one of 4 groups: neuromuscular electrical stimulation group (NMES), resistance exercise with neuromuscular electrical stimulation group (RNMES), resistance group (R), and control group (C). The training period was 3 times a week for 4 weeks at 60% of maximum voluntary isometric contraction (MVIC) in each group except the control group.*

* นิสิตปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** คณะกายภาพบำบัดและวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหิดล

The maximum voluntary isometric contraction of the quadriceps, 30 degrees/second eccentric/concentric isokinetic contraction of the quadriceps and 120 degrees / second eccentric/concentric isokinetic contraction of the quadriceps were compared both within group and between groups.

Results : *The strength of volunteers' thigh muscles after training was significantly increased in 3 groups, NMES RNMES and R. No significant difference between groups in MVIC and 120 degrees/second isokinetic contractions. But significantly increased in 30 degrees/second isokinetic contractions in RNMES group. ($p < 0.05$).*

Conclusion : *Neuromuscular electrical stimulation can be efficiently applied to increase the capability of muscle strength the same as resistance exercise especially when applied with resistance exercise training program at 60% MVIC.*

Keywords : *Neuromuscular electrical stimulation, muscular strength, resistance training.*

Reprint request: Sanguanrungsirikul S. Department of Physiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. March 10, 2011.

วิรัชพัช พินิจสถิต, สมพล สงวนรังศิริกุล, ชมพูนุท สุวรรณศรี. ผลของการกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อต้นขาในชายสุขภาพดี. *จุฬาลงกรณ์เวชสาร* 2556 ก.ค. - ส.ค.; 57(4): 529 - 39

เหตุผลของการทำวิจัย : เพื่อให้เป็นการออกกำลังกายอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งสามารถช่วยลดการบาดเจ็บที่เกิดจากการออกกำลังกายจากการใช้แรงต้านที่มากเกินไป ความเหมาะสม สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มระดับความสามารถหรือสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในระยะเวลาอันสั้น สะดวกต่อการฝึกในที่ต่าง ๆ ได้เอง สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าเทียบกับการฝึกโดยใช้แรงต้านต่อการเพิ่มสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

รูปแบบการวิจัย : การศึกษาวิจัยเชิงทดลองในมนุษย์

สถานที่ทำการศึกษา : ห้องปฏิบัติการวิจัยทางเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการศึกษา : แบ่งอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 คนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้าน (RNMES) กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียว (R) และกลุ่มควบคุม (C) ทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่ระดับความหนัก 60% แรงแหดตัวสูงสุดที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ในขณะหยุดนิ่ง เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าและงอเข้าขณะหยุดนิ่ง เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ หดสั้นและแบบยืดยาวออกที่ความเร็ว 30 องศาต่อวินาที และ 120 องศาต่อวินาที

ผลการศึกษา : ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาของอาสาสมัครเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 3 กลุ่ม คือกลุ่ม NMES RNMES และกลุ่ม R โดยความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าขณะหยุดนิ่ง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาทีไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาทีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่ม RNMES เพิ่มมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

- สรุป** : การกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าสามารถให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่ระดับความหนัก 60% ของแรงหดตัวสูงสุดที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ในขณะหยุดนิ่ง
- คำสำคัญ** : การกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, การฝึกโดยใช้แรงต้าน.

ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ สำหรับผู้ที่เล่นกีฬาหรือนักกีฬาเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ที่ทำให้การเล่นกีฬาสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดต่อ โครงสร้างต่าง ๆ หรือช่วยลดความรุนแรงของการบาดเจ็บ ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลไปถึงความสำเร็จในการแข่งขัน หรือการเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกายอย่างที่คาดหวังเอาไว้ โปรแกรมการฝึกซ้อมมากมายถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่ม สมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อทั้งในเรื่องความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ⁽¹⁻⁴⁾ resistance training เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วย ป้องกันหรือฟื้นฟูอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้น ทำให้ body composition เปลี่ยนแปลง ช่วยป้องกันหรือช่วยในการ รักษาภาวะของโรคกระดูกพรุน โปรแกรมการฝึกจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล เพศหรือช่วงอายุ⁽⁴⁻⁶⁾ ในปัจจุบัน เริ่มมีการนำการกระตุ้นไฟฟ้าเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งใน โปรแกรมการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความทนทาน ของกล้ามเนื้อทั้งในนักกีฬาและในคนสุขภาพดีทั่วไป⁽⁷⁾ นอกเหนือจากเพื่อฝึกการรับรู้ของข้อต่อและกล้ามเนื้อ หรือเพื่อการฟื้นฟูภายหลังจากการบาดเจ็บ ลดความเจ็บปวด จากการบาดเจ็บต่าง ๆ⁽⁸⁾ แต่งานวิจัยในเรื่องการเพิ่มความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนปกติโดยใช้เครื่องกระตุ้น ไฟฟ้ายังมีน้อยมากและส่วนใหญ่จะเปรียบเทียบกับกลุ่ม ควบคุมที่ไม่ได้ทำกิจกรรมใด ๆ เลย⁽⁹⁻¹³⁾ ผู้วิจัยจึงมีความ สนใจที่จะศึกษาผลของการกระตุ้นไฟฟ้าต่อการเพิ่มความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยพิจารณาถึงผลของการนำไป ใช้ที่ระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เท่ากัน ทั้งผล จากการใช้การกระตุ้นไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวและผลที่ใช้ การกระตุ้นไฟฟ้าร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ซึ่งผลของงานวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางในการออกกำลังกาย สามารถช่วยลดการบาดเจ็บที่เกิดจากการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการใช้แรงต้าน ที่มากเกินไปเหมาะสม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน นักกีฬาเพื่อประโยชน์ในการเพิ่มระดับความสามารถหรือ

สมรรถภาพของกล้ามเนื้อในระยะเวลาอันสั้น สะดวกต่อ การฝึกในที่ต่าง ๆ ได้เอง สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมการ ฝึกซ้อมปกติเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในด้านภารกิจกีฬา

วิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง ในมนุษย์ (Human experimental study) เพื่อศึกษา ผลของการกระตุ้นเส้นประสาท และกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า ร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านต่อการเพิ่มสมรรถภาพความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ผลของการกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าใน การเพิ่มสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาใน แต่ละรูปแบบของการฝึกโดยอาสาสมัครชายสุขภาพดี อายุระหว่าง 18 - 25 ปี มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 18.5 -23 kg/m² ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าทั้งหมด 52 คน หลังจากทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง คำนวณ BMI แล้วจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 13 คน ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาเพียง อย่างเดียว (NMES) กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าร่วมกับการ ฝึกโดยใช้แรงต้าน (RNMES) กลุ่มที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อ ต้นขาโดยใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียว (R) และกลุ่ม ควบคุมที่จะไม่ได้รับการฝึกใด ๆ (C) ทำการฝึกกล้ามเนื้อ ต้นขาด้านหน้าของอาสาสมัครในกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 สัปดาห์ละ 3 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยจะใช้ขาข้างที่ ไม่ถนัดในการฝึก และพักระหว่างทำการฝึกแต่ละครั้ง อย่างน้อย 1 วัน เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่ใช้ในโปรแกรม การฝึก CefarComplex Rehab400 รูปแบบคลื่นที่ใช้ symmetrical biphasic square (rectangular) waveform frequency 75 Hz. กระตุ้น 4 วินาที พัก 19 วินาที เป็นระยะเวลา 17 นาที active electrode อยู่ที่ Vastus Medialis m. โปรแกรมการเพิ่มความแข็งแรงโดยใช้แรงต้านจะใช้เครื่อง cybex 6000 ใช้แรงต้านแบบ isokinetic ที่ความหนัก 60% MVIC จำนวน 15 ครั้ง 3 ชุด ทำการทดสอบความสามารถ ของกล้ามเนื้อขา (Thigh Muscle Performance) โดยใช้ Cybex 6000 (isokinetic dynamometer) ในการวัดความ

แข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isometric strength test ที่มุมข้อเข่า 60 องศา และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic strength test ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นและแบบยืดยาวออก (concentric contraction/eccentric contraction) ในช่วงข้อเข่า 90 องศาถึงช่วงเหยียดเข่า 15 องศา โดยวัดที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศา/วินาทีและ 120 องศา/วินาที ก่อนการฝึก และหลังการฝึก โดยก่อนการทดสอบแต่ละครั้งอาสาสมัครจะทำการยืดกล้ามเนื้อต้น ขาด้านหน้า ด้านหลัง กล้ามเนื้อน่อง และปั่นจักรยานแบบไม่มีแรงต้านเป็นระยะเวลา 3 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการบรรยายลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-Wilk Test เนื่องจากมีจำนวนประชากรประมาณ 50 คน เปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่าแบบ isometric strength test และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic strength test (concentric contraction/eccentric contraction) ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาทีและ 120 องศาต่อวินาที ทั้งก่อนและหลังการฝึก และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้ one way ANOVA : Post Hoc Multiple Comparisons with Bonferroni และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการฝึกภายในกลุ่มเดียวกันใช้ paired samples t-test ทั้งนี้ได้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มที่ผ่าน

เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมงานวิจัย จำนวนทั้งสิ้น 52 คน ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จากการทดสอบทางสถิติ ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและค่าดัชนีมวลกาย ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า แบบ isometric strength test และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic strength test ทั้งที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นและแบบยืดยาวออก (concentric contraction/eccentric contraction) ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาทีและ 120 องศาต่อวินาที พบว่าทั้ง 4 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 บอกลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ย(mean) \pm ค่า standard deviation (SD) ดังนี้ อายุเฉลี่ยของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มอยู่ที่ 19.77 ปี 22.08 ปี 20.92 ปี และ 20.85 ปี ของกลุ่ม C NMES RNMES และ R ตามลำดับ น้ำหนักตัวเฉลี่ยของกลุ่ม C อยู่ที่ 61.02 กิโลกรัม กลุ่ม NMES 60.18 กิโลกรัม กลุ่ม RNMES 59.25 กิโลกรัม และกลุ่ม R 59.26 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 172.69 ซม. 167.62 ซม. 170.23 ซม. และ 170.08 ซม. BMI เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 20.46 21.39 20.42 และ 20.48 กิโลกรัม/เมตร²

สำหรับในส่วนของคุณค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ก่อนทำการฝึกในแต่ละกลุ่มจะมีค่าดังต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะหยุดนิ่ง (Maximum Voluntary Isometric Contraction) ของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 2.3607 2.5234 2.5899 และ 2.1733 นิวตันเมตร/กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้องอเข่าขณะหยุดนิ่งเท่ากับ 1.2444 1.3116 1.2910 1.1246 นิวตันเมตร/กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าที่มีการหดตัวแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาที อยู่ที่ 1.6772 2.1872 1.8299 และ 1.8190 นิวตันเมตร/กิโลกรัมตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออกอยู่ที่ 2.2413 2.1916 2.4673 และ 1.9050 นิวตันเมตร/กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ตารางที่ 1. ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครแต่ละกลุ่ม

Variables	Group (Mean \pm SD)			
	C (n = 13)	NMES (n = 13)	RNMES (n = 13)	R (n = 13)
Age (years)	19.77 \pm 2.315	22.08 \pm 2.397	20.92 \pm 1.498	20.85 \pm 2.340
Weight (kg.)	61.02 \pm 6.163	60.18 \pm 6.126	59.25 \pm 5.778	59.26 \pm 5.883
Height (cm.)	172.69 \pm 5.893	167.62 \pm 4.407	170.23 \pm 7.833	170.08 \pm 4.838
BMI (kg/m ²)	20.4637 \pm 1.85511	21.3937 \pm 1.68616	20.4235 \pm 1.05375	20.4814 \pm 1.83022
Maximum Voluntary Isometric Contraction - pre test (Nm./kg)				
<i>quadriceps muscle</i>	2.3607 \pm 0.46594	2.5234 \pm 0.42688	2.5899 \pm 0.39163	2.1733 \pm 0.59613
<i>hamstrings muscle</i>	1.2444 \pm 0.28259	1.3116 \pm 0.23544	1.2910 \pm 0.29195	1.1246 \pm 0.37305
30 degrees/second (quadriceps muscle) - pre test (Nm./kg)				
<i>concentric contraction</i>	1.6772 \pm 0.65299	2.1872 \pm 0.42592	1.8299 \pm 0.64284	1.8190 \pm 0.61842
<i>eccentric contraction</i>	2.2413 \pm 0.49295	2.1916 \pm 0.69270	2.4673 \pm 0.91284	1.9050 \pm 0.71564
120 degrees/second (quadriceps muscle) – pre test (Nm./kg)				
<i>concentric contraction</i>	1.2356 \pm 0.50411	1.5107 \pm 0.34379	1.3667 \pm 0.46649	1.2187 \pm 0.47318
<i>eccentric contraction</i>	1.9114 \pm 0.41775	1.7794 \pm 0.51458	2.1318 \pm 0.72453	1.9047 \pm 0.53621

เหยียดเข่าที่มีการหดตัวแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาทีของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 1.2356 1.5107 1.3667 1.2187 นิวตันเมตร/กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัวแบบยืดยาวออกเท่ากับ 1.9114 1.7794 2.1318 และ 1.9047 นิวตันเมตร/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งทุกตัวแปรข้างต้นนี้เมื่อทดสอบทางสถิติ ($p < 0.05$) แล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม

การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา ระหว่างก่อนและหลังโปรแกรมการฝึกของอาสาสมัครภายในกลุ่มเดียวกันและระหว่างกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าขณะหยุดนิ่งภายหลังการฝึกในกลุ่ม NMES มีค่า 3.0696 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม จากก่อนเข้ารับการฝึกที่มีค่า 2.5234 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม กลุ่ม RNMES 3.1654 นิวตันเมตร

ต่อกิโลกรัม จากก่อนเข้ารับการฝึก 2.5899 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม และกลุ่ม R 2.7520 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัมจากก่อนเข้ารับการฝึก 2.1733 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม โดยค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นทั้งสามกลุ่มนี้มีความแตกต่างกับกลุ่ม C อย่างชัดเจน แต่การเพิ่มขึ้นที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม และอาสาสมัครในกลุ่ม R ยังมีค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้องอเข่ามากขึ้นต่างจากกลุ่มอื่นอีกด้วย

ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าที่มีการหดตัวแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาที ผลการฝึกของทั้งสามกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึกเป็น 2.6654 2.7049 และ 2.2154 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับและค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นในกลุ่ม RNMES นี้แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างชัดเจน และภายหลังการฝึกนี้ในกลุ่ม NMES และ R ยังทำให้มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงกล้ามเนื้องอเข่าเป็น 3.1905 และ 2.7492 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัมอีกด้วย

ตารางที่ 2. ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา ก่อนและหลังทำการฝึกของอาสาสมัครภายในกลุ่มแต่ละกลุ่ม

Variables	Group (Mean \pm SD)					
	C	NMES	RNMES	R		
Maximum Voluntary Isometric Contraction (Nm./kg)						
quadriceps muscle	pre test	2.3607 \pm 0.46594	2.5234 \pm 0.42688	2.5899 \pm 0.39163	2.1733 \pm 0.59613	
	post test	2.5086 \pm 0.42906	3.0696 \pm 0.51137* [□]	3.1654 \pm 0.47033* [□]	2.7520 \pm 0.38844* [□]	
hamstrings muscle	pre test	1.2444 \pm 0.28259	1.3116 \pm 0.23544	1.2910 \pm 0.29195	1.1246 \pm 0.37305	
	post test	1.2531 \pm 0.18205	1.4407 \pm 0.26373	1.4395 \pm 0.30650	1.3263 \pm 0.17737*	
30 degrees/second isokinetic contraction – Quadriceps muscle (Nm./kg)						
concentric contraction	pre test	1.6772 \pm 0.65299	2.1872 \pm 0.42592	1.8299 \pm 0.64284	1.8190 \pm 0.61842	
	post test	1.8540 \pm 0.75950	2.6654 \pm 0.49475*	2.7049 \pm 0.40806* [□]	2.2154 \pm 0.64703*	
eccentric contraction	pre test	2.2413 \pm 0.49295	2.1916 \pm 0.69270	2.4673 \pm 0.91284	1.9050 \pm 0.71564	
	post test	2.4200 \pm 0.60486	3.1905 \pm 0.90565*	2.8112 \pm 0.71936	2.7492 \pm 0.72635*	
120 degrees/second isokinetic contraction – Quadriceps muscle (Nm./kg)						
concentric contraction	pre test	1.2356 \pm 0.50411	1.5107 \pm 0.34379	1.3667 \pm 0.46649	1.2187 \pm 0.47318	
	post test	1.2877 \pm 0.17589	1.9460 \pm 0.34284* [□]	2.1911 \pm 0.32607* [□]	1.9708 \pm 0.42359* [□]	
eccentric contraction	pre test	1.9114 \pm 0.41775	1.7794 \pm 0.51458	2.1318 \pm 0.72453	1.9047 \pm 0.53621	
	post test	2.1607 \pm 0.53518*	2.3857 \pm 0.66363*	2.6822 \pm 0.67783*	2.6125 \pm 0.56687*	

* มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังทำการทดสอบภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

□ มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05)

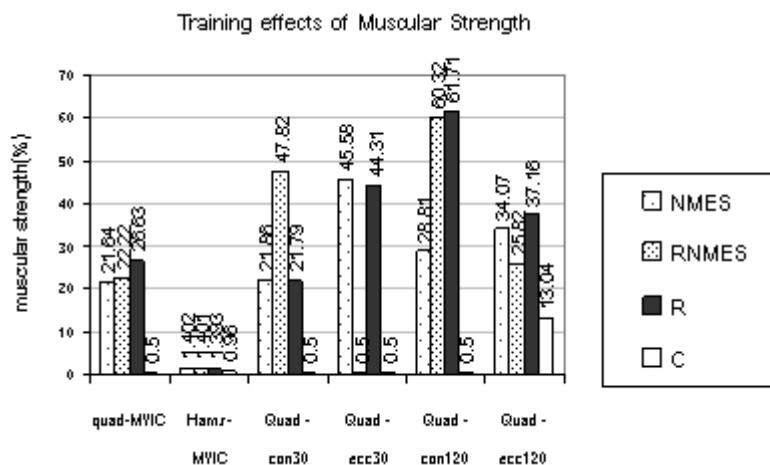
สำหรับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดขาที่ทำงานแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ภายหลังการฝึกทั้งสามกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นและแตกต่างกับกลุ่ม C อย่างชัดเจนที่ 1.9460 2.1911 1.9708 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม โดยค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึก ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังทำการฝึกในทุกกลุ่มคือทั้งกลุ่ม C NMES RNMES และ R มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2.1607 2.3857 2.6822 และ 2.6125 นิวตันเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากผลการศึกษาที่ได้ในช่วงต้น เมื่อนำค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของแต่ละกลุ่มมาทำเป็นเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นเทียบกับก่อนเข้ารับการฝึก (รูปที่ 1) จะได้ผลดังนี้

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายหลังโปรแกรมการฝึกทั้งสามกลุ่มมีการเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูงในทุกตัวแปร

ที่วัดเมื่อเทียบกับกลุ่ม C ที่มีเพียงค่าความแข็งแรงกล้ามเนื้อขาที่หดตัวแบบยืดยาวออกที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาทีเท่านั้นที่เพิ่มขึ้น 13.04% จากก่อนเข้าร่วมงานวิจัยเท่านั้น สำหรับเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มอื่นมีดังนี้

ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหยียดขาแบบ isometric ในกลุ่ม NMES มีค่าเพิ่มขึ้น 21.64% กลุ่ม RNMES เพิ่มขึ้น 22.22% และกลุ่ม R เพิ่มขึ้น 26% เมื่อเทียบกับก่อนเข้าโปรแกรมซึ่งในสามกลุ่มนี้ให้ผลในการเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ในส่วนของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดขาที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาที มี การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงกล้ามเนื้อในกลุ่ม NMES 21.86% กลุ่ม RNMES 47.82% และกลุ่ม R 21.79% เมื่อเทียบกับก่อนเข้าโปรแกรมโดยกลุ่ม RNMES ให้ผลในการ



รูปที่ 1. ความแข็งแรงกล้ามเนื้อต้นขาที่เพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก ($p < 0.05$)

เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อดีกว่ากลุ่มอื่น ผลของการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบยืดยาวออก⁽¹⁸⁾ ที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศาต่อวินาที มีเพียงกลุ่ม NMES ที่มีค่าเพิ่มขึ้น 45.58% และกลุ่ม R ที่เพิ่มขึ้น 44.31% เมื่อเทียบกับก่อนเข้าโปรแกรมเท่านั้นสำหรับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ในกลุ่ม NMES เพิ่มขึ้น 28.81% RNMES เพิ่มขึ้น 60.32% และกลุ่ม R เพิ่มขึ้น 61.71% เมื่อเทียบกับก่อนเข้าโปรแกรมซึ่งในสามโปรแกรมนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออกที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ในกลุ่ม NMES กลุ่ม RNMES และกลุ่ม R ที่เพิ่มขึ้น 34.07% 25.82% และ 37.16% ตามลำดับ ก็ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มเช่นกัน

วิจารณ์

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของสมรรถภาพร่างกายและการมีสมรรถภาพร่างกายที่ดีก็ย่อมส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี ทำให้การทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดต่อโครงสร้างต่าง ๆ หรือช่วยลดความรุนแรง

ของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นได้ โปรแกรมการฝึกซ้อมมากมายถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ resistance training หรือการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านก็เป็นอีกโปรแกรมการฝึกหนึ่งที่น่านำมาใช้เพื่อเพิ่มสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁽¹⁵⁾ ในขณะที่เดียวกันหากใช้แรงต้านผิดวิธีหรือใช้น้ำหนักต้านมากเกินไปก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้เช่นกัน

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เนื่องจากกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการกระตุ้นไฟฟ้านั้นคล้ายคลึงกับการหดตัวที่เกิดจาก voluntary exercise คือใช้แรงต้านหนักแต่ออกน้อยครั้ง (high intensity and low numbers of repetitions) และการฝึกโดยการกระตุ้นไฟฟ้าจะเน้นเฉพาะเจาะจงที่ motor unit โดยตรงทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่า voluntary exercise^(13, 14, 16) แต่งานวิจัยในที่เกี่ยวกับการใช้การกระตุ้นไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในคนปกติยังมีน้อย และส่วนใหญ่เทียบผลกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีกิจกรรมใดเลยหรือเทียบผลระหว่างก่อนฝึกกับหลังฝึกเท่านั้น

โปรแกรมการฝึกโดยใช้แรงต้านในครั้งนี้จะใช้ความหนักของการออกกำลังกายปานกลางที่ 60% ของ

น้ำหนักที่มากที่สุดที่อาสาสมัครสามารถออกแรงได้ (60%MVIC) เทียบกับกลุ่มที่ใช้การกระตุ้นไฟฟ้าโดยจะเพิ่มความเข้ม (intensity) ของกระแสไฟฟ้าจนกล้ามเนื้อเริ่มหดตัวแบบเกร็งค้าง⁽⁸⁾ จนเต็มช่วงของการเคลื่อนไหวที่กำหนด อาสาสมัครที่อยู่ในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อจะทำการฝึก 3 ครั้งใน 1 สัปดาห์ ครั้งละประมาณ 15 – 20 นาที และหลังการฝึกแต่ละครั้งจะพักอย่างน้อย 1 วันก่อนจะทำการฝึกต่อในครั้งต่อไป และจะทำการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายใน 2 - 3 วันหลังจากการฝึกครั้งสุดท้ายเพื่อให้กล้ามเนื้อได้พักเต็มที่ก่อนจะทำการวัดผล

จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าที่ความหนักของการออกกำลังกาย 60% ของน้ำหนักสูงสุดที่อาสาสมัครสามารถทำได้ โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งสามแบบคือการกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (NMES) การกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าวร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้าน (RNMES) และการฝึกโดยใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียว (R) ให้ผลในการเพิ่มความแข็งแรงได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในส่วนของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นที่ความเร็วเชิงมุม 30 องศา กลุ่มที่ใช้การกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าวร่วมกับการฝึกโดยใช้แรงต้านให้ผลในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแตกต่างจากกลุ่มอื่นมากที่สุด สำหรับค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มควบคุมอาจมาจากอาสาสมัครมีกิจกรรมที่ให้ผลคล้ายการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานกล้ามเนื้อส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงกล้ามเนื้อเช่นกัน ดังนั้นหากนำการกระตุ้นไฟฟ้าวมาใช้ร่วมกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่นิยมกันในปัจจุบัน ย่อมส่งผลในเรื่องของการเสริมสร้างกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยลดอัตราการบาดเจ็บจากการใช้น้ำหนักหรือแรงต้านที่มากเกินไปให้น้อยลง อีกทั้งยังสามารถใช้คงสภาพกล้ามเนื้อให้แข็งแรงสม่ำเสมอในกรณีที่ไม่สามารถหาเครื่องออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านได้เนื่องจากเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าวมีขนาดเล็กกระทัดรัด

สามารถพกพาติดตัวได้ เป็นตัวช่วยสำหรับผู้เริ่มต้นออกกำลังกายได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้คือความหนักของการออกกำลังกายที่ใช้ฝึกอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น อีกทั้งยังไม่สามารถจำกัดในเรื่องของกิจกรรมประจำวัน กิจกรรมต่าง ๆ โภชนาการของอาสาสมัครแต่ละคนให้เหมือนกันหมดทุกคนได้ ทั้งเวลาพักระหว่างครั้งของการฝึกในแต่ละสัปดาห์ไม่เท่ากันในแต่ละคน เนื่องจากอาสาสมัครบางคนมาเข้ารับการฝึกในช่วงวันหยุดเสาร์หรืออาทิตย์แทน

สรุป

การกระตุ้นเส้นประสาทและกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าสามารถใช้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่ระดับความหนัก 60% ของน้ำหนักที่สูงที่สุดที่สามารถทำได้ในหนึ่งครั้ง โดยหากใช้ร่วมกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านจะสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และทำให้อัตราการบาดเจ็บที่เกิดจากการใช้น้ำหนักหรือแรงต้านที่มากเกินไปน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากโครงการทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครทุกคนที่สละเวลาเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

อ้างอิง

1. พิษิต ภูติจันทร์. เวชศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2535
2. Heyward VH. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1997

3. Giam CK, Teh KC. Sports Medicine Exercise and Fitness: A Guide for Everyone. Singapore: PG Publishing, 1988
4. ACSM's Resources for the Personal Trainer. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2005
5. Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise Foundations and Techniques. 3rd ed. F.A. Philadelphia: Davis Company, 1996
6. Swain DP, Leutholtz BC. Exercise Prescription: A Case Study Approach to the ACSM Guidelines. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007
7. Kamen G. Foundations of Exercise Science. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
8. Prentice WE. Arnheim's Principles of Athletic Training : A Competency-Based Approach. 12th ed. Boston: McGraw-Hill, 2006
9. Devahl J. Neuromuscular Electrical Stimulation in Rehabilitation. In: Gresh MR, ed. Electrotherapy in Rehabilitation. Philadelphia: F.A. Davis: 1992: 218-68.
10. American Physical Therapy Association. Electrotherapeutic Terminology in Physical Therapy. Section on Clinical Electrophysiology. Alexandria, VA: American Physical Therapy Association, 1990
11. Angeli T, Denkmeier T. Effects of Training with Electrical Stimulation on Knee Joint Torque. Vienna, Austria: Institute of Machine and Machine Design, University of Technology, Artificial Organs 2002 Mar; 26(3): 287-304
12. Parker MG, Bennett MJ, Hieb MA, Hollar AC, Roe AA. Strength response in human quadriceps femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs. J Orthop Phys Ther 2003 Dec; 33(12): 719 - 26
13. Dehail P, Duclos C, Barat M. Electrical stimulation and muscle strengthening. Ann Readapt Med Phys 2008 Jul; 51(6) : 441-51
14. Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. Exerc Sport Sci Rev 2007; 35(4): 180 - 5
15. Chetpiyawong S. Effects of Concentric and Eccentric Isokinetic Training on Knee Extensor and Knee Flexor Performance in Thai Males [thesis]. Bangkok: Mahidol University, 2001.
16. Deitto A, Snyder-Mackler L. Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. Phys Ther 1990 Mar; 70(3):158-64