

ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าออกกำลังกายสควอท 3 รูปแบบในผู้ชายสุขภาพดี

ณัฐพล ผิวขำ, พนกร เมตตามตะกุล, อภิวัฒน์ เข้มทอง, ศุภชัย สุคำภา, ภาณุพงศ์ ปราบภัย,
ศุภณัฐ ยังเจริญ, บรรณกร สีดากิจ, อภิวัฒน์ ทองคำวงศ์, ชัยยา จุมพิตา,
ศุภวิชย์ คงสวัสดิ์, ณชนน ขุนภิบาล, พนิดา ฉัตรหลวง, อาชิสکان ฮายาดัต,
นพรุจ จาริกสถิตวงศ์, กัมปนาท บุญมาจันทร์ และ ณัฐพล เจริญศิลป์
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี

Received: 22 April 2022 / Revised: 22 August 2022 / Accepted: 10 April 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อไฟฟ้าในท่าสควอทท่ารวมกับอุปกรณ์ปรับมุมองศาการวางเท้าโดยเปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยจะศึกษาท่าสควอท 3 รูปแบบ ได้แก่ สควอทปกติ (standard squat) สควอทมุมเท้าสูง (incline squat) และสควอทมุมเท้าต่ำ (decline squat) ของกล้ามเนื้อ Biceps femoris, Rectus femoris, Vastus medialis, Semitendinosus, Gastrocnemius

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง เป็นเพศชายสุขภาพดี จำนวน 15 คน ทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบออกแรงสูงสุดไอโซเมตริก (MVIC) ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงต้านเพื่อให้ได้ออกแรงกล้ามเนื้อสูงสุดด้วยการเครื่องไอโซคิเนติก (Isokinetic) ผู้วิจัยจับฉลากเลือกท่าสควอท 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบปกติ (STDQ) รูปแบบมุมเท้าสูง (ICQ) และรูปแบบมุมเท้าต่ำ (DCQ) กำหนดจังหวะโดยเครื่องเคาะจังหวะ (metronome) กำหนดระดับความลึกขณะสควอทด้วยโกนิโอมิเตอร์ (goniometer) ทุกครั้ง วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรม EMG and Motion Tools EMG โดยนำค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดแบบไอโซเมตริก (MVIC) ที่บันทึกที่ค่าสูงสุดที่บันทึกไว้ นำมาเปรียบเทียบกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะท่าสควอท (normalized) และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ (% MVIC) กรองสัญญาณด้วยฟิลเตอร์ แบบ Butterworth digital filter โดยตั้งการกรองสัญญาณ Low pass filter : cutoff frequency ที่ 500 เฮิร์ต และ High pass filter: cutoff frequency ที่ 20 เฮิร์ต กำหนด Sampling frequency: 2000 เฮิร์ต วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ

ผลการวิจัย การสควอททั้ง 3 รูปแบบ (STDQ, ICQ, DCQ) มีความแตกต่างกัน จากคุณลักษณะของคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ (%MVIC) ของกล้ามเนื้อ (BF), (RF), (VM), (SM), (GN) พบว่า การทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานมากที่สุด ในขณะที่สควอท ท่า DCQ ในกล้ามเนื้อ (VM) มีค่าเท่ากับ $113.70 \pm 42.09\%$ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานน้อยที่สุดในขณะสควอทท่า STDQ ในกล้ามเนื้อ (SM) $21.02 \pm 13.02\%$ นอกจากนี้ยังพบข้อมูลสำคัญที่พบกว่า ท่าสควอท STDQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่า ท่าสควอท ICQ ในกล้ามเนื้อ SM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และท่าสควอท ICQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่า ท่าสควอท DCQ ในกล้ามเนื้อ RF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

สรุปผลการวิจัย จากการศึกษาสามารถนำไปเป็นประโยชน์ในการออกแบบท่าฝึกสำหรับผู้ที่ต้องการฝึกท่าสควอทโดยเน้นเฉพาะกล้ามเนื้อ RF และ SM ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปต่อยอดออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายให้เหมาะสมกับการฝึกกล้ามเนื้อต่อไป

คำสำคัญ: คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อท่าสควอท, ท่าฝึกสควอทรูปแบบต่างๆ, การทำงานของกล้ามเนื้อท่าสควอท, มุมข้อเท้าสำหรับท่าสควอท

STUDY OF ELECTROMYOGRAPHY DURING THREE SQUAT EXERCISE PATTERNS AMONG HEALTHY MALES

Natthaphol Phewkham, Ponthakorn Mettamatakul, Apiwat Khemthong,
Suphachai Sukhampha, Panupong Prappai, Supanat Yangjaroen,
Bunnakon Sridakij, Apiwat Thongkumvong, Chaiya Chumphila,
Supawich Kongsawat, Nachanon Khunpiban, Panida Chutluang,
Asizkhan Hayadad, Noppharut Jaruksathitwong,
Kampanart Bunmajan and Natchapol Chareonsin

Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University, Pathum-thani

Received: 22 April 2022 / Revised: 22 August 2022 / Accepted: 10 April 2023

Abstract

Purpose The research aimed to study the electromyography during three squat exercise patterns. The objective was to study whether the muscles namely Biceps femoris (BF), Rectus femoris (RF), Vastus medialis (VM), Semitendinosus (SM), and Gastrocnemius (GN) work differently during the three squatting patterns, which were standard squat (STDQ), incline squat (ICQ), and decline squat (DCQ), by using angle adjusting tool.

Methods The 15 healthy male participants' electromyography of Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC) by using Isokinetic machine. The participants were asked to randomly perform the three squat patterns for three times according to the metronome rhythm and the lowering pose depth was measured by using goniometer. EMG and MotionTools EMG software was used for the data analysis. Researchers normalized the outcome by comparing the highest MVIC recorded with the electromyography while doing the three squat patterns, then the values were calculated into percentage (% MVIC). The raw data were filtered by using the Butterworth digital filter which was configured the Low pass filter with cutoff frequency at 500 Hertz and

High pass filter with cutoff frequency at 20 Hertz; the sampling frequency was configured at 2000 Hertz. The One-Way ANOVA with Repeated Measures was used as part of the statistical analytic method.

Results It was found that each muscle segments worked differently during the three squat patterns and was determined from %MVIC of the muscle segments being studied. The highest electromyography recorded was in VM during DCQ at 113.70 ± 42.09 % and the lowest electromyography recorded was in SM during STDQ at 21.02 ± 13.02 % . Moreover, it was found that the electromyography in SM while doing STDQ was lower than ICQ with statistically significant at $P < 0.05$ and the electromyography in RF while doing ICQ was lower than DCQ with statistically significant at $P < 0.05$.

Conclusion The result of this research can be used as a guideline to design the squat exercise patterns specifically for PF and SM; moreover, the result can also have used as a furtherance in designing appropriate exercising equipment to train and build the muscle.

Keywords Electromyography of squat exercise, Squat exercise training patterns, Muscle contraction during squat exercise, Angles for each squat exercise patterns

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความแข็งแรงของร่างกายส่วนล่างเป็นพื้นฐานของการเคลื่อนไหวของมนุษย์ทุกการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมที่มีความจำเป็นในการเคลื่อนที่ อาทิ เช่น การออกกำลังกาย การวิ่ง การเดิน หรือแม้กระทั่งการเล่นกีฬาในหลายๆประเภท ซึ่งร่างกายส่วนล่างนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยพยุงร่างกายให้มีการเคลื่อนที่ไปได้ ถือได้ว่าการออกกำลังกายหรือการฝึกกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณร่างกายส่วนล่างนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด โดยท่าฝึกพื้นฐานและท่าการออกกำลังกายที่นิยมมากที่สุด ที่นักกีฬาหรือผู้คนทั่วไปนิยมใช้ฝึกความแข็งแรง เพื่อเสริมสร้างและพัฒนาากลุ่มกล้ามเนื้อขาหรือร่างกายส่วนล่างนั้นคือท่าสควอท ซึ่งเป็นท่าฝึกที่ปลอดภัยและเป็นลักษณะ close kinetic chain สามารถฝึกได้ง่ายและใช้พื้นที่จำกัด (Wilk et al., 1996) และมีการศึกษาหลายการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการฝึกและพัฒนาความแข็งแรงโดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ทั้งในกลุ่มคนปกติทั่วไป จะฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงเพื่อสุขภาพที่ดี ในกลุ่มนักกีฬาจะฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสูงสุด และกลุ่มผู้ป่วยพบว่าฝึกเพื่อฟื้นฟูการบาดเจ็บจากกล้ามเนื้อ (Kitamura et al., 2019)

นอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกท่าสควอทมีหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น ซูโม่สควอท จัมสควอท หรือการฝึกด้วยอุปกรณ์อื่นๆร่วมกับท่าสควอท ซึ่งพบว่ามีหลายท่าที่ช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันเมื่อมีรูปแบบท่าฝึกที่เปลี่ยนไป จะมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันเช่นเดียวกัน (Czaprowski et al., 2012) ในปัจจุบันพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อในท่าฝึกหรือท่าออกกำลังกายด้วยท่าสควอทอย่างแพร่หลาย ในส่วนใหญ่มักจะศึกษาผลลัพธ์เพื่อพัฒนาต่อยอดเพื่อรักษาการบาดเจ็บหรือฟื้นฟูกล้ามเนื้อ (Gryzlo et al., 1994) ซึ่งในทางตรงกันข้ามยังมีงานที่ไม่แพร่หลายเกี่ยวกับการศึกษาการฝึกหรือออกกำลังกายด้วยการพัฒนากล้ามเนื้อ

ร่างกายส่วนล่างด้วยอุปกรณ์ร่วมฝึกในท่าสควอท ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อในการฝึกท่าสควอทร่วมกับอุปกรณ์ที่มีการปรับเปลี่ยนมุมมองในการวางเท้าเพื่อศึกษาว่าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างหรือไม่ โดยจะศึกษาท่าสควอท 3 รูปแบบ ได้แก่ สควอทปกติ (standard squat (STDQ)) สควอทมุมเท้าสูง (incline squat (ICQ)) และสควอทมุมเท้าต่ำ (decline squat (DCQ)) ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทำงานของคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อสูงสุด (peak EMG) ของกล้ามเนื้อ Biceps femoris, Rectus femoris, Vastus medialis, Semitendinosus, Gastrocnemius ในขณะฝึกด้วยท่าสควอท

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะการทำงานของคลื่นไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อในขณะฝึกด้วยท่าสควอทที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ
2. เพื่อเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อสูงสุดระหว่างท่าสควอท 3 รูปแบบ ในกล้ามเนื้อแต่ละมัด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (experimental study design) แบบกลุ่มเดียววัดซ้ำ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย สุขภาพดี จำนวน 15 คน อายุ 21.60 ± 1.3 ปี น้ำหนัก 69.00 ± 2.42 กิโลกรัม ส่วนสูง 173.93 ± 1.42 เซนติเมตร และดัชนีมวลกาย 22.59 ± 0.59 กิโลกรัมต่อเมตร เปอร์เซ็นต์ไขมัน 13.86 ± 0.65 เปอร์เซ็นต์ ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการอธิบายรายละเอียดและคำชี้แจงจากผู้วิจัย และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย โดยโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รหัสโครงการ 17/2562 วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2562

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นเพศชายที่สุขภาพดี ออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2. ไม่มีประวัติประสบอุบัติเหตุหรือการผ่าตัดบริเวณหลังและรยางค์ส่วนล่างในระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้าร่วมการวิจัย
3. ไม่มีความผิดปกติหรือผิดปกติของแนวกระดูกรยางค์ส่วนล่าง
4. ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ คาเฟอีน หรือชา กาแฟมาก่อนอย่างน้อยก่อน 72 ชั่วโมงก่อนการเข้าร่วมวิจัย
5. ไม่ทาครีมหรือโลชั่น ก่อนทำการทดสอบ
6. ไม่ออกกำลังกายอย่างหนักหรือฝึกกล้ามเนื้อด้วยแรงต้าน ก่อนทำการทดสอบอย่างน้อย 72 ชั่วโมงก่อนการเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยจากการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดได้
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดอุบัติเหตุหรือมีอาการบาดเจ็บในขณะที่ทำการทดสอบ
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทดสอบจนครบตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่อง Isokinetic ยี่ห้อ Biodex รุ่น system 4
2. เครื่อง Electromyography (EMG) รุ่น COMETA (Bareggio (MI)), Italy
3. เครื่องวัด Body composition (tanita mc-780 ma)
4. คอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรม EMG and motions tools
5. surface Electrodes รุ่น Covidien ขนาด 24 มิลลิเมตร ตัวรับสัญญาณทำด้วย Ag/AgCl silver/silver chloride

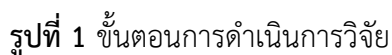
6. แอลกอฮอล์ สำลี มีดโกน เครื่องเคาะจังหวะ (metronome) และโกนิโอมิเตอร์ (goniometer)

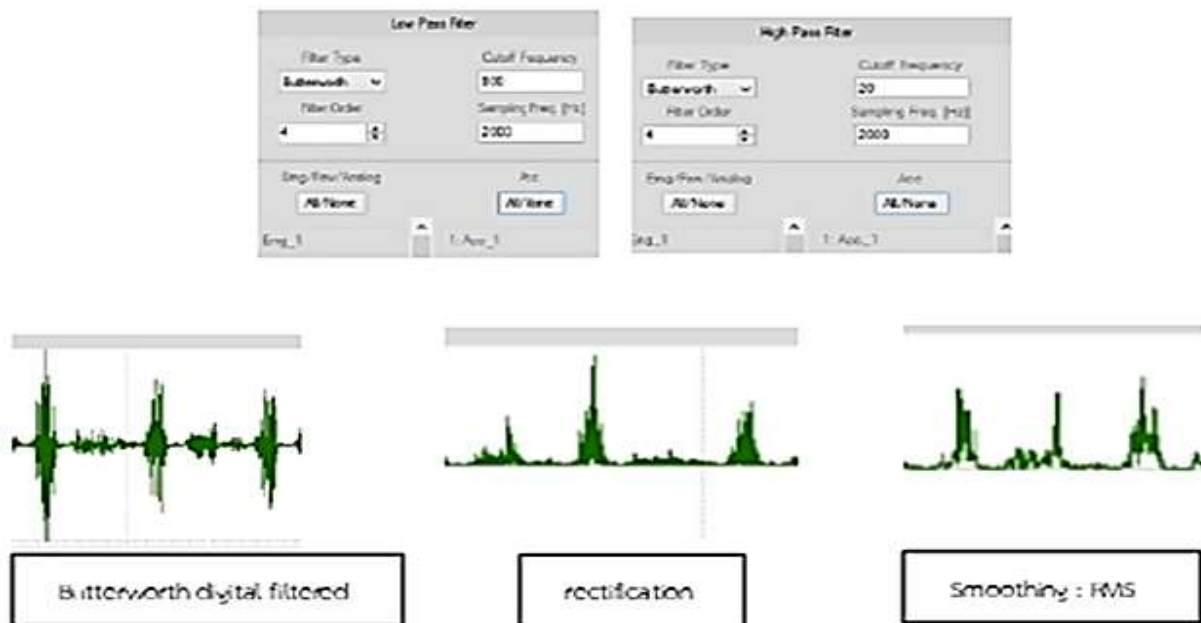
7. อุปกรณ์วางเท้าเพื่อปรับมุมข้อเท้าในการสควอท

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยทำการประชาสัมพันธ์รับสมัครผู้ร่วมวิจัยผ่านทางใบประกาศและทางโซเชียลมีเดีย โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G-Power 3.1.9.4 โดยกำหนดค่า $\alpha=0.05$, power=0.8 อ้างอิงจาก (Cohen J., 1988) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน และคำนวณเพื่อความคลาดเคลื่อนหากมีผู้วิจัยถอนตัว (drop out 20%) เท่ากับ 1.8 คน รวมทั้งหมด 11 คน โดยหลังจากประชาสัมพันธ์ มีผู้สนใจเข้าร่วมทั้งสิ้น 15 คน โดยเมื่อถึงวันนัดหมายเก็บข้อมูลวิจัย จะมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยอธิบายลำดับขั้นตอนและรายละเอียดต่างๆให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจอย่างละเอียด
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยอ่านคำชี้แจง กรอกแบบสอบถามคัดกรองพื้นฐานและลงนามยินยอมรับการเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยอบอุ่นร่างกายด้วยวิธีปั่นจักรยาน 10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที โดยจะมีผู้เชี่ยวชาญควบคุมการอบอุ่นร่างกายและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทุกครั้งและเป็นคนเดียวกันเสมอ
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยติดอิเล็กโทรด โดยมีการเตรียมผิวทำความสะอาดผิวหนังด้วยแอลกอฮอล์ และใช้มีดโกน โกนขนบริเวณกล้ามเนื้อที่ต้องการติด 5 มัด ได้แก่ กล้ามเนื้อ Biceps femoris, Rectus femoris, Vastus medialis, Semitendinosus, Gastrocnemius (Rash & Edd, 2002)
6. หลังจากติดอิเล็กโทรดแล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบออกแรงสูงสุด ไอโซเมตริก (Maximum voluntary isometric

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลทั้งหมดเข้าวิเคราะห์ในโปรแกรม EMG and MotionTools EMG โดยนำค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดแบบไอโซเมติก (MVIC) ที่บันทึกที่ค่าสูงสุดที่บันทึกไว้ นำมาเปรียบเทียบกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะทำท่าสควอท (normalized) และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ (%MVIC) โดยคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อจะกรองสัญญาณด้วยฟิลเตอร์แบบ Butterworth digital filter โดยตั้งการกรองสัญญาณ Low pass filter: cutoff frequency ที่ 500 เฮิร์ต และ High pass filter: cutoff frequency ที่ 20 เฮิร์ต กำหนด Sampling frequency: 2000 เฮิร์ต หลังจากกรองสัญญาณจะนำข้อมูลเข้าสู่ การ rectification และ smoothing ข้อมูลและใช้วิธี RMS method ในการคำนวณสัญญาณ (Konrad, 2005)





รูปที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบมาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS/PASW Statistics version SPSS (version 26, Chicago, IL, USA) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของคะแนนค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบ (F-test) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One Way ANOVA with Repeated Measures) โดยทดสอบการแจก

แจงปกติ ด้วยสถิติ kolmogorov smirnov test หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติใช้สถิติ Friedman Test โดยกำหนดค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และทดสอบความแปรปรวนภายในกลุ่มด้วยวิธี (homogeneity of variance) ด้วย เมื่อพบความแตกต่างจึงใช้การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ แอลเอสดี (LSD) โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลทั่วไป	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=15)
ค่าเฉลี่ยอายุ (ปี)	21.60±1.30
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	69.00±2.42
ความสูง (เซนติเมตร)	173.93±1.42
ดัชนีมวลกาย (กก./ม ²)	22.59±0.59
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	13.86±0.65

ผลการวิจัย

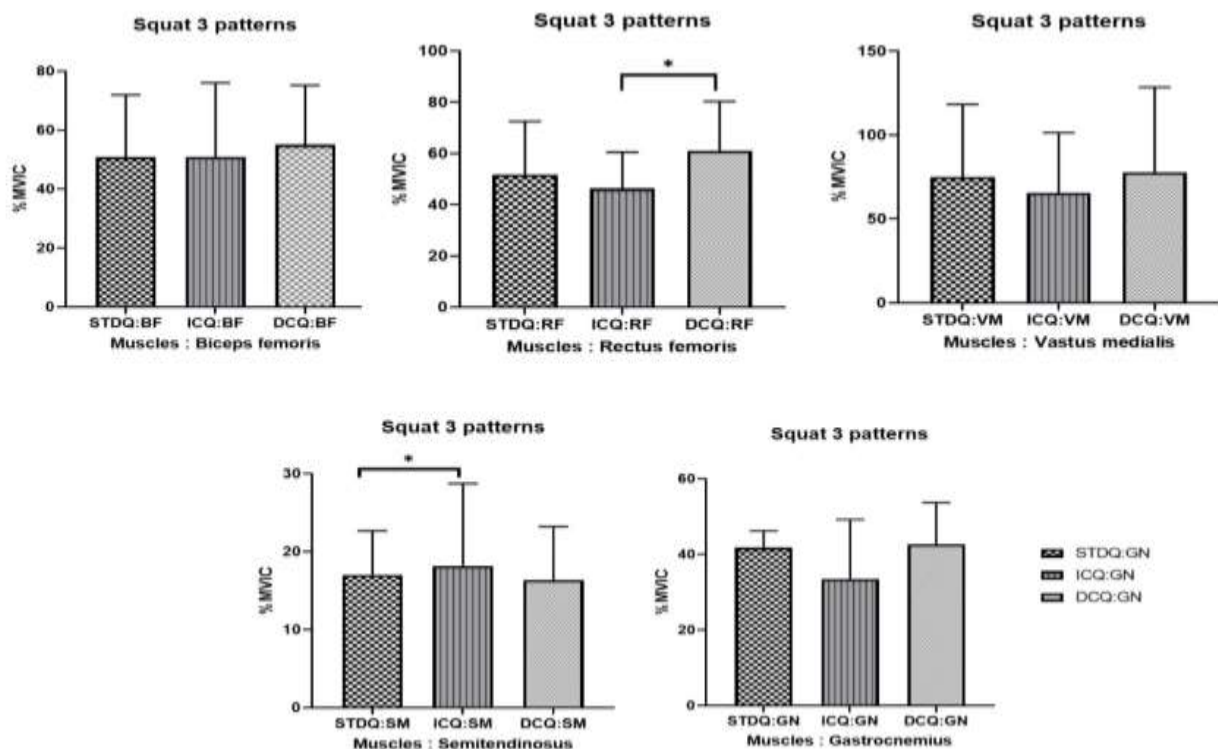
จากผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย
สุขภาพดี จำนวน 15 คน อายุ 21.60 ± 1.3 ปี น้ำหนัก

69.00 ± 2.42 กิโลกรัม ส่วนสูง 173.93 ± 1.42
เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย 22.59 ± 0.59 กิโลกรัมต่อ
เมตร และเปอร์เซ็นต์ไขมัน 13.86 ± 0.65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (%MVIC) ท่าสควอท 3 รูปแบบ STDQ, ICQ, DCQ และกล้ามเนื้อ (BF), (RF), (VM), (SM), (GN)

สควอท 3	คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (%MVIC) (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)				
รูปแบบ	Biceps femoris (BF)	Rectus femoris (RF)	Vastus medialis (VM)	Semitendinosus (SM)	Gastrocnemius (GN)
STDQ	65.74 ± 35.82	66.44 ± 37.12	105.59 ± 44.34	$21.02 \pm 13.02^*$	44.89 ± 38.57
ICQ	68.67 ± 33.10	$56.39 \pm 6.41^*$	90.96 ± 40.19	$25.64 \pm 10.72^*$	44.61 ± 22.43
DCQ	69.29 ± 40.71	$74.66 \pm 47.46^*$	113.70 ± 42.09	21.20 ± 11.51	50.46 ± 34.93

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$



รูปที่ 3 แสดงคุณลักษณะคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (%MVIC) ท่าสควอท 3 ท่า ได้แก่ STDQ, ICQ, DCQ ของกล้ามเนื้อ BF, RF, VM, SM, GN ในเพศชายสุขภาพดี

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่า (STDQ) พบว่าค่าเฉลี่ย %MVIC ของกล้ามเนื้อ Biceps femoris (BF) มีค่าเท่ากับ 65.74 ± 35.82 , Rectus femoris (RF) 66.44 ± 37.12 , Vastus medialis (VM) 105.59 ± 44.34 , Semitendinosus (SM) 21.02 ± 13.02 , Gastrocnemius (GN) 44.89 ± 38.57 ตามลำดับ ในท่า (ICQ) พบว่าค่าเฉลี่ย %MVIC ของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อ Biceps femoris (BF) มีค่าเท่ากับ 68.67 ± 33.10 , Rectus femoris (RF) 56.39 ± 6.41 , Vastus medialis (VM) 90.96 ± 40.19 , Semitendinosus (SM) 25.64 ± 10.72 , Gastrocnemius (GN) 44.61 ± 22.43 ตามลำดับ และในท่า (DCQ) พบว่าค่าเฉลี่ย %MVIC ของกล้ามเนื้อ Biceps femoris (BF) มีค่าเท่ากับ 69.29 ± 40.71 , Rectus femoris (RF) 74.66 ± 47.46 , Vastus medialis (VM) 113.70 ± 42.09 , Semitendinosus (SM) 21.20 ± 11.51 , Gastrocnemius (GN) 50.46 ± 34.93 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากการศึกษาการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าออกกำลังกายสควอท 3 รูปแบบในผู้ชายสุขภาพดีในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อในการฝึกท่าสควอทร่วมกับอุปกรณ์ที่มีการปรับเปลี่ยนมุมมองตาในการวางเท้าที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ เพื่อศึกษาว่าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือไม่ และเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อสูงสุดระหว่างท่าสควอท 3 รูปแบบ ในกล้ามเนื้อแต่ละมัดกล้ามเนื้อ จากการศึกษาการเคลื่อนไหวในท่าสควอทพบว่า หากมีการเปลี่ยนของมุมมองตาของข้อต่อต่างๆ เช่น ข้อเท้า ข้อสะโพก ข้อเข่า ในขณะที่ฝึกหรือเคลื่อนไหวด้วยท่าสควอทจะส่งผลให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันออกไป (Donatelli, 1987) ซึ่งจากการศึกษาของ (Allam et al., 2020) พบว่า การเพิ่มมุมมองตาของจุดวางเท้าหรือข้อเท้าจะส่งผลให้การทำงานของกล้ามเนื้อทำงานมากขึ้นในบางมัดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มมุมข้อเท้าหรือจุดวางเท้าในท่าสควอทยังช่วย

ฟื้นฟูการบาดเจ็บข้อเข่าในนักกีฬาตามรายงานของ (Richards et al., 2016)

จากสมมติฐานงานวิจัยนี้ พบว่า จากการศึกษาคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อในการฝึกท่าสควอทร่วมกับอุปกรณ์ที่มีการปรับเปลี่ยนมุมมองตาในการวางเท้าที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ ผลวิจัยพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในท่าสควอท STDQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่าท่าสควอท ICQ ในกล้ามเนื้อ Semitendinosus อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และท่าสควอท ICQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่าท่าสควอท DCQ ในกล้ามเนื้อ Rectus femoris อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานมากที่สุด ในขณะที่สควอท ท่า DCQ ในกล้ามเนื้อ Vastus medialis มีค่าเท่ากับ $113.70 \pm 42.09\%$ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานน้อยที่สุดในขณะสควอทท่า STDQ ในกล้ามเนื้อ Semitendinosus $21.02 \pm 13.02\%$ ซึ่งจากข้อมูลการศึกษาข้างต้น ได้มีข้อสังเกตในส่วนของการท่าสควอท STDQ และ ICQ ซึ่งท่า STDQ เป็นการสควอทโดยเท้าทั้ง 2 ข้างวางแนบกับพื้นในลักษณะเรียงปกติ 0 องศา แต่ในท่า ICQ จะเป็นการวางเท้าในกับอุปกรณ์ร่วมฝึกสควอทในลักษณะวางเท้าในมุมเงยขึ้น 15 องศา ตามมุมของอุปกรณ์ร่วมฝึก ซึ่งหลังจากทำการสควอทและบันทึกข้อมูลแล้วพบว่า ในท่า ICQ กล้ามเนื้อ Semitendinosus นั้นทำงานได้มากกว่า และการทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus femoris ท่า DCQ ทำงานได้มากกว่า ท่า ICQ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ (Cho et al., 2017) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการทำงานของกล้ามเนื้อ Vastus medialis และ Rectus femoris โดยศึกษาในท่าสควอทโดยการวางมุมข้อเท้าที่แตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ 0 องศา, 5 องศา, 10 องศา พบว่ามุมข้อเท้าที่วางในขณะสควอทที่ 10 องศา มีการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่ามุม 0, 5 องศา ของกล้ามเนื้อทั้งสองมัด Vastus medialis และ Rectus femoris ซึ่งในงานศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อสังเกตที่สำคัญดังนี้ 1. กล้ามเนื้อ Vastus medialis ทำงานได้มาก

คล้ายคลึงกันตามงานศึกษาของ (Cho et al., 2017) 2. มีผลตรงกันข้ามกันโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Rectus femoris ที่พบว่า จากการวิจัยในครั้งนี้เป็นมุมที่วางข้อเท้าลดลง 15 องศา (DCQ) พบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ Rectus femoris มากกว่าเมื่อเทียบกับการวางเท้าแบบมุมเงย 15 องศา (IDQ) ซึ่งขัดแย้งกันกับการศึกษาของ (Cho et al., 2017) แต่ในทางตรงกันข้ามมีการศึกษาของ (Allam et al., 2020) ที่เป็นข้อสังเกตที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งพบว่าได้ทำการศึกษาท่าสควอทในกล้ามเนื้อ Vastus medialis และ gluteus maximus ในเด็กช่วงวัย 14-18 ปี ที่ไม่ใช่นักกีฬาในโรงเรียนรัฐบาลประเทศอียิปต์ โดยให้สควอทท่ามุมข้อเท้าที่ 5 และ 10 องศา ผลการศึกษาพบแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากล้ามเนื้อ Vastus medialis ทำงานได้มากกว่าในขณะที่มุมข้อเท้า 5 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับ 10 องศา ซึ่งหมายถึงมุมมองของข้อเท้าน้อยกว่าสามารถมีการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าได้ แต่ในส่วนกลุ่มกล้ามเนื้อ gluteus maximus ทำงานได้น้อยกว่า ในขณะที่มุมข้อเท้า 5 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับ 10 องศา อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ (Allam et al., 2020) นั้นมุ่งเน้นนำโปรแกรมการฝึกสควอทไปใช้ในการรักษาฟื้นฟูการบาดเจ็บเป็นหลัก อนึ่งข้อสังเกตในการศึกษาค้นคว้าวิจัยได้กำหนดมุมมองของข้อต่อหัวเข่าที่ 90 องศาของการทดสอบทุกครั้ง เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่สควอทได้ทำงานได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Donatelli, 1987) อาจจะเป็นผลทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อให้ผลตรงตามการเคลื่อนไหวท่าสควอทที่ถูกต้อง นอกจากนี้ ยังมีงานศึกษาวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลศึกษามาใช้ประโยชน์ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อ เช่น ในการศึกษาของ (Saeterbakken & Fimland, 2013) ที่พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อในท่าสควอทนั้น หากฝึกร่วมกับอุปกรณ์ที่มีลักษณะ instability จะทำให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อสังเกตว่าการศึกษา ท่าสควอทในการวางมุมข้อ

เท้าที่แตกต่างกันนั้น สามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อได้แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่าง และมุมมองของข้อเท้า รวมถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้ เช่น ต้องการนำไปออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬา ต้องการนำไปต่อยอดเพิ่มมุมมองของข้อเท้าร่วมกับอุปกรณ์ที่เป็นลักษณะ instability หรือแม้กระทั่งการออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อรักษาการบาดเจ็บของข้อเท้าในกลุ่มที่มีอายุช่วง 14-18 ปี อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่สควอทในขณะที่มีมุมข้อเท้าต่างกัน ในระดับ 15 องศา ทั้งแบบ (DCQ) และ (ICQ) นั้นส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่น ซึ่งที่เคยได้ทำการศึกษาในมุม 0, 5 หรือ 10 องศา ทำให้ได้พบการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันออกไป สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการต่อยอดคิดค้นผลิอุปกรณ์ร่วมฝึกในท่าสควอทและออกแบบโปรแกรมฝึกกล้ามเนื้อต่อไป

สรุปผลการวิจัย ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การสควอททั้ง 3 รูปแบบ (STDQ, ICQ, DCQ) มีความแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากคุณลักษณะของคลื่นไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ (%MVIC) ของกล้ามเนื้อ (BF), (RF), (VM), (SM), (GN) โดยพบว่า การทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานมากที่สุดในขณะสควอท ท่า DCQ ในกล้ามเนื้อ (VM) มีค่าเท่ากับ 113.70 ± 42.09 % คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทำงานน้อยที่สุดในขณะสควอท ท่า STDQ ในกล้ามเนื้อ (SM) 21.02 ± 13.02 % นอกจากนี้ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยยังพบข้อมูลสำคัญที่พบกว่า ท่าสควอท STDQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่า ท่าสควอท ICQ ในกล้ามเนื้อ SM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และท่าสควอท ICQ มีการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน้อยกว่า ท่าสควอท DCQ ในกล้ามเนื้อ RF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ซึ่งจากการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นประโยชน์ในการออกแบบท่าฝึกสำหรับผู้ที่ต้องการฝึกท่าสควอทโดยเน้นเฉพาะกล้ามเนื้อ RF และ SM ได้

นอกจากนี้ยังสามารถนำไปต่อยอดออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายให้เหมาะสมกับการฝึกกล้ามเนื้อต่อไป

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรศึกษากล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อในนักกีฬาระดับอาชีพโดยศึกษาเน้นเฉพาะในแต่ละกีฬา เพื่อออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมให้เหมาะสมแต่ละชนิดกีฬาต่อไป

2. ควรนำผลการศึกษาในนี้ไปต่อยอดเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์การฝึกที่เหมาะสมกับท่าฝึกอื่นๆรวมไปถึงควรต่อยอดผลิตนวัตกรรมเพื่อจัดสิทธิบัตรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยและผู้มีส่วนร่วมวิจัยในครั้งนี้ทุกท่าน โดยเฉพาะคณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำการวิจัยและผู้ที่มีความช่วยเหลือในด้านต่างๆ งานวิจัยนี้จะสำเร็จมิได้หากขาดการช่วยเหลือจากหลายๆภาคส่วน ขอขอพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

Allam, A. A., Elnegmy, E. H., & El Fakharany, M. S. (2020). Lower Limb Muscles Activity and Inclined Squat Position in Normal Children (Cross Sectional Study) . *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 81(1), 1314-1316 . <https://doi.org/10.21608/ejhm.2020.113062>

Cho, M., Kang, J. Y., Oh, J. H., Wu, J. G., Choi, E. B., Park, S. E., & Choi, M. (2017). The Effects of Performing Squats on an Inclined Board on Thigh Muscle Activation. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 6(1) , 39- 44. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2017.6.1.39>

Czaprowski, D., Biernat, R. & Kędra, A. (2012). Squat - Rules of Performing and Most Common Mistakes. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 19(1) 3-7. <https://doi.org/10.2478/v10197-012-0001-6>

Donatelli R. A. (1987). Abnormal biomechanics of the foot and ankle. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 9(1), 11-16. <https://doi.org/10.2519/jospt.1987.9.1.11>

Gryzlo, S. M., Patek, R. M., Pink, M., & Perry, J. (1994). Electromyographic analysis of knee rehabilitation exercises. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 20(1), 36-43. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.1.36>

Kitamura, T., Kido, A., Ishida, Y., Kobayashi, Y., Tsukamoto, S., & Tanaka, Y. (2019). Muscle Activity Pattern with A Shifted Center of Pressure during the Squat Exercise. *Journal of sports science & medicine*, 18(2) , 248-252.

Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, 1.

Rash, G., & Edd. (2002). Electromyography Fundamentals. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*.

Richards, J., Selfe, J., Sinclair, J., May, K., & Thomas, G. (2016). The effect of different decline angles on the biomechanics of double limb squats and the implications to clinical and training practice. *Journal of Human Kinetics*, 52, 125-138. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0200>

- Saeterbakken, A. H., & Fimland, M. S. (2013). Muscle force output and electromyographic activity in squats with various unstable surfaces. *Journal of strength and conditioning research*, 27(1), 130–136. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182541d43>
- Wilk, K. E., Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Andrews, J. R., & Boyd, M. L. (1996). A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *The American journal of sports medicine*, 24(4), 518–527. <https://doi.org/10.1177/036354659602400418>
- Thibordee, S., and Prasartwuth, O. (2014). Effectiveness of roundhouse kick in elite Taekwondo athletes. *Journal of electromyography and kinesiology*, 24(3), 353–358.
- World Taekwondo. (2018). *WT Competition Rules & Interpretation*. (Online). Retrieved June 18, 2018, from worldtaekwondo.org Website: <http://www.worldtaekwondo.org/wp-content/uploads/2018/06/Revision-WT-Competition-Rules-Interpretation-Hammamet-040520181.pdf>
- Yu-Hsiang, N., Jung-San, C., and Wen-Tzu, T. (2007). The Comparison of Kinematics Characteristics of Two Roundhouse Kicking Techniques in Elite Taekwondo Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), S478.