

## ผลของการจับไม้เทนนิสและกล้ามเนื้อลำคอที่มีต่อการสั่นสะเทือน

### The Effect of Tennis Grip and Muscle Fatigue on Vibration

**ธีรพันธ์ สังข์แก้ว<sup>1</sup>** สิริพร ศศิมนทกุล<sup>1</sup> และสุพิตร สมานิติ<sup>1</sup>

**Teeraphan Sangkeaw<sup>1</sup>**, Siriporn Sasimontonkul<sup>1</sup> and Supitr Samahito<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจับไม้เทนนิสและกล้ามเนื้อลำคอที่มีต่อการสั่นสะเทือนของไม้เทนนิสและการดูดซับการสั่นสะเทือนที่แขน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเทนนิสเยาวชนเพศชาย ที่มีอายุ 16-18 ปี ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 คน ในการทดลองติดเครื่องวัดความเร่ง (accelerometer) ที่บริเวณคอไม้เทนนิส บริเวณข้อศอก และบริเวณปุ่มกระดูกที่ข้อศอก (lateral epicondyle) ของมือข้างที่ถนัดของผู้ทดสอบ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบจับไม้เทนนิสแบบ eastern grip ให้ไม้เทนนิสขนานกับพื้น เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบพร้อมจึงทำการยิงลูกเทนนิสด้วยเครื่องยิงลูกเทนนิสกำหนดให้ลูกเทนนิสมีความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปกระทบที่กึ่งกลางหน้าไม้เทนนิส ในขณะที่ลูกเทนนิสกระทบกับหน้าไม้เทนนิสนั้น เครื่องวัดความเร่งจะทำการบันทึกความเร่งของการแกว่งของไม้เทนนิส ข้อศอก และข้อศอกในเวลาเดียวกัน ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำการทดสอบทั้งหมด 4 เงื่อนไข ดังนี้ 1) จับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อปกติ 2) จับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อล้า 3) จับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อปกติ 4) จับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อล้า จากนั้นนำข้อมูลความเร่งที่บันทึกได้จากการทดลองมาวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยวิธี Fast Fourier Transform (FFT) โดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นพร้อมทั้งคำนวณหาการดูดซับการสั่นสะเทือนที่ข้อศอกและข้อศอก ข้อมูลถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า คลื่นสัญญาณการสั่นสะเทือนสูงสุดของไม้เทนนิสมีความหนาแน่นสูงสุดอยู่ 2 ช่วงความถี่ คือ 121-126 เฮิรตซ์ และ 372-375 เฮิรตซ์ ทั้งนี้การจับไม้เทนนิสแบบสองมือ ทำให้การสั่นสะเทือนที่บริเวณคอไม้เทนนิสลดลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรจับไม้เทนนิสแบบมือเดียว ส่วนประกอบของข้อต่อและกล้ามเนื้อ มีคุณสมบัติในการดูดซับการสั่นสะเทือนที่ดี เนื่องจากสัญญาณการสั่นสะเทือนสามารถถูกดูดซับที่มือและข้อศอกเกือบหมด จึงส่งผลให้ตรวจพบสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ความถี่เดียวในบริเวณข้อศอก คือ 121-126 เฮิรตซ์ และตรวจไม่พบสัญญาณการสั่นสะเทือนที่บริเวณข้อศอก อย่างไรก็ตามการจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวกับการจับไม้เทนนิสแบบสองมือ และกล้ามเนื้อล้ากับกล้ามเนื้อปกติสามารถดูดซับการสั่นสะเทือนใกล้เคียงกัน

**คำสำคัญ :** การจับไม้เทนนิส กล้ามเนื้อล้า การสั่นสะเทือน

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Sport Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

## ABSTRACT

This research aimed to observe the effects of tennis grip and muscle fatigue on the magnitude of tennis racket's vibration and shock absorption. Ten junior tennis players, aged 16–18 years, were recruited using a purposive sampling technique. Three accelerometers were affixed at the necks of tennis rackets, wrist and elbow of the dominant arm. These accelerometers were taped and wrapped with elastic bandage to fix them in place. Next, the tennis players hold the tennis racket applying eastern grip style where the body of the racket has to be parallel to the ground. When the subject was ready, the tennis balls were ejected from a tennis ball gun at 90 kph and impacted in the center of the racket. On impact, accelerometers recorded vibrations of the racket, wrist and elbow synchronously. The test was performed under 4 conditions; 1) single hand grip at a non-fatigue state 2) single hand grip at a fatigue state 3) double hand grip at a non-fatigue state and 4) double hand grip at a fatigue state. Finally, the time domains of accelerometers were converted into the frequency domain using fast fourier transform (FFT) and analyzed shock absorption, sequentially. Data was statistical analyzed employing One-Way ANOVA and the significant was set at a value of .05

The vibrations of the rackets displayed 2 peaks of power spectral density, which were in the range of 121-126 hertz and 372-375 hertz. The double handgrip helped to reduce racket vibration compared to the single handgrip. Moreover, joint components and muscles have an excellent shock absorptive property because the hands and the wrists absorbed most of the vibration signals. Sequentially, only vibration signals at the range of 121–126 hertz and no vibration signal were detected at the wrists and the elbows, respectively. However, single handgrip absorbed shock similar to double handgrip while fatigue state could reduce shock comparable to non-fatigue state.

**Keywords :** tennis grip, muscle fatigue, vibration

E-mail : superd\_max@hotmail.com

## คำนำ

เทนนิสเป็นอีกหนึ่งชนิดกีฬาที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลก เนื่องจากเป็นกีฬาที่ให้ความสนุกสนานตื่นเต้นตลอดเกมการแข่งขัน ปัจจุบันกีฬาเทนนิสได้ให้ความสำคัญ ในการนำองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาเข้ามาพัฒนานักกีฬา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่น มี การค้นคว้าหาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการผลิตอุปกรณ์ให้ดีขึ้น วัสดุที่นำมาผลิตไม้เทนนิสในปัจจุบันต้องมีน้ำหนักเบา และมีความยืดหยุ่นดี เอ็นที่ซึ่งด้วยความตึง (tension) น้อยทำให้เกิดพลังงานมาก เพราะเอ็นมีการเคลื่อนไหวมากขณะกระทบลูก ส่วนเอ็นที่ซึ่งด้วยความตึงมาก จะเพิ่มความสามารถในการควบคุมทิศทางของบอลมากขึ้น ผลกระทบที่ตามมาคือ ทำให้เกิดแรงกระแทก (shock wave) และการสั่นสะเทือน (vibration) ของไม้เทนนิสภายหลังจากลูกเทนนิสมากระทบไม้เทนนิส ที่อาจจะก่อให้เกิดการบาดเจ็บของเอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นยึดข้อบริเวณข้อมือ และบริเวณปุ่มกระดูกข้อศอก มีการศึกษาวิจัยที่พบว่าการใช้อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนของเอ็น มีประสิทธิภาพเพียงช่วยหยุดไม่ให้สัญญาณการสั่นสะเทือนมีคลื่นความถี่

สูงขึ้น และช่วยให้สัญญาณการสั่นสะเทือนของเอ็น มีพลังงานต่ำลงขณะตีเทนนิส แต่ไม่ได้ลดแรงที่กระทำต่อร่างกาย (Stroede *et al.*, 1998)

Yang *et al.* (2007) ได้ศึกษาถึงการสั่นสะเทือนในไม้เทนนิสโดยใช้ไม้เทนนิส Wilson ที่ซึ่งเอ็นเส้นตรงด้วยความตึง เท่ากับ 60 ปอนด์ และเอ็นเส้นแวนนอน เท่ากับ 58 ปอนด์ จากนั้นปล่อยลูกเทนนิสจากที่สูง 2 เมตรให้ตกอย่างอิสระมากระทบกับไม้เทนนิสที่วางนิ่งๆ ผลการศึกษาพบว่า สัญญาณการสั่นสะเทือนที่บริเวณคอไม้เทนนิส (throat area) เท่ากับ 334 เฮิร์ตซ์ ในขณะที่ Stroede *et al.* (1998) พบว่า อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนในไม้เทนนิสสามารถดูดซับการสั่นสะเทือนที่มีสัญญาณความถี่สูงเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อการสั่นสะเทือนที่มีสัญญาณความถี่ต่ำๆ ทำให้มีการถ่ายโอนการสั่นสะเทือนจากไม้เทนนิสมายังคอไม้ และด้ามจับได้ นอกจากนี้ Hennig *et al.* (1992) ได้ทำการศึกษาถึงการส่งผ่านการสั่นสะเทือนในไม้เทนนิสมาสู่แขนของนักกีฬา โดยใช้เครื่องวัดความเร่งขนาดเล็ก (miniature accelerometers) จำนวน 2 เครื่องติดไว้ที่บริเวณข้อมือ และข้อศอกของนักกีฬาเทนนิสทั้ง 24 คนในทักษะการตีลูกหลังมือ ผลที่ได้ คือ พบสัญญาณการสั่นสะเทือนที่บริเวณข้อศอกในช่วง 80–200 เฮิร์ตซ์ และมีแนวโน้มที่อาจก่อให้เกิดการอักเสบของเอ็นบริเวณข้อศอกได้ ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Wei Shun-Hwa และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงการส่งผ่านแรงกระแทกจากไม้เทนนิสมายังข้อศอกโดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) ของแขนนักกีฬาเทนนิส และคนทั่วไป ผลที่ได้ คือ นักกีฬาเทนนิสที่มีประสบการณ์สามารถลดแรงกระแทกที่ส่งผ่านจากไม้เทนนิสมาสู่ข้อศอกได้ถึง 89.2 % ส่วนในบุคคลทั่วไปสามารถลดแรงกระแทกได้เพียง 61.8 %

ปัจจุบันการตีลูกหลังมือในกีฬาเทนนิส นักกีฬานิยมจับไม้เทนนิสแบบสองมือมากกว่าแบบมือเดียว ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่า การจับไม้เทนนิสเพียงมือเดียวกับแบบสองมือ และการล้างของกล้ามเนื้อ มีผลต่อการถ่ายโอนการสั่นสะเทือนจากไม้เทนนิสมายังข้อศอกได้อย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการป้องกันการบาดเจ็บที่บริเวณข้อมือ และบริเวณข้อศอกต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาเทนนิสเยาวชน เพศชาย อายุ 16–18 ปี ซึ่งเข้าร่วมการแข่งขันเทนนิสเยาวชน เพื่อความชนะเลิศแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 46 ประจำปี 2551 จำนวน 10 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยมีการเฉพาะเจาะจง คือ กลุ่มตัวอย่างต้องมีสุขภาพแข็งแรง และไม่เคยเข้ารับการรักษาอาการบาดเจ็บภายในช่วง 3 เดือนก่อนการเก็บข้อมูล ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำการทดสอบทั้งหมด 4 เงื่อนไข ดังนี้ 1) จับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อปกติ 2) จับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อล้า 3) จับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อปกติ 4) จับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อล้า โดยอธิบายรายละเอียด และขั้นตอนการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบเข้าใจตรงกัน แล้วจึงดำเนินการทดลองดังนี้

### การวัดการสั่นสะเทือน

ติดเครื่องวัดความเร่งที่บริเวณคอไม้เทนนิส ข้อมือ และบริเวณปุ่มกระดูกที่ข้อศอก (lateral epicondyle) ของมือข้างที่ถนัดของผู้ทดสอบ แล้วพันด้วยผ้ายืดให้แน่น เพื่อป้องกันเครื่องวัดความเร่งเคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบจับไม้เทนนิสที่ถูกชั่งด้วยเอ็นที่ความตึงเท่ากับ 60 ปอนด์ ใว้หนึ่งๆ โดยจับไม้เทนนิสแบบ eastern grip ให้แกนไม้เทนนิสขนานกับพื้น เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบพร้อม จะทำการยิงลูกเทนนิสไป

กระทบที่กึ่งกลางหน้าไม้ด้วยเครื่องยิงลูกเทนนิส โดยกำหนดความเร็วของลูกเทนนิสในขณะยิงเท่ากับ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วเฉลี่ยที่นักกีฬาเทนนิสเยาวชน เพศชาย ตีลูกหลังมือในขณะแข่งขัน ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 10 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไขดังนี้ จับไม้เทนนิสแบบมือเดียว และจับไม้เทนนิสแบบสองมือ ตามลำดับ

### การทำให้กล้ามเนื้อแขนล้า

กล้ามเนื้อแขนข้างที่ถนัดถูกทำให้ล้า โดยให้นักกีฬาบีบ grip dynamometer ที่ระดับ 100% ของความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximal Voluntary Contraction, MVC) เป็นเวลา 5 วินาที สลับกับพัก 5 วินาที ทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแรงบีบมือสูงสุดที่บันทึกได้ลดลง 30% จากที่มีอยู่เดิมจึงถือว่ากล้ามเนื้อล้า

### การวัดการสั่นสะเทือนภายหลังกล้ามเนื้อล้า

ติดเครื่องวัดความเร่งที่บริเวณคอไม้เทนนิส ข้อมือ และบริเวณปุ่มกระดูกที่ข้อศอก (lateral epicondyle) ของมือที่ถนัดของผู้ทดสอบอีกครั้ง แล้วพันด้วยผ้ายืดให้แน่นเพื่อป้องกันเครื่องวัดความเร่งเคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการทดสอบจับไม้เทนนิสแบบ eastern grip ให้ไม้เทนนิสตั้งฉากขนานกับพื้น เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบพร้อม จะทำการยิงลูกเทนนิสไปกระทบที่กึ่งกลางหน้าไม้ด้วยเครื่องยิงลูกเทนนิส โดยกำหนดความเร็วของลูกในขณะยิงเท่ากับ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 10 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไข ดังนี้ จับไม้เทนนิสแบบมือเดียว และจับไม้เทนนิสแบบสองมือ ตามลำดับ

### วิเคราะห์การสั่นสะเทือน

นำข้อมูลความเร่งที่บันทึกได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาการสั่นสะเทือน ด้วยวิธี Fast Fourier Transform (FFT) โดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้น ผลที่ได้จากการคำนวณคือความถี่ของการสั่นสะเทือนบันทึกได้ที่บริเวณคอไม้เทนนิส บริเวณข้อมือ และบริเวณข้อศอก

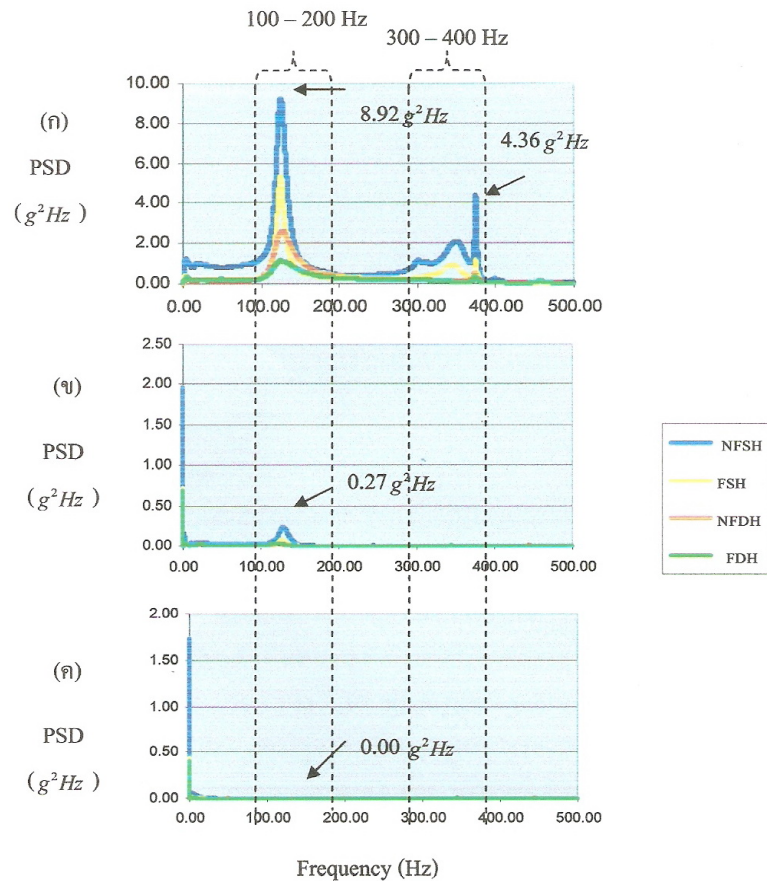
การดูดซับของการสั่นสะเทือนที่บริเวณข้อมือ และบริเวณข้อศอก คำนวณจากสมการ ดังนี้  
การดูดซับการสั่นสะเทือน =  $10 \log_{10} (\text{สัญญาณที่ออกไป} / \text{สัญญาณที่เข้ามา})$

### ผลการทดลองและวิจารณ์

**ตารางแสดง** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของลักษณะทางกายภาพ และแรงบีบมือของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	S.D.
อายุ (ปี)	17.10	0.88
ส่วนสูง (ซม.)	176.50	10.21
น้ำหนัก (กก.)	69.60	13.43
แรงบีบมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ (กก.)	43.20	7.30
แรงบีบมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนล้า (กก.)	30.21	5.12

จากตารางแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่าง มีอายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว แรงบีบมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ และสภาพกล้ามเนื้อแขนล่าเฉื่อย ตามลำดับ ดังนี้ คือ  $17.10 \pm 0.88$  ปี,  $176.50 \pm 10.21$  เซนติเมตร,  $69.60 \pm 13.43$  กิโลกรัม,  $43.20 \pm 7.30$  กิโลกรัม และ  $30.21 \pm 5.12$  กิโลกรัม ตามลำดับ



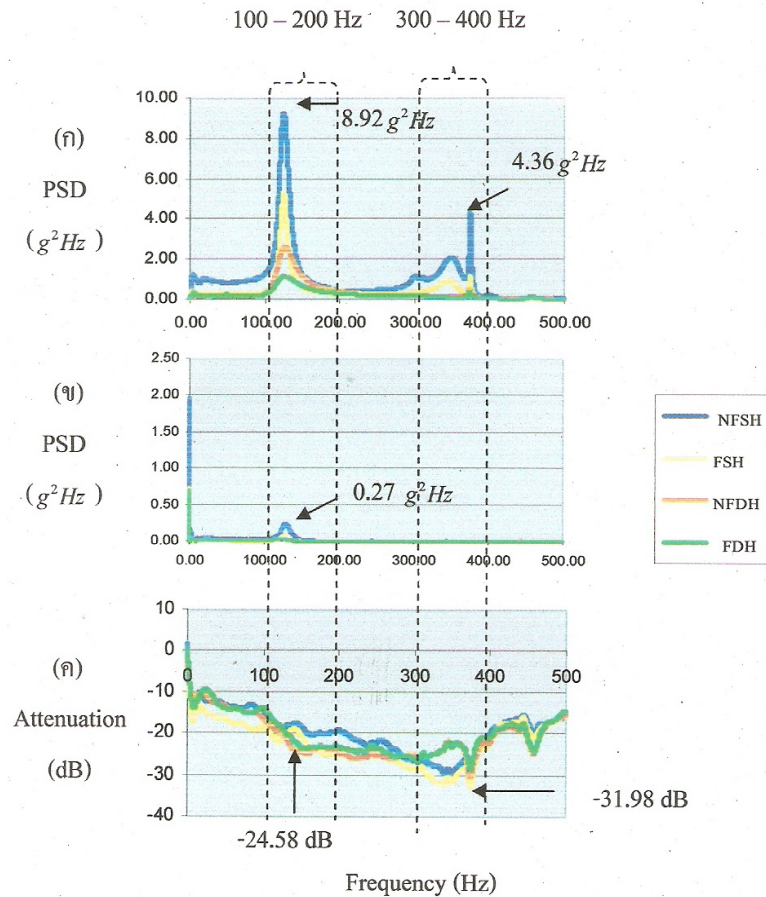
ภาพที่ 1 แสดงความหนาแน่นของสัญญาณที่บันทึกได้ของการสั่นสะเทือนบริเวณคอไม้เทนนิส (ก) บริเวณข้อมือ (ข) และบริเวณข้อศอก (ค)

**หมายเหตุ** NFSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขน  
 NFDH แทน การจับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FDH แทน การจับไม้เทนนิส

จากการทดลองพบว่า บริเวณคอไม้เทนนิส (ก) ความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุดเกิดขึ้น 2 ช่วงความถี่ ได้แก่ ความถี่ในช่วง 100-200 เฮิรตซ์ และในช่วง 300-400 เฮิรตซ์ โดยการจับไม้เทนนิสแบบมือเดียว ในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ มีความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุด ซึ่งเท่ากับ  $8.92 \pm 7.04$  และ  $4.36 \pm 6.42 \text{ g}^2/\text{Hz}$  ตามลำดับ

บริเวณข้อมือ (ข) ความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุดจะอยู่ในช่วงความถี่เดียว คือ 126-130 เฮิรตซ์ โดยการจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ มีความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุด เท่ากับ  $0.27 \pm 0.51 \text{ g}^2/\text{Hz}$

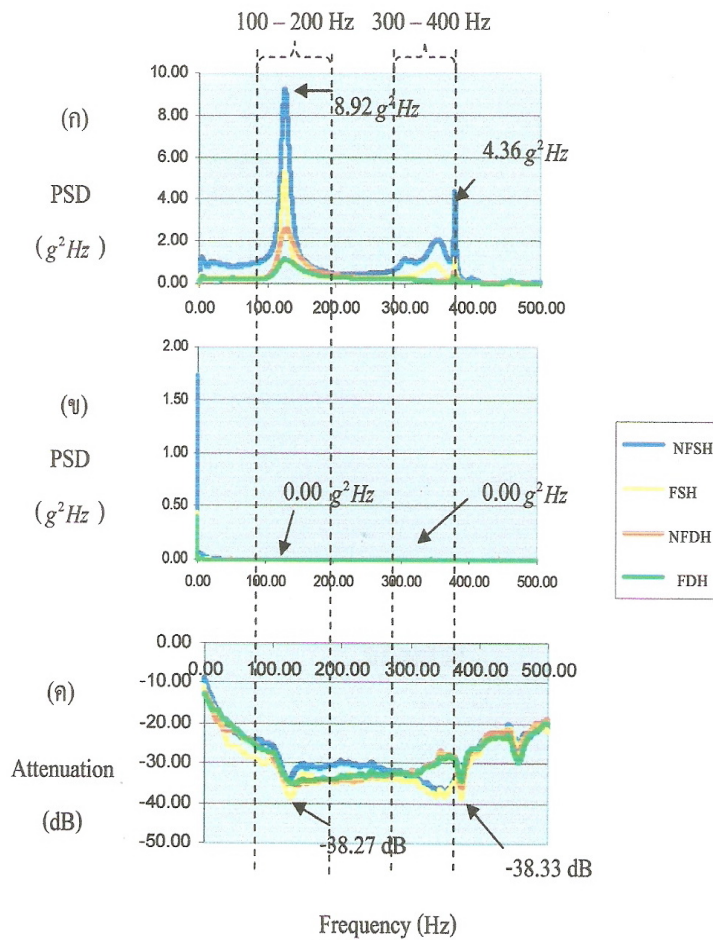
สำหรับบริเวณข้อศอก (ค) ไม่พบว่ามีสัญญาณ



ภาพที่ 2 แสดงการดูดซับการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้ที่บริเวณข้อมือใกล้เคียงกัน บริเวณคอไม้เทนนิสถึงบริเวณข้อมือ

**หมายเหตุ** NFSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขน  
 NFDH แทน การจับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FDH แทน การจับไม้เทนนิส

จากภาพที่ 2 บริเวณข้อมือ(ข) สามารถดูดซับสัญญาณการสั่นสะเทือน ในช่วงความถี่ 100-200 เฮิรตซ์ ได้เป็นอย่างดี โดยดูดซับการสั่นสะเทือนได้ถึง 99.65% ( $-24.58 dB$ ) ของสัญญาณการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้ที่บริเวณคอไม้เทนนิส สำหรับในช่วงความถี่ 350-400 เฮิรตซ์ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับการสั่นสะเทือนที่บริเวณข้อมือ (ค) เพิ่มขึ้น โดยดูดซับการสั่นสะเทือนได้ถึง 99.94% ( $-31.98 dB$ ) ของสัญญาณการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้ที่บริเวณคอไม้เทนนิส ซึ่งการจับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อปกติ การจับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อล่า การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อปกติ และการจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อล่า มีผลต่อการดูดซับการสั่นสะเทือน



ภาพที่ 3 แสดงการดูดซับการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้ แบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนลำ บริเวณคอไม้เทนนิส ถึงบริเวณข้อศอก

**หมายเหตุ** NFSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FSH แทน การจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อแขน  
 NFDH แทน การจับไม้เทนนิสแบบสองมือในสภาพกล้ามเนื้อแขนปกติ  
 FDH แทน การจับไม้เทนนิส

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ความถี่ของการสั่นสะเทือนที่พบบริเวณไม้เทนนิส (ก) ไม่สามารถถูกตรวจพบที่บริเวณข้อศอก (ข) เนื่องจากการสั่นสะเทือนถูกดูดซับเกือบทั้งหมด คิดเป็น 99.99% (-38.33 dB) ของสัญญาณที่ตรวจพบบริเวณคอไม้เทนนิส

### สรุปผลและเสนอแนะ

จากงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ สัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่บริเวณคอไม้เทนนิส เป็นสัญญาณที่มีความถี่สูง โดยพบว่าความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุดอยู่ในช่วงความถี่ 118-125 เฮิรตซ์ และ 260-370 เฮิรตซ์ แสดงให้เห็นว่า เมื่อลูกเทนนิสกระทบกับหน้าไม้เทนนิส จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนรุนแรงมาก เมื่อจับไม้เทนนิสแบบมือเดียว แต่ถ้าจับไม้เทนนิสแบบสองมือ ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนจะน้อยลง

สำหรับผลของกล้ามเนื้อลำ ที่มีต่อการสั่นสะเทือนของไม้เทนนิส พบว่า ความหนาแน่นของสัญญาณสูงสุดในช่วงความถี่ 143–147 เฮิรตซ์ และ 367–370 เฮิรตซ์ เมื่อจับไม้เทนนิสแบบมือเดียวในสภาพกล้ามเนื้อลำ จะทำให้ไม้เทนนิสแกว่งรุนแรง มากกว่าในสภาพกล้ามเนื้อปกติ แต่การจับไม้เทนนิสแบบสองมือ สามารถช่วยควบคุมการสั่นสะเทือนของไม้เทนนิสได้ดี ทั้งในสภาวะที่สภาพกล้ามเนื้อแขนปกติและลำ ดังนั้นนักกีฬาจึงควรจับไม้เทนนิสแบบสองมือ เพื่อช่วยลดการสั่นสะเทือนของไม้เทนนิส

ประสิทธิภาพในการดูดซับการสั่นสะเทือน พบว่า สัญญาณการสั่นสะเทือนจากไม้เทนนิสเมื่อเคลื่อนที่มายังข้อมือได้ถูกดูดซับให้หายไป และยังคงเหลือสัญญาณบ้างเพียงเล็กน้อย เมื่อสัญญาณส่วนที่เหลือส่งผ่านมายังบริเวณข้อศอก สัญญาณจะถูกดูดซับให้หายไปทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ากลุ่มกล้ามเนื้อที่ช่วยในการงอ และเหยียดแขน รวมทั้งกระดูก ข้อต่อ ไขมันใต้ผิวหนัง และเนื้อเยื่อต่างๆ ที่บริเวณแขนสามารถดูดซับสัญญาณการสั่นสะเทือนได้ดี ดังนั้นนักกีฬาเทนนิสควรสร้างกล้ามเนื้อ และฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับการสั่นสะเทือนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

### เอกสารอ้างอิง

- Hennig E M, D. Rosenbaum and T. L. Milani. 1992. Transfer of tennis racket vibrations onto the human forearm. *Journal of Medicine Sports Science*. 24: 1134-1140.
- Stroede C.L., Noble L. and Walker H.S. 1998. The effect of tennis racket string vibration dampers handle vibrations and discomfort following impacts. *Journal of Sport Sciences*. 17: 379-385.
- Wei Shun-Hwa, Chiang Jinn-yen, Shiang Tzyy-Yuang and Chng Hsiao-Yun. 2006. Comparison of shock transmission and forearm electromyography between experienced and recreational tennis players during backhand strokes. *Journal of Sports Medicine*. 16: 129-135.
- Yang C.H., P.C. Lin and Y. J. Chiu. 2007. The Influence of vibration mode on response of tennis racket. *Journal of Biomechanics*. 40: 774.