

ผลของการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย

Effects of Plyometric Exercises on Neuromuscular Coordination among Young Male Basketball Players

ชนพล โคตรสมบัติ¹, ธัญญาวีวัฒน์ หอมสมบัติ^{2*}

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์ สาขาวิชาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ อุดรธานี 41000

²อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ อุดรธานี 41000

Thanapon Kotsombut¹, Thanyawat Homsombat^{2*}

¹Master Degree Student in Physical Education and Sports, Faculty of Education, Thailand National Sports University, Udon Thani 41000

²Lecturer, Faculty of Sports Science and Health, Thailand National Sports University, Udon Thani Campus 41000

Received 20 February 2023; Received in revised 10 April 2023; Accepted 25 April 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่างประมาณการค่าเฉลี่ยขนาดประชากรค่าเฉลี่ยกรณีทราบขนาดประชากร จำนวน 16 คน สุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ จำนวน 8 สัปดาห์ โดยผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC=1.00) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ เครื่องมือมาตรฐาน Eye-hand coordination test และ SEMO test โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน มีค่าเท่ากับ 0.892 และ 0.795 ตามลำดับ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียว และการทดสอบพรีดแมน กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียวของความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่พบว่า ทั้งความเร็วการเปลี่ยนทิศทางและการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

*ผู้รับผิดชอบบทความ: pp.ksb23@gmail.com

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก; การเปลี่ยนทิศทางและการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ

Abstract

The purpose of this quasi-experimental study was to compare the effects of plyometric exercises on neuromuscular coordination in adolescent male basketball players before, after week 4, and after week 8. The 16 samples were collected after determining the sample size and using systematic random sampling to estimate the mean population once the population size was known. The experimental instrument was a plyometric exercise program performed 3 days per week for 8 weeks, as determined by the index of consistency (IOC) of 1.00. The tools used for data collection were standard: the eye-hand coordination test and the SEMO test; the Pearson simple correlation coefficients were 0.892 and 0.795, respectively. Descriptive statistics were percentage, mean and standard deviation, and inferential statistics, including one-way analysis of variance with repeated measures, and the Friedman test. Statistical significance was set at the 0.05 level. The results found that one-way analysis of the variance of change of direction and eye-hand coordination during pre-training showed that after the 4th week and after the 8th week, the differences were statistically significant. When the paired averages were compared, it was discovered that both the direction change speed and the eye-hand coordination were significantly increased prior to training, after the fourth week of training, and after the eighth week of training.

Keywords: Plyometric exercises; Change of direction and neuromuscular coordination

1. บทนำ

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก [1] โดยเฉพาะในผู้เล่นที่มีอายุอยู่ในช่วง 15-24 ปี เห็นได้จากการจัดการแข่งขันในระดับต่างๆ จนถึงระดับการแข่งขันในกีฬาโอลิมปิกเกมส์ กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่มีความหนักของการออกกำลังกายในระดับสูงสุด (ขณะทำการแข่งขัน อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในระดับ ร้อยละ 80-100 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) [2] นอกจากนี้กีฬาบาสเกตบอลยังเป็นกีฬาที่ต้องใช้สมรรถภาพและทักษะเฉพาะขั้นสูง โดยเฉพาะการประสานสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ความเร็ว (Speed) รวมทั้งความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) และความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) [3]

โดยเฉพาะในทักษะการเลี้ยงลูกต้องใช้การประสานสัมพันธ์ระหว่างตา มือ และขาเป็นอย่างมาก

การฝึกความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) เป็นความสามารถของร่างกายที่ช่วยให้บุคคลสามารถประกอบกิจกรรมทางกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเล่นกีฬา [4] ได้ดี ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ คือ การเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) เป็นความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วและสามารถควบคุมได้ ซึ่งนักกีฬาต้องเปลี่ยนทิศทางและความเร็วอย่างรวดเร็ว [5] รวมทั้งนักกีฬาต้องมีความสมดุลของร่างกายการ โดยเฉพาะการทรงตัว (Balance) ซึ่งเป็นความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้ทั้งในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่ นักกีฬาที่มีการทรงตัวที่ดีจะสามารถ

เคลื่อนไหวได้ดีขึ้น เพราะสามารถควบคุมทุกการเคลื่อนไหวที่ปฏิบัติและสามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่จะหกล้มหรือสูญเสียการทรงตัว นอกจากนั้นทักษะขั้นสูงอีกด้านที่จำเป็นสำหรับนักกีฬาบาสเกตบอลคือ การประสานสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ซึ่งเป็นความสามารถในการเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่น กลมกลืน ในการรวมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเข้ากับรูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการทำงานประสานและสอดคล้องกันระหว่างตา มือ และเท้า [6] โดยนักกีฬาที่จะประสบความสำเร็จในการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อนั้น นักกีฬาจะต้องมีพลังของกล้ามเนื้อ (Power) ที่แข็งแกร่ง ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อส่วนหนึ่งส่วนใดหรือหลาย ๆ ส่วนของร่างกายในการหดตัวเพื่อทำงานด้วยความเร็วสูงแรงหรืองานที่ได้เป็นผลรวมของความแข็งแรงและความเร็วที่ใช้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การยืนอยู่กับที่ กระโดดไกล และการทุ่มน้ำหนัก [7] รวมทั้งนักกีฬาจะต้องมีทักษะของเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Response time) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ร่างกายใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ เช่น แสง เสียง สัมผัส องค์ประกอบของเวลาตอบสนอง ได้แก่ เวลาประมวลผลทางจิต เวลาวิเคราะห์ การเคลื่อนไหว และเวลาตอบสนองของอุปกรณ์ [8] สำหรับนักกีฬาที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันในกีฬาประเภทต่าง ๆ ควรมีการตอบสนองของระบบประสาทกล้ามเนื้อในระดับที่เพียงพอ [9] นอกจากนี้ Corbin, Pangrazi and Franks. [10] พบว่านักกีฬาที่มีการตอบสนองของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับทักษะกีฬาจะมีช่วยให้การปฏิบัติกิจกรรมทางกายและการเล่นกีฬาได้ดีขึ้น และการตอบสนองของระบบประสาทกล้ามเนื้อคือสิ่งสำคัญของความสามารถทางด้านกีฬาของนักกีฬารวมถึงเป็นทักษะที่สำคัญของการเล่นกีฬาบาสเกตบอลด้วย [11]

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้พลังระเบิดของกล้ามเนื้อในการฝึกร่างกายและสร้างกล้ามเนื้อ [12] รวมทั้งเป็น

วิธีการฝึก รวมถึงแบบฝึกที่ใช้พลังระเบิดที่นักกีฬาใช้ในกีฬาทุกประเภท (Chu, 1998) การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเพื่อพัฒนาระบบกล้ามเนื้อและกระดูกควรเริ่มฝึกจากระดับความหนักปานกลาง (ร้อยละ 60-70 ของการเต้นของหัวใจสูงสุด) [13] ลักษณะการฝึกทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบของการกระโดดและอาศัยน้ำหนักตัวเป็นหลักในการฝึกพลัยโอเมตริก นักกีฬาควรฝึกไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และเว้นอย่างน้อย 1 วันระหว่างการฝึกแต่ละครั้ง ควรมีวันพักจากการออกกำลังกายอย่างน้อย 1 วันต่อสัปดาห์ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการศึกษาส่วนน้อยที่มีผลการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Ozbar, Ates and Agopyan [14] ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความแข็งแรงของขา การกระโดด และความเร็วในการวิ่ง จำนวน 1 วันต่อสัปดาห์ วันละ 60 นาทีเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในนักกีฬาฟุตบอลหญิงระดับมืออาชีพ จำนวน 18 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกกลุ่มละ 9 คน ผลการศึกษาพบว่านักกีฬามีกำลังของขาเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น แต่ความเร็วในการวิ่งไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ramirez-Campillo et al. [15] ที่พบว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก ไม่ส่งผลให้นักกีฬาฟุตบอลชาย มีความเร็วในการวิ่ง 30 เมตร และความเร็วในการกลับตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งการศึกษาของ Ramirez-Campillo et al. [13] ที่พบว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจำนวน 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ไม่ส่งผลต่อความเร็วในการวิ่ง 15 เมตร และความเร็วในการกลับตัว [16] และการศึกษาของ Siegler, Gaskill and Ruby [17] ได้สรุปว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ไม่สามารถส่งผลให้นักกีฬามีความเร็วในการวิ่ง 20 เมตรเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่ามีการศึกษาจำนวนน้อยและเป็นเหตุผลที่ยังไม่ชัดเจนที่ยืนยันว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถพัฒนาความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้ เพราะนักกีฬาทุกประเภทจำเป็นต้องมีการสั่งงานของระบบประสาทที่รวดเร็วที่สั่งงานให้กล้ามเนื้อมีการตอบสนองได้อย่างทันทั่วทั้งทีในขณะทำการแข่งขัน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย

3. สมมติฐานของการวิจัย

การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกส่งผลให้ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชายก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ TNSU-EDU 072/2565 มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชายที่ขึ้นทะเบียนนักกีฬาของกีฬาแห่งประเทศไทย จังหวัดอุดรธานี จำนวน 240 คน [18] ได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่างประมาณการค่าเฉลี่ยขนาดประชากรค่าเฉลี่ยกรณีทราบขนาดประชากร [19] จำนวน 12 คน เพื่อป้องกันการถอนตัว (Drop-out) ผู้วิจัยเพิ่มขนาดตัวอย่าง ร้อยละ 30 รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ (Systematic random sampling)

$$\text{จากสูตร } n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{d^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร } n &= \frac{240 (1.96^2) 4.5^2}{2.54^2(240-1) + (1.96^2) 4.5^2} \\ &= 11.53 \text{ ประมาณ } 12 \text{ คน} \end{aligned}$$

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

คือ โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก จำนวน 8 สัปดาห์ โดยทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ (วันจันทร์ พุธ และวันศุกร์) ก่อนการฝึกทักษะทำการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที จากนั้นออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก 6 ท่า ได้แก่ ท่า Toe taps ท่า Half squat jump ท่า Quarter squat jump ท่า Lunge jump ท่า Lateral barrier jump ท่า Shuffle box jump จากนั้นทำการคลายอุ่น 10 นาที (Table 1) โดยผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 (Table 1)

4.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คือ เครื่องมือมาตรฐาน Eye-hand coordination test [20] เพื่อทดสอบการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ (Eye-hand coordination) และทดสอบความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) ด้วยวิธี SEMO test [21] ทั้งสองวิธีทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 3 นาที และบันทึกค่าในครั้งที่ดีที่สุด การหาคุณภาพของเครื่องมือโดยทำการทดสอบแล้วทดสอบซ้ำ (Test and retest method) โดยทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำค่าที่ได้จากการทดสอบไปทำการหาค่าสหสัมพันธ์ สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น คือ สูตรการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient หรือ r) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สันของ SEMO test มีค่า

เท่ากับ 0.795 และ Eye-hand coordination test มีค่าเท่ากับ 0.892

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

โปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก จำนวน 8 สัปดาห์ โดยในการฝึกสัปดาห์ที่ 1-2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ร้อยละ 60-70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สัปดาห์ที่ 3-4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 70-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และสัปดาห์ที่ 5-8 อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเพิ่มเป็น ร้อยละ 80-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) วัดการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rate of perceive exertion; RPE) (สัปดาห์ที่ 1-2 RPE 12-14, สัปดาห์ที่ 3-4 RPE 15-16,

สัปดาห์ที่ 5-8 RPE 17-18) และสุดท้ายจะบันทึกระดับการหอบเหนื่อย (Rate of perceive dyspnea; RPD) อยู่ในระดับ 4-9 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPD 4-5, สัปดาห์ที่ 3-4 RPD 6-7, สัปดาห์ที่ 5-8 RPD 8-9) โดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

4.3.1 ก่อนการทดลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ และทดสอบความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (ข้อ 2.2)

4.3.2 กลุ่มตัวอย่างฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก จำนวน 8 สัปดาห์ (Table 1)

4.3.3 หลังการทดลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ และทดสอบความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (ข้อ 2.2)

Table 1 Plyometric exercise program

Weeks	Postures	Reps	Set	Rest set (minute)	Rest (minute)	Heaviness	HR, RPE, RPD
1-2	Quarter Squat	12	3	2	3	Moderate	- HR 60-70% for HR_{max} - RPE 12-14 - RPD 4-5
	Jump						
	Lunge Jump	12	3	2	3	Moderate	
	Half Squat	12	3	2	3	Moderate	
	Jump						
	Toe Taps	10	3	2	3	Moderate	
	Shuffle box	10	3	2	3	Hard	
	jump						
	Lateral barrier	10	3	2	3	Hard	
	jump						
	sum				198 Reps		

Table 1 Plyometric exercise program (continued)

Weeks	Postures	Reps	Set	Rest set (minute)	Rest (minute)	Heaviness	HR, RPE, RPD
3-4	Quarter Squat Jump	14	3	2	3	Moderate	- HR 70-80% for HR_{max} - RPE 15-16 - RPD 6-7
	Lunge Jump	14	3	2	3	Moderate	
	Half Squat Jump	14	3	2	3	Moderate	
	Toe Taps	12	3	2	3	Moderate	
	Shuffle box jump	12	3	2	3	Hard	
	Lateral barrier jump	12	3	2	3	Hard	
	sum				234 Reps		
5-6	Quarter Squat Jump	15	3	3	3	Moderate	- HR 80-90% for HR_{max} - RPE 17-18 - RPD 8-9
	Lunge Jump	16	3	3	3	Moderate	
	Half Squat Jump	15	3	3	3	Moderate	
	Toe Taps	14	3	3	3	Moderate	
	Shuffle box jump	14	3	3	3	Hard	
	Lateral barrier jump	14	3	3	3	Hard	
	sum				264 Reps		
7-8	Quarter Squat Jump	15	4	3	3	Moderate	- HR 80-90% for HR_{max} - RPE 17-18 - RPD 8-9
	Lunge Jump	16	4	3	3	Moderate	
	Half Squat Jump	15	4	3	3	Moderate	
	Toe Taps	14	4	3	3	Moderate	
	Shuffle box jump	14	3	3	3	Hard	
	Lateral barrier jump	14	3	3	3	Hard	
	sum				324 Reps		

Annotation: Heart rate (HR), maximum Heart rate (HR_{max}), rating of perceived exertion (RPE), rate of perceive dyspnea (RPD)

4.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ ด้วยสถิติ Shapiro-wilk test สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อพรรณนาค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ประสิทธิภาพการเล่นบาสเกตบอล ระดับการแข่งขัน อัตราการเต้นของหัวใจ การรับรู้การออกแรงของร่างกาย และระดับการหอบเหนื่อย และสถิติเชิง

อนุมาน (Inferential statistics) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กรณีทดสอบไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ถ้าไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นจะเปลี่ยนมาใช้สถิติ Friedman test และกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Protocol

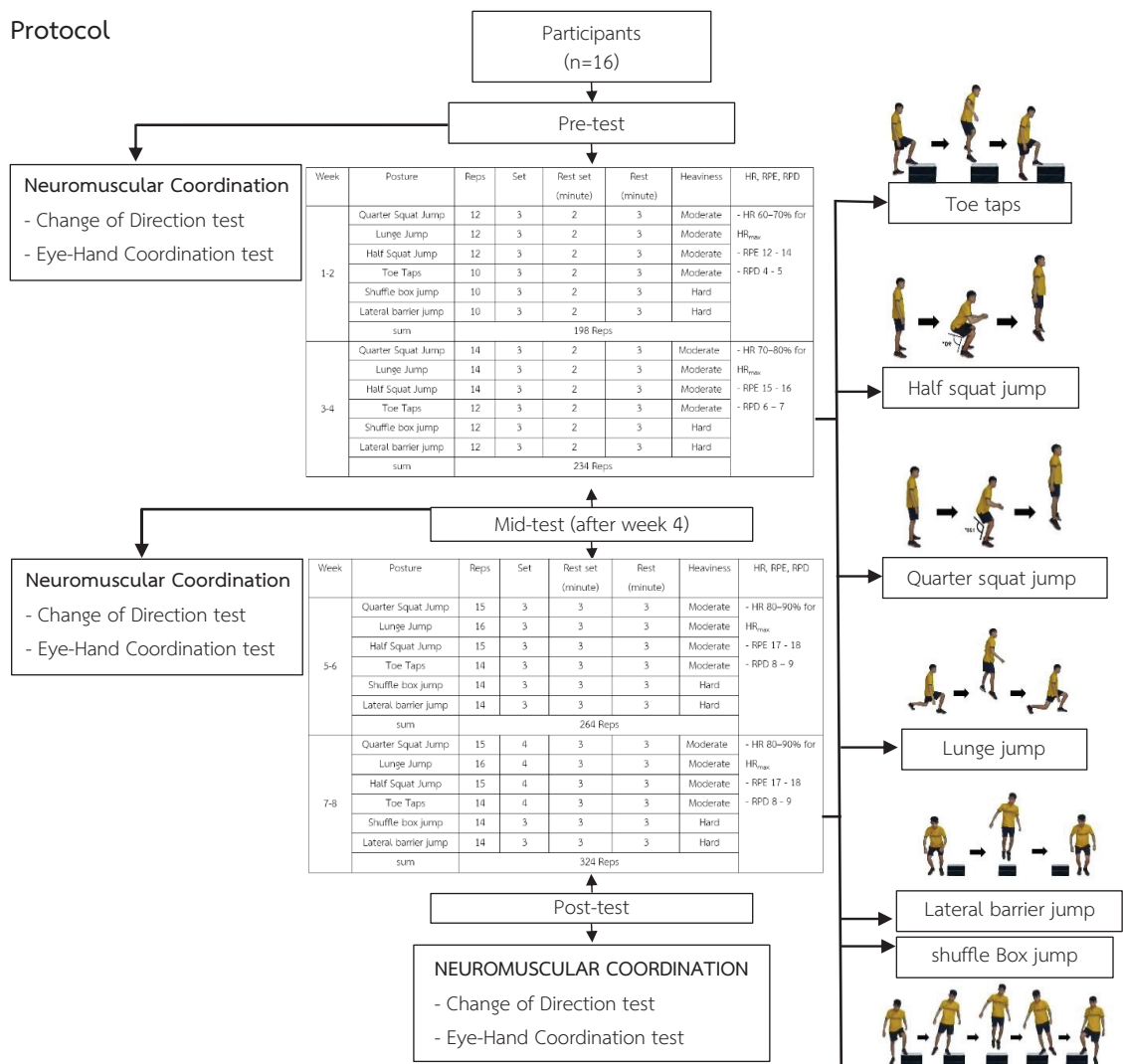


Figure 1 Protocol

5. ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติวิเคราะห์ One-way analysis of variance with repeated measures และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Tukey ผู้วิจัยได้ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติดังกล่าว (Table 2) ถ้าไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นจะเปลี่ยนมาใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ Friedman test และผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ Change of direction ($P = 0.36$) และ Eye-hand coordination

test ($P = 0.22$) มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติพาราเมตริกซ์ (Parametric statistics) (Table 2)

5.1.1 ข้อมูลส่วนบุคคล

กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายทั้งหมด 16 คน มีน้ำหนักเฉลี่ย 62.50 กิโลกรัม ($SD = 6.35$) ส่วนสูงเฉลี่ย 177.38 เซนติเมตร ($SD = 5.29$) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.83 ($SD = 1.31$) ประสบการณ์การเล่นบาสเกตบอลเฉลี่ย 4.06 ปี ($SD = 1.06$) และระดับการแข่งขัน รายการกีฬานักเรียนนักศึกษาจำนวน 9 คน (ร้อยละ 56.25) และรายการกีฬาเยาวชนแห่งชาติจำนวน 7 คน (ร้อยละ 43.75) (Table 3)

Table 2 Statistical data distribution test results Shapiro-wilk test ($n=16$)

Scores	Shapiro-wilk test		
	statistic	df	Sig.
Change of direction	0.94	16	0.36
Eye-hand coordination test	0.93	16	0.22

Table 3 Subject characteristics ($n=16$)

Variables	$\bar{X}(SD)$	Min-max
Weight (kg.)	62.50(6.35)	55.00-76.00
Height (cm.)	177.38(5.29)	165.00-186.00
Body mass index (kg/m^2)	19.83(1.31)	17.56-21.97
Experience (years)	4.06(1.06)	3.00-6.00
Levels	volume	%
- Student sports	9	56.25
- National youth sports	7	43.75

5.1.2 อัตราการเต้นของหัวใจ คะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย และระดับการหอบเหนื่อย

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.06 ครั้งต่อนาที ($SD=2.32$) และขณะออกกำลังกายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 174.80 ครั้งต่อนาที ($SD=9.82$) คะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกายระหว่างการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.09 ($SD=1.81$) และระดับการหอบเหนื่อยระหว่างการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 ($SD=1.67$) (Table 4)

5.2 ความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ

ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำทางเดียวของความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธีของ Tukey (Table 4)

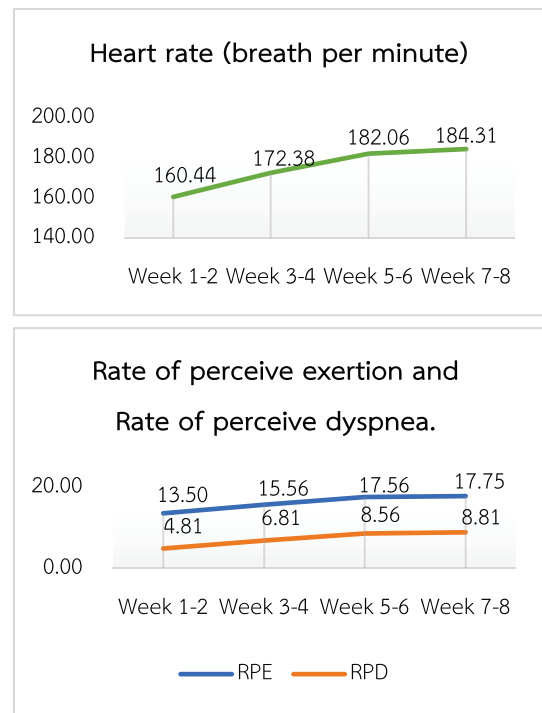


Figure 2 Heart rate, rate of perceive exertion and rate of perceive dyspnea during 8 weeks exercise.

Table 4 Change of direction and eye-hand coordination pre-test, mid-test (after week 4 and post-test (n=16)

Variables	SS	df	MS	F	p-value
Changes of direction					
Experimental group	56.46	1.44	39.35	344.25	<0.001
Discrepancy	2.46	21.52	0.11		
Sum	58.92				
Eye-Hand Coordination					
Experimental group	17.67	1.43	12.37	187.07	<0.001
Discrepancy	1.42	21.43	0.07		
Sum	19.09				

Table 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธีของ Tukey ความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3)

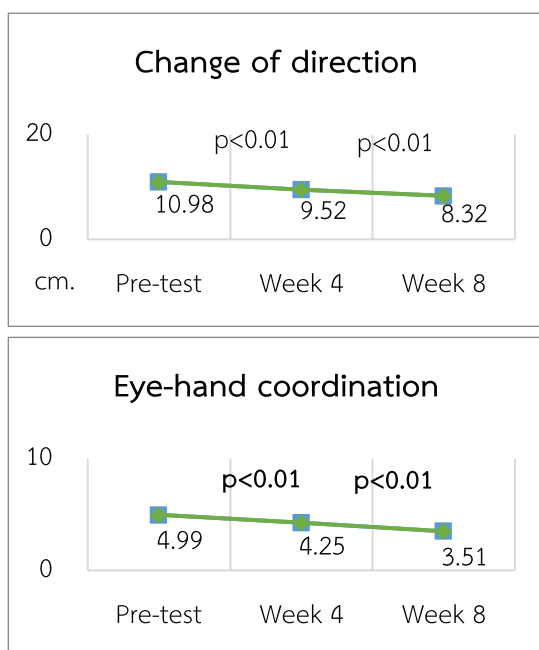


Figure 3 Change of direction and eye-hand coordination

Figure 3 พบว่า ความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 10.98, 9.52, 8.32 วินาที ตามลำดับ และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ เท่ากับ 4.99, 4.25, 3.51 วินาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละสัปดาห์ พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาและการเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ของนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายทั้งหมด 16 คน มีน้ำหนักเฉลี่ย 62.50 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 177.38 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.83 ประสบการณ์การเล่นบาสเกตบอลเฉลี่ย 4.06 ปี และระดับการแข่งขัน รายการกีฬานักเรียนนักศึกษาจำนวน 9 คน (ร้อยละ 56.25) และรายการกีฬาเยาวชนแห่งชาติจำนวน 7 คน (ร้อยละ 43.75) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.06 ครั้งต่อนาที และขณะออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 174.80 ครั้งต่อนาที คะแนนการรับรู้การออกกำลังกายของร่างกายระหว่างการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.09 และระดับการหอบเหนื่อยระหว่างการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.25 ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Brown et al. [22] ที่พบว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่จะส่งผลต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬามหาวิทยาลัย อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 173.3 ครั้งต่อนาที (ร้อยละ 86.50) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นการออกกำลังกายที่เผาผลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจนที่มีความคล้ายคลึงกับการวิ่ง 400 เมตร [23] ดังนั้นการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกที่จะส่งผลต่อความสามารถในการกระโดด เนื่องมาจากตัวแปรทางสรีระวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญพลังงานโดยใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) [24] นอกจากนั้นในการศึกษานี้ยังพบว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกยังส่งผลต่อการตอบสนองทางสรีระวิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะความแข็งแรงและพลัง [25] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ebben, Simenz and Jensen. [26] ที่ศึกษาการตอบสนองของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องตรวจกล้ามเนื้อไฟฟ้า ในขณะออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก พบว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในระดับความหนักสูงสุดไม่ส่ง

ผลต่อความแข็งแรงและพลังกำลังของนักกีฬา ดังนั้นการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจะได้ผลทั้งการตอบสนองทางสรีระวิทยาแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน

ผลของการทดสอบความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย ความเร็วการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ระหว่างก่อนฝึก หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นโปรแกรมที่เพิ่มความสามารถของสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะความสามารถในการกระโดดที่พัฒนาขึ้นมาจากทฤษฎีวงจรยืดออก-การหดสั้นเข้า (The stretch-shortening cycle; SSC) ซึ่งอยู่ภายใต้กลไกการทำงานของระบบประสาทสรีระวิทยา [27] การทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นสิ่งที่สำคัญมาก [28] กลไกการทำงานของระบบประสาทและการเพิ่มขึ้นของระบบประสาทสั่งการเป็นกลไกการทำงานที่สำคัญที่จะนำไปสู่ประสิทธิภาพของความเร็วในการกลับตัวของนักกีฬา [29] จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มุ่งเน้นศึกษากลไกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อประสิทธิภาพของนักกีฬา [30] การฝึกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงมีวิธีการฝึกที่แตกต่างกัน เช่น การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ความเร็ว ทักษะ การฝึกเพื่อเพิ่มการกระโดด รวมทั้งการฝึกเพื่อเพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแรงหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา รวมทั้งกลไกการหดตัวแบบสั้นเข้า-ยืดออกของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดขาอย่างรวดเร็ว และการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มกลไกดังกล่าวข้างต้นได้ [31] จากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถยืนยันเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเพราะว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกเป็นการรวมท่าฝึกในการกระโดดหลาย ๆ ท่า เช่น กระโดดในแนวตั้ง

กระโดดในแนวเฉียง และกระโดดขาข้างเดียว ท่าเหล่านี้ล้วนเพิ่มประสิทธิภาพของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางได้ [31] Pardos-Mainer et al. [32] พบว่าการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงร่วมกับการฝึกแบบ Isometric ล้วนส่งผลให้เกิดผลในทางบวกของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของร่างกายส่วนล่าง เพราะการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงก่อให้เกิดพลังงานสูงสุดที่จำเป็นสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบสั้นเข้า (Eccentric contraction) ซึ่งเป็น 1 ใน 5 วิธีของกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อในวงจรการยืด-การหดของกล้ามเนื้อ [33] ล้วนเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง [5] จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่รายงานว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้ [34] โดยเฉพาะการฝึกที่เฉพาะเจาะจง เช่น การเร่งความเร็วในการกลับตัว การกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง [34] Asadi et al. [35] ยืนยันว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาได้ (ES from 0.26-2.8) [35] นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Loturco et al. [36] ที่พบว่ากรออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้อย่างเฉพาะเจาะจง โดยเฉพาะการเร่งความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง และความสามารถในการวิ่งของนักกีฬาฟุตบอล [36] บางการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายที่เพิ่มการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบสั้นเข้าที่ใช้น้ำหนักสูงสุด สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบอื่น ๆ ทั้งในระยะการหดตัวแบบสั้นเข้า-เหยียดออก [37] บางการศึกษาพบว่ากรออกกำลังกายที่มีการหดตัวแบบสั้นเข้าเป็นเวลานาน ๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา และป้องกันการบาดเจ็บได้ [38] Cormie, McGuigan and Newton. [39] ได้รายงานว่ากรออกกำลังกายที่มีการหดตัวแบบสั้นเข้าสามารถเพิ่มแรงในการเหยียดออกและ

ความเร็วได้ นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มพลังงานได้อย่างมหาศาล นอกจากนั้นบางการศึกษายังยืนยันว่าการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในท่าการหดสั้นเข้าเป็นสิ่งที่นักกีฬาทุกคนจำเป็นต้องมี เพื่อใช้ในการเพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง คือนักกีฬาจะลดความเร็วลง และเพิ่มการทรงตัวที่ดีในระยะเวลาลั้น ๆ จากนั้นจึงเร่งความเร็วในการเปลี่ยนทิศทางได้ [40] ระยะในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาสเกตบอลประกอบไปด้วย 3 ระยะ คือ การลดความเร็ว การเพิ่มการทรงตัว และการเร่งความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งทั้ง 3 ระยะนี้ จะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการเปลี่ยนทิศทางได้ดียิ่งขึ้น [41] มากไปกว่านั้นการหดตัวของกล้ามเนื้อระยะที่มีการสั้นเข้าสามารถไปกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท ซึ่งจะส่งผลต่อการประสานสัมพันธ์ และความแม่นยำในการทำคะแนน

7. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการประสานสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อทั้ง ความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง และการประสานสัมพันธ์ของตาและมือได้ ซึ่งประสิทธิภาพของสมรรถภาพทางกายที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวเป็นเพราะว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกประกอบด้วย ท่ากระโดดในแนวตั้ง กระโดดในแนวเฉียง และกระโดดขาข้างเดียวอย่างรวดเร็ว รวมทั้งใช้ท่าฝึกที่เน้นกล้ามเนื้อกลุ่มหลัก ๆ ในการเล่นสเกตบอล คือ การกระโดดในแนวตั้ง การกระโดดไปข้างหน้า และกระโดดข้ามสิ่งกีดขวาง ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในนักกีฬาสเกตบอลมือสมัครเล่น หรือมืออาชีพ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นควรมีการศึกษาในระยะยาวๆ เพื่อเป็นสิ่งยืนยันประสิทธิภาพของโปรแกรمدังกล่าวด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

8.1.1 ควรควบคุมปัจจัยอื่นๆที่จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ นักกีฬา และควรมีการทดลองกับกีฬาชนิดอื่น ๆ

8.1.2 ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งมีกลุ่มควบคุม และกลุ่มเปรียบเทียบ และควรมีการศึกษาระยะยาวของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกให้ครอบคลุมความหนักของการออกกำลังกายทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับความหนักต่ำ ระดับความหนักปานกลาง และระดับความหนักสูงสุด ต่อการพัฒนาความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

9. References

- [1] National Federation of State High School Associations., 2017, High school athletics participation survey 2015-16, Available Source: <https://www.nfhs.org/sports-resource-content/high-school-participation-survey-archive/>, November 11, 2021.
- [2] McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J., 1995, The physiological load imposed upon basketball players during competition. *J. Sports Sci.*, 13(5), 387-397.
- [3] Brown, L., Woodman, G., & Yap, C., 2000, Development of Speed, Agility, and Quickness for the Female Soccer Athlete. *NSCA.*, 22(1), 9-12.
- [4] Singh, K., & Singh, R. (2019). Comparison of selected physical fitness components of badminton and basketball players. *Int. J. Appl. Res.*, 3(4), 236-240.

- [5] Spiteri, T., Newton, R. U., & Nimphius, S., 2015, Neuromuscular strategies contributing to faster multidirectional agility performance. *J. Electromyogr Kinesiol*, 25(4), 629-636.
- [6] Pathare, S. D., 2016, A comparative study of eye hand coordination among games players. *IJPEFS*, 3(2), 382-383.
- [7] Alcazar, J., Losa-Reyna, J., Rodriguez-Lopez, C., Alfaro-Acha, A., Rodriguez-Manas, L., Ara, I., Garcia-Garcia, F. J., & Alegre, L. M., 2018, The sit-to-stand muscle power test: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in older people. *Exp. Gerontol*, 2(112), 38-43.
- [8] Cojocariu, A., & Honceriu, C., 2019, The effect of the specific training upon the values of the choice reaction time at the level of the upper limbs in the lawn tennis (16-18-year-old). *Int. Rev. Sociol Sport*, 11(79), 79-84.
- [9] Bishop, D., 2000, Physiological predictors of flat-water kayak performance in women. *Eur J Appl*, 82(1), 91-97.
- [10] Corbin, C. B., Pangrazi, R. P., & Franks, B. D., 2000, Definition: Health, fitness and physical activity. *Pres. Counc. Phys. Fit. Sports Res. Dig.*, 3(9), 1-12.
- [11] Haywood, K., & Getchell, N., 2019, *Life Span Motor Development*. 6th Edition. Human kinetics, 5-6 pp.
- [12] Anderst, W., Eksten, F., & Kocejka, D., 1994, Effects of plyometric and explosive resistance training on lower body power. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 1(26), 26-31.
- [13] Ramirez-Campillo, R., Sanchez-Sanchez, J., Romero-Moraleda, B., Yanci, J., Garcia-Hermoso, A., & Clemente, F. M., 2020, Effects of plyometric jump training in female soccer player's vertical jump height: A systematic review with meta-analysis. *J. Sports Sci.*, 38(13), 1475-1487.
- [14] Ozbar, N., Ates, S., & Agopyan, A., 2019, The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 28(10), 2888-2894.
- [15] Ramirez-Campillo, R., Vergara-Pedrerros, M., Henríquez-Olguín, C., Martínez-Salazar, C., Alvarez, C., Nakamura, F. Y., De La Fuente, C. I., Caniuqueo, A., Alonso-Martinez, A. M., & Izquierdo, M., 2016, Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *J. Sports Sci.*, 34(8), 687-693.
- [16] Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Garcia-Pinillos, F., Gentil, P., Moran, J., Pereira, L. A., & Loturco, I., 2019, Plyometric training in young male soccer players: Potential effects of Different Drop jump height. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 31(3), 306-313.
- [17] Siegler, J., Gaskill, S., & Ruby, B., 2003, Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J. Strength Cond. Res.*, 17(2), 378-387.
- [18] Sports Authority of Thailand., 2022, check athlete information Sports Authority of

- Thailand. Available Source: http://reg.sat.or.th/search/?fbclid=IwAR1XMv9LszyDuJ0oNuZs4MABcQkVYhG0_t9VZV995jolKk2hQXVDs8zy4oC0, May 25, 2022. (in Thai)
- [19] Arun Jirawatkul., 2017, *Health Science Statistics for Research*, 1st edition, Bangkok: Wittayapat, 156 p. (in Thai)
- [20] Canto, E. G., Soto, J. J. P., Garcia, P. L. R., Guillamon, A. R., Minarro, P. A. L., & Villalba, F. J. L., 2015, The relationship between segmental coordination, agility and physical activity in adolescents. *J. Phys. Educ.*, 21(2), 200-206.
- [21] Kirby, R. F., 1971, A simple test of agility, *Coach and athlete*, 25(6), 30-31.
- [22] Brown, G. A., Abbey, B. M., Shaw, B. S., & Shaw, I., 2010, Oxygen Consumption, Heart Rate, and Blood Lactate Responses to an Acute Bout of Plyometric Depth Jumps in Collegr-aged Men and Women. *J. Strength Cond. Res.*, 24(9), 2474-2482.
- [23] Wilmore, J. H., & Costill, D. L., 1988, *Training for Sport and Activity* (3rd ed). Madison, WI: WCB Brown & Benchmark, 28 p.
- [24] Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, P. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., & Hawley, J. H., 2006, Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J. Strength. Cond. Res.*, 20(4), 947-954.
- [25] Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P., 2005, Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *J. Strength. Cond. Res.*, 19(3), 495-504.
- [26] Ebben, W. P., Simenz, C., & Jensen, R. L., 2008, Evaluation of plyometric intensity using electromyography. *J. Strength. Cond. Res.*, 22(3), 861-868.
- [27] Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B., 2018, Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *J. strength. Cond. Res.*, 32(2), 289-296.
- [28] Asadi, A., 2013, Effects of in-season short term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport. Sci. Health.*, 9(3), 133-137.
- [29] Aagaard, P., Simonsen., E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhr Poulsen, P., 2002, Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J. Appl. Physiol.*, 93(4), 1318-1326.
- [30] Panagoulis, C., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, C. K., Draganidis, D., Stampoulis, T., Oikonomou, T., Papanikolaou, K, Rafailakis, L., Kambas, A., Jamurtas, A. Z., & Fatouros, I. G., 2020, In-season integrative neuromuscular strength training improves performance of early-adolescent soccer athletes. *J. Strength. Cond. Res.*, 34 (2), 516-526.
- [31] Sheppard, J. M., & Young, W., B., 2006, Agility literature review: Classifications, training and testing. *J. Sports Sci.*, 24(1), 919-932.

- [32] Pardos-Mainer, E., Casajus, J., Bishop, C., & Gonzalo-Skok, O., 2020, Effects of Combined Strength and Power Training on Physical Performance and Interlimb Asymmetries in Adolescent. *Int. J. Sports Physiol.*, 20(8), 1-9.
- [33] Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R. & Lundberg, T. R., 2017, Clinical Applications of Isoinertial, Eccentric-Overload (YoYo™). Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, 8(1), 241-257.
- [34] Yanci, J., Arcos, A. L., Camara, J., Castillo, D., Garcia A, Castagna C., 2016, Effects of horizontal plyometric training volume on soccer players' performance. *Res. Sports Med.*, 24(4), 308-319.
- [35] Asadi, A., Arazi, H., Young, W. B., Villarreal, E. S., 2016, The Effects of Plyometric Training on Change of Direction Ability: A Meta Analysis. *Int. J. Sports. Physiol.*, 11(5), 563-573.
- [36] Loturco, I., Pereira, L. A., Koba, R., Zanetti, V., Gil, S., & Kitamura, K., 2015, Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *J. Sports Sci.*, 33(12), 1283-1292.
- [37] Doan, B. K., Newton, R. U., Marsit, J. L., Triplett-McBride, N. T., Koziris, L. P., Fry, A. C., & Kraemer, W. J., 2002, Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *J. Strength Cond. Res.*, 16(1), 9-13.
- [38] Martinez-Aranda, L. M., & Fernandez-Gonzalo, R., 2017, Effects of inertial setting on power, force, work, and eccentric overload during flywheel resistance exercise in women and men. *J. Strength Cond. Res.*, 31(6), 1653-1661.
- [39] Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U., 2010, Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 42(9), 1731-1744.
- [40] Chaabene, H., Prieske, O., Negar, Y., & Granacher, U., 2018, Change of Direction Speed: Toward a Strength Training Approach with Accentuated Eccentric Muscle Actions. *Sports Medicine*, 48(8), 1773-1779.
- [41] Fiorilli, G., Iuliano, E., Mitrotasios, M., Pistone, E. M., Aquino, G., Calcagno, G., & Cagno, A. D., 2017, Are change of direction speed and reactive agility useful for determining the optimal field position for young soccer players?., *J. Sports Sci. Med.*, 16(2), 247-253.