

Sports and Exercise Physiology

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา

(Original articles)

(นิพนธ์ต้นฉบับ)

ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮซ-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกาย
ในนักกีฬาฟุตบอล

หฤทัย จันทรรม¹, ราตรี เรืองไทย², อาริรัตน์ สุทธิธาดา³

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อำเภอ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮซ-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนท์วิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบ เฮซ-รีเฟล็กซ์ ทดสอบความเร็วด้วยการวิ่ง 20 เมตรและทดสอบความอดทนด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 ก่อนเข้าโปรแกรมการฝึก กลุ่มตัวอย่างได้รับโปรแกรมการฝึกความอดทน จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากนั้นตามด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการทดสอบเช่นเดียวกันกับก่อนเข้าโปรแกรมการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 และ 12 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการวัดซ้ำมิติเดียวและเปรียบเทียบภายหลังโดยใช้วิธีของ Turkey กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า แสดงให้เห็นว่า เฮซ-รีเฟล็กซ์ ก่อนได้รับการฝึก หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน ในสัปดาห์ที่ 8 และหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าเฮซ-รีเฟล็กซ์ ค่า H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่า สัปดาห์ที่ 12 ส่วนค่า M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว มีค่าสูงกว่า ก่อนการฝึกและสัปดาห์ที่ 8 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สมรรถภาพด้านความอดทนในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 และ สัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนสมรรถภาพด้านความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่สัปดาห์ที่ 8 ไม่แตกต่างกับก่อนการฝึก

ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการเลือกโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว เพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนและความเร็วพร้อมกับการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอล

(Journal of Sports Science and Technology 2012; 12 (2): 61 - 71)

คำสำคัญ : การฝึกความอดทน, เฮซ-รีเฟล็กซ์, สมรรถภาพทางกาย

บทนำ

คุณสมบัติของระบบประสาทยนต์ในผู้ใหญ่มีการปรับตัวที่สูงสามารถปรับเปลี่ยนต่อการตอบสนองที่หลายรูปแบบตามประสบการณ์ของระบบประสาทยนต์ที่แตกต่างกัน โดยการฝึกระบบประสาทยนต์นั้นสามารถเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างและหน้าที่การทำงาน ภายในระบบประสาทยนต์เอง⁶ และการปรับตัวของระบบประสาทยนต์สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยการฝึกที่เฉพาะเจาะจง^{6,7} การฝึกระบบประสาทยนต์ด้วย รูปแบบและประสบการณ์ที่เฉพาะเจาะจงของโครงสร้างและหน้าที่ระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและไขสันหลัง พบว่า การฝึกทางด้านทักษะ (skill training) สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการประสานงานของระบบประสาท (synaptogenesis) การเชื่อมกันของระบบประสาท (synaptic potentiation) และการจัดรูปแบบในการเคลื่อนไหวใหม่ภายในระบบประสาทส่วนกลาง การฝึกความอดทน (endurance training) สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเพิ่มของกระแสโลหิตในระบบประสาทส่วนกลาง การฝึกความแข็งแรง (strength training) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการกระตุ้น เซลล์ของประสาทยนต์ (motoneuron) ในไขสันหลัง การประสานงานของระบบประสาทในไขสันหลัง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในการสั่งการ โดยจากการฝึกทั้ง 3 รูปแบบเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรีเฟล็กซ์ของไขสันหลัง (spinal reflex) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเฉพาะเจาะจงของลักษณะของการฝึก^{25,31,6,7,32,18} จากผลของการฝึกทักษะการเคลื่อนไหวจะเหนี่ยวนำให้เกิดการจัดรูปแบบของวงจรประสาทภายในระบบประสาทส่วนกลางนั้นทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและความปรารถนาของลำดับทักษะการเคลื่อนไหว ได้มีการแนะนำให้เพิ่มความแข็งแรงระดับปานกลางเพื่อเพิ่มการทำงานและ/หรือเพิ่มการระดมยวธรณของระบบประสาทยนต์ในไขสันหลัง (spinal motoneurons) ด้วยการฝึกความอดทน⁶

โดยทั่วไปประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการทำกิจกรรมทุกกิจกรรมต้องอาศัยการทำงานประสานงานกันของกล้ามเนื้อทั้งฝั่งที่ต้องการให้เกิดการเคลื่อนไหวและฝั่งตรงข้าม วงจรการทำงานของระบบประสาทไขสันหลัง ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการทำงานประสานงานกันของกล้ามเนื้อ นิวรอนซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างการนำสัญญาณประสาท (interneuron) ในวงจรประสาท ซึ่งทำงานแบบเคี้ยวขั้วกันระหว่างการส่งสัญญาณจาก corticospinal เพื่อความแน่นอนนั้นเซลล์ระบบประสาทยนต์ ซึ่งส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม (antagonist muscles) จะทำการยับยั้งการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาทยนต์ที่ทำหน้าที่สั่งการงานของกล้ามเนื้อในระหว่างการเคลื่อนไหว (agonist muscles) ไม่ให้เกิดการทำงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มากเกินไป โดยเป็นความสำคัญของความเร็วและกำลังในระยะเริ่มต้นในระหว่างกล้ามเนื้อหดตัวและขณะเดียวกันกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้ามก็จะทำงาน จากการส่งงานขาลง (descending) หรือการทำงานของสเตรตช์รีเฟล็กซ์ (stretch reflex) ซึ่งจะช่วยลดความเร่งในการหดตัวของกล้ามเนื้อในช่วงแรก การทำงานร่วมกันระหว่างกล้ามเนื้อซึ่งสั่งการงานและกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้ามจะทำให้เกิดความสมดุลของการทรงตัว (balance) ในการเคลื่อนไหว ดังนั้นประสิทธิภาพในการยับยั้งซึ่งกันและกันจึงมีความสำคัญในกีฬาที่ต้องการความเร็วสูงและพลังในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจง เช่น วิ่งเร็ว (sprint) วิ่งเป็นเวลานาน และกระโดดสูง¹⁸ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการนำสัญญาณระหว่างหน่วยประสาทยนต์และแรงดึงตัวของกล้ามเนื้อที่ต่ำเมื่อระดมยวธรณการทำงานจาก²⁰ โยกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากจะทำให้ขาดความสัมพันธ์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างหน่วยประสาทยนต์กับการส่งสัญญาณตอบกลับอย่างรวดเร็วจากเส้นประสาทที่ส่งสัญญาณประสาทไปยังหน่วยรับรู้ความรู้สึกของ muscle spindle (Ia afferent) กลับไปยังหน่วยประสาทยนต์ ทำให้สเตรตช์รีเฟล็กซ์ลดลงขณะที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วย²⁰

เฮซ-รีเฟล็กซ์ (H-reflex) เป็นการพิจารณาถึงการเกิดสัญญาณไฟฟ้าของสเตรตช์รีเฟล็กซ์ (stretch reflex) โดยผ่านทาง alpha motor neuron และการปล่อยกระแสไฟฟ้าจาก muscle spindle เทคนิคการกระตุ้นเฮซ-รีเฟล็กซ์ ด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นทั้งเส้นประสาทสั่งการงานของกล้ามเนื้อ (motor axon) และเส้นประสาทรับรู้ความรู้สึก

(sensory axon)ในเวลาเดียวกัน³¹ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงของวงจรการทำงานของสเตรียรีเฟล็กซ์จากผลของการฝึกหรือการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆ โดย H_{max} เป็นค่าของ เฮซ-รีเฟล็กซ์ ที่เกิดจากการกระตุ้น ด้วยกระแสไฟฟ้าที่เส้นประสาท posterior tibial แสดงถึง การกระตุ้น Ia afferent ใน slow twitch motor unit M_{max} เป็นค่าที่เกิดจากการเกิด compound muscle action potential จาก depolarization ของ α motoneurons ซึ่งเป็นการตอบสนองจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าของการระดมประสาทยนต์ใน fast twitch unit และ $H_{max}:M_{max}$ เป็นอัตราส่วนของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ของการระดมหน่วยยนต์ของการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ส่วนปลาย^{25,31,6,7,32,18}

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการออกกำลังกายเป็นแบบ intermittent high-intensity^{23,13,19} โดยมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวทุกๆ 3.28 วินาที ซึ่งต้องใช้พลังงานทั้งจากระบบการเผาผลาญพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก ความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายในระยะเวลาที่กำหนดหรือในช่วงเวลาหนึ่งนั้นคือความเร็ว โดยเฉลี่ยแล้วนักกีฬาฟุตบอลต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (sprint) ทุกๆ 79 วินาที¹³ ในการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ต้องอาศัยความคล่องแคล่วและการประสานสัมพันธ์กันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ² นักกีฬาฟุตบอลมีความอดทนในการวิ่งที่สูงกว่านักกีฬาฟุตบอล แต่มีระยะเวลาในการวิ่ง พลังงานและความเร็วในการวิ่ง ต่ำกว่านักกีฬาฟุตบอล ซึ่งอาจทำให้นักกีฬาฟุตบอลเสียเปรียบในระหว่างทำการแข่งขัน และพบว่าเป็นกีฬาที่มีลักษณะการวิ่งเร็วสูงสุดหลายรูปแบบ (multiple-sprint) โดยมีความหนักมากกว่าฟุตบอลและกีฬาในรูปแบบการเล่นสลับกับหยุดรูปแบบอื่น²³ ดังนั้นจึงควรที่จะมีโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านความเร็วและความอดทนของนักกีฬาฟุตบอลที่เฉพาะเจาะจงเพื่อเพิ่มศักยภาพของนักกีฬาทางด้านสรีรวิทยาและสมรรถภาพทางกายเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขันจากที่กล่าวมาแล้วพบว่ากีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาซึ่งนักกีฬาต้องมีสมรรถภาพทางกายทั้งความเร็ว ความอดทน และการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันทั้งระบบประสาทและกล้ามเนื้อซึ่งต้องอาศัยการสั่งการและควบคุมจากทั้งสมองและไขสันหลัง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮซ-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอล

วิธีการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือ นักกีฬาฟุตบอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 32 คนมีลักษณะตาม เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) คือ เพศชาย อายุระหว่าง 14-18 ปี เป็นนักกีฬาฟุตบอล โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา ไม่เคยมีประวัติการผ่าตัดบริเวณข้อเข่าหรือรยางค์ส่วนล่างมาก่อน ไม่เคยมีประวัติขาและกล้ามเนื้ออ่อนแรงบริเวณรยางค์ส่วนล่าง และ ไม่เคยมีประวัติปวดหลังและขา เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) คือ มีประวัติการผ่าตัดบริเวณข้อเข่าหรือรยางค์ส่วนล่างมาก่อน มีประวัติขาและกล้ามเนื้ออ่อนแรงบริเวณรยางค์ส่วนล่าง เคยมีประวัติปวดหลังและขา โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการประชากรข้างต้นด้วยการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) จำนวน 25 คน

ขั้นตอนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างทุกคน ลงนามในใบยินยอมด้วยความสมัครใจในการทำงานวิจัยในมนุษย์ ได้รับการอธิบายและคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยละเอียด ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้ และมีความเข้าใจอย่างดี ก่อนทำการฝึกกลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้ทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ทำการทดสอบ เฮซ-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max})

และ $H_{\max} : M_{\max}$ (รุ่น N5EP ยี่ห้อ Medelec)^{12,31,32} ทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตร และทดสอบความอดทน¹⁰ ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent

Endurance Test –Level 2²¹ กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการฝึก แบบ Continuous Training, Interval Training และ Small-Side Game โดยความหนักอยู่ในช่วง 60-85 % HRmax ภายในระยะเวลา 30-40 นาที และทำการทดสอบเหมือนกับก่อนการฝึกจากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยวิ่งด้วยระยะทาง 5-20 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด 6-8 เทียร์ จำนวน 4 เซต ซึ่งมีระยะพักระหว่างเทียร์ 30 วินาที และพักระหว่างเซต 3 นาที หลังสิ้นสุด โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว กลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้รับการเหมือนกับก่อนการฝึกอีกครั้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการวัดซ้ำมิติเดียวและเปรียบเทียบภายหลังโดยใช้วิธีของ Turkey กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาฟุตบอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนท์วิทยา จำนวน 25 คน พบว่าลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 15.84 ปี ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.33 น้ำหนักเฉลี่ย 51.84 กิโลกรัม ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 1.61 ส่วนสูงเฉลี่ย 1.64 เมตร ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.02 และดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.15 กก./ม² ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.40

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮซ-รีเฟล็กซ์ ($H_{\max}$, $M_{\max}$ และ $H_{\max} : M_{\max}$) ในนักกีฬาฟุตบอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว ก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตัวแปร	ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
$H_{\max}$ (ไมโครโวลต์)	0.62 ± 0.08	1.60 ± 0.51	0.53 ± 0.07^a
$M_{\max}$ (ไมโครโวลต์)	3.60 ± 0.34	3.81 ± 0.32	$4.92 \pm 0.37^{a,b}$
$H_{\max} : M_{\max}$ (เปอร์เซ็นต์)	23.32 ± 4.7	44.54 ± 9.53	13.81 ± 2.78^a

^a หมายถึง สัปดาห์ที่ 12 ต่างจากสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^b หมายถึง สัปดาห์ที่ 12 ต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตัวแปร	ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$
สมรรถภาพด้านความอดทน (เมตร)	1385 ± 67.17	1932 ± 73.59^c	$2896 \pm 51.56^{a,b}$
สมรรถภาพด้านความเร็ว (วินาที)	3.34 ± 0.03	3.36 ± 0.41	$2.99 \pm 0.03^{a,b}$

^a หมายถึง สัปดาห์ที่ 12 ต่างจากสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^b หมายถึง สัปดาห์ที่ 12 ต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^c หมายถึง สัปดาห์ที่ 8 ต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการทดลองพบว่า เฮซ-รีเฟล็กซ์ ค่า H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสัปดาห์ที่ 12 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน ในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าสูงกว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งแสดงว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบประสาทที่ซับซ้อนขึ้นมากกว่าหลังจากการฝึกด้วยความอดทนและสูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว หลังจากฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าเฮซ-รีเฟล็กซ์ ค่า M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมรรถภาพด้านความอดทน หลังการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความอดทน ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าสูงกว่าก่อนการฝึก โดยค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพด้านความอดทนมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความอดทนและสมรรถภาพด้านความอดทนในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพด้านความอดทนมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความเร็ว ซึ่งน่าจะเกิดจากผลของการฝึกที่ต่อเนื่องมาจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนมาก่อน

สมรรถภาพด้านความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพด้านความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความเร็ว เนื่องมาจากก่อนการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว นักกีฬาฟุตบอลยังไม่ได้รับการฝึกอย่างเฉพาะเจาะจง ส่วนหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 เป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงด้านความอดทน ซึ่งเมื่อนักกีฬาได้รับความฝึกด้านสมรรถภาพความอดทนแล้วซึ่งถือเป็นพื้นฐานทั่วไปของการฝึกสมรรถภาพด้านความเร็วจึงทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพด้านความเร็วที่สูงขึ้นมากกว่าช่วงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทวิจารณ์

ผลการเปลี่ยนแปลงของเฮซ-รีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาฟุตบอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

ผลการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกมีผลต่อ เฮซ-รีเฟล็กซ์ เมื่อพิจารณา ค่า H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสัปดาห์ที่ 12 โดยสัปดาห์ที่ 8 มีค่าสูงกว่าหลังสัปดาห์ที่ 12 ผลการเปลี่ยนแปลงเฮซ-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ $H_{max} : M_{max}$) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 12 พบว่าเฮซ-รีเฟล็กซ์ ค่า M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและสัปดาห์ที่ 8 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าของ H_{max} เป็นค่าสูงสุดจากกราฟของเฮซ-รีเฟล็กซ์ ที่เป็นสัญญาณรีเฟล็กซ์ ของการระดมหน่วยยนต์จากการตอบสนองของการเคลื่อนที่ของพลังประสาทไปในทิศทางเดียวกันโดยเป็นการกระตุ้นตรงตามการนำสัญญาณประสาทปกติคือจากส่วนต้นไปยังส่วนปลาย ซึ่งเดินทางใน Ia fiber ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ใน muscle spindles การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทของกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า M_{max} ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของ Mwave ที่แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าจากทั้งกล้ามเนื้อและใยประสาทที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั้น (compound muscle action potential) จากภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้น

เมื่อความแรงของไฟฟ้าที่กระตุ้นมากถึงระดับสูงสุด ของ α motoneurons ซึ่งประกอบด้วยเป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็ว และ อัตราส่วนระหว่าง $H_{max} : M_{max}$ เป็นตัวแสดงถึงอัตราสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ส่วนปลาย^{25,30} และแสดงให้เห็นถึงระดับของการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ ซึ่งอย่างไรก็ตามจะขึ้นอยู่กับ การกระตุ้นส่งผ่าน Ia fiber และ α motoneurons โดยผลหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน $H_{max} : M_{max}$ มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน มีผลให้สัญญาณรีเฟล็กซ์ ของการระดมหน่วยยนต์จากการตอบสนองของ orthodromic afferent ซึ่งเดินทางใน Ia fiber ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ใน muscle spindles เพิ่มขึ้น การเกิด compound muscle action potential จาก depolarization ของ α motoneurons เพิ่มขึ้นและการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ส่วนปลายเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการศึกษาของ Correia *et al.* (2011) ซึ่งได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของ เซซ-รีเฟล็กซ์ จากการฝึกความอดทนระยะสั้นและการฝึกความแข็งแรง พบว่าหลังการฝึกด้วยความอดทน $H_{max} : M_{max}$ มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการฝึกด้วยความแข็งแรง จากวงจรรีเฟล็กซ์ที่มีความแข็งแรงมากขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับการฝึกความอดทน การฝึกซ้อมความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วด้วยความหนักระดับต่ำ จะทำให้มีเพียงหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องเท่านั้นที่เข้ามามีบทบาทในการทำงาน ส่วนหน่วยยนต์อื่น จะอยู่ในภาวะพักและจะเข้ามามีบทบาทเพียงเมื่อการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดการหดตัวช้า มีการเมื่อยล้า⁴ การศึกษาถึงกระแสไฟฟ้าและกลไกของ $H_{max} : M_{max}$ ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบพลังและแบบความอดทน พบว่า $H_{max} : M_{max}$ ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบพลังมีค่าต่ำกว่าการฝึกแบบอดทน ซึ่งในการฝึกแบบอดทนแสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นเพื่อให้เกิดการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อที่ทำการหดตัวช้ามากกว่าการออกแรงและการใช้กำลังในกลุ่มอื่น สำหรับการเปรียบเทียบกับระดับของแรงและการทำงานในรูปแบบอื่น⁸ โดยเฉพาะการศึกษาถึง การระดมรีเฟล็กซ์ ในวงจรของ muscle spindle ระหว่างที่มีความล้า เพื่อพิจารณาผลของความล้าบนความไวของ Ia afferents ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อจะพิจารณาวงจรรีเฟล็กซ์ของไขสันหลังทุกรูปแบบเมื่อมีความล้า พบว่าระดับการระดมหน่วยยนต์ ภายใต้การทำงานของจิตใจไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงขณะที่มีความล้า อัตราส่วนของการตอบสนองด้วยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการกระตุ้นเอ็นกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขณะที่มีความล้า ซึ่งการลดลงของระดับการระดมหน่วยยนต์ ภายใต้การทำงานของจิตใจในการตอบสนองถึงความล้า และการเพิ่มขึ้นของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างที่มีการกระตุ้นเอ็นกล้ามเนื้อตามระดับความล้า นั่นคือการส่งสัญญาณ Ia afferent เพื่อเพิ่มการระดมการทำงานของหน่วยควบคุมระบบประสาทยนต์⁹ ซึ่งมีการลดลงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ ในระหว่างที่สัญญาณประสาทขาหลัง (descending) เป็นตัวทำงานทดแทน จากผลของการศึกษานี้ ทำให้พบว่าการเพิ่มการระดมการสั่งการของประสาทยนต์ที่เพิ่มขึ้นขณะที่มีความล้า ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการทดแทนของระบบประสาทส่วนปลาย เพื่อให้ระดมการทำงานของหน่วยควบคุมระบบประสาทยนต์ในการรักษาระดับแรงที่ออกมา

หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว พบว่าเซซ-รีเฟล็กซ์ค่า H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่าสัปดาห์ที่ 12 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทสูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว และ M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งจากการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระดับของเซซ-รีเฟล็กซ์ กับการเปลี่ยนแปลงการระดมหน่วยประสาทยนต์ และความเร็วในการเคลื่อนไหว พบว่าค่าของรีเฟล็กซ์ลดลง 54% เมื่อมีการเพิ่มความเร็วเป็น 2 เท่า โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อ soleus และ ค่าของ เซซ-รีเฟล็กซ์ลดลง 40%

ขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 47% โดยปราศจากการเปลี่ยนความเร็วของการเคลื่อนไหว ซึ่งเขาได้สรุปว่าความเร็วของการเคลื่อนไหวและระดับของการระดมประสาทยนต์ มีอิทธิพลต่อ เฮซ-รีเฟล็กซ์ และจากการศึกษาบทบาทของรีเฟล็กซ์ในกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน โดยทำการวัดรีเฟล็กซ์ก่อนออกตัววิ่งและวิ่งที่ระดับความเร็วที่แตกต่างกัน พบว่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในช่วงที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงมีค่าต่ำกว่าความเร็วปานกลางของการวิ่ง แอมพลิจูดของรีเฟล็กซ์ ในช่วงของการวิ่งด้วยความเร็วปานกลางมีค่าสูงกว่าช่วงอื่นๆ²¹

ดังนั้นการฝึกด้านความอดทนจึงถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการฝึกด้วยความเร็ว ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนเป็นการฝึกเพื่อเพิ่มการทำงานของรีเฟล็กซ์ที่สูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยความเร็วจากค่าของ H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่า สัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พบว่า M_{max} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าจากทั้งกล้ามเนื้อและใยประสาทที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั้น จากภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้น (depolarization) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความแรงของไฟฟ้าที่กระตุ้นมากถึงระดับสูงสุด ของ α motoneurons ซึ่งประกอบด้วยเป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อกลุ่มที่หดตัวเร็ว (fast twitch unit) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยความเร็ว

ผลการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

สมรรถภาพด้านความอดทน สัปดาห์ที่ 8 สูงกว่าก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่าค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพด้านความอดทนมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความอดทน และมีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทที่สูงขึ้นหลังจากการฝึกด้วยความอดทน ด้วยการกระตุ้นการทำงานของรีเฟล็กซ์ที่สูงขึ้น^{7,9,11,22,25,30}

สมรรถภาพด้านความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพด้านความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความเร็ว เนื่องมาจากก่อนการฝึกนักกีฬาฟุตบอลยังไม่ได้รับการฝึกอย่างเฉพาะเจาะจง ส่วนหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 เป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงด้านความอดทน ซึ่งเมื่อนักกีฬาได้รับความฝึกด้านสมรรถภาพความอดทนแล้วซึ่งถือเป็นพื้นฐานทั่วไปของการฝึกสมรรถภาพด้านความเร็วจึงทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพด้านความเร็วที่สูงขึ้นมากกว่าช่วงอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการรายงานถึงการใช้เฮซ-รีเฟล็กซ์ ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อจากการฝึกซ้อมด้วยการออกกำลังกาย การประเมินการเปลี่ยนแปลงได้มีการศึกษาในหลายรูปแบบความสามารถของไซสันหลังถึงประสบการณ์การเรียนรู้ได้มีการศึกษามากมาย³¹ ซึ่ง เฮซ-รีเฟล็กซ์ เป็นเหมือนเครื่องมือในการศึกษาการทำงานของวงจรประสาทและการยับยั้งการทำงานผ่านไซสันหลัง ทั้งในระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวในทางสุขภาพและระบบประสาทด้านพยาธิสภาพของโรค ขนาดของรีเฟล็กซ์จะเปลี่ยนแปลงตามการหดตัวหรือการยืดของกล้ามเนื้อที่ทำการหดตัวเพื่อการทำงาน และกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม ซึ่งเกิดการฝึกการเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงในระบบ รีเฟล็กซ์ของมนุษย์ อย่างไรก็ตามขนาดของรีเฟล็กซ์ สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาขณะที่มีการหดตัว

หรือมีการยืดของกล้ามเนื้อ ที่ทำการหดตัวเพื่อการทำงาน และกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม ซึ่งมีความแตกต่างในการควบคุมในระดับสมองของการยับยั้ง interneuron ในระดับไขสันหลัง ซึ่งรีเฟล็กซ์สามารถทำได้โดยการฝึกและการฟื้นฟู³²

จากการทดลองในครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมในการฝึกความอดทนและความเร็วในการทดลองในครั้งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรีเฟล็กซ์ที่สูงขึ้นพร้อมกับสมรรถภาพทางกายที่มากขึ้นตามเฉพาะเจาะจงของการฝึก เนื่องมาจากกล้ามเนื้อมีการทำงานได้หลายแบบ มีศูนย์สั่งการหลายแห่งแต่ละแห่งมีหน้าที่ที่เด่นในการควบคุมการทำงานแต่ละอย่าง¹ ดังนั้นการฝึกเพื่อเพิ่มศักยภาพในนักกีฬาจึงพบว่าเป็นการฝึกการทำงานของระบบประสาทเพื่อให้เกิดการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเคลื่อนไหวตามต้องการและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปผล

1. ผลเปลี่ยนแปลงของเฮซ-รีเฟล็กซ์ หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนสมรรถภาพด้านความอดทน และทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 8 สมรรถภาพด้านความอดทน H_{max} และ $H_{max}:M_{max}$ มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันคือมีค่าที่สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว และทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าสมรรถภาพด้านความอดทนพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน M_{max} เปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก และหลังสัปดาห์ที่ 8 และพบว่าสมรรถภาพด้านความอดทนและสมรรถภาพด้านความเร็วมีสมรรถภาพที่ดีขึ้นภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 โดยสูงกว่าสัปดาห์ที่ 0 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05
2. ผลเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว พบว่าสมรรถภาพทางกายความอดทนและความเร็ว มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

เอกสารอ้างอิง

1. กนกวรรณ ติลสกุลชัย และชัยเลิศ พิชิตพรชัย. สรีรวิทยา 3. 2548.
2. คณาธิป จิระสัญญาณสกุล. คู่มือกีฬาฟุตบอล. 2548.
3. ดีที จีจเจริญ, ธงชัย โคละทัต, ปรีชา เจตนะศิลป์, ปิยนันท์ สิทธิคุณ, พัชรา วิสตุกุล, วัฒนา ผลากรกุล, สุพรพิมพ์
- เจียสกุล, สพัตรา โล่ห์สิริวัฒน์, สุวรรณ หังสพฤกษ์ และอัญเชิญ อิศรางกูร ณ อยุธยา. สรีรวิทยา 1. 2532.
4. สนธยา ลีลามาด.หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. 2547.
5. Aagaard, B. Erik, Simonsen, Andersen, Magnusson and Poulsen. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol* 2002 (92):2309–2318.
6. Adkins, Boychuk, Remple and Kleim. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *J Appl Physiol* 2006 (101):1776–1782.
7. Balso and Cafarelli. Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *J Appl Physiol* 2006 (103):402–411.
8. Babault, Maffiuletti, Martin, Pensini, Lucas and Schieppati. Electrical and mechanical Hmax-to-Mmax ratio in power- and endurance-trained athletes. *J Appl Physiol* 2001 (90): 3–9.

9. Biro, Cafarelli and Griffin. Reflex gain of muscle spindle pathways during fatigue. *Exp Brain Res.* 2007 (177):157-166.
10. Christopher John Gore. The Physiological test for Elite Athletes. Champaign, Illinois. 2000.
11. Correia, Falla, Farina and Vila-Chã. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training. *J Appl Physiol.* 2012 (112):54-63.
12. Casabona, Polizzi, Perciavalle, Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur J Appl Physiol.* 1990(61):26-32
13. Castagna, D'Ottavio, Vera and Alvarez. Match demands of professional Futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12. 2009: 490-494.
14. Christopher Del Balso and E. Cafarelli. Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *J Appl Physiol.* 2007.103: 402–411.
15. DeCmali. Synapsin I (protein I), a nerve-terminal-specific phosphoprotein. II. Its specific association with synaptic vesicles demonstrated by immunocytochemistry in agarose-embedded synaptomes. *J. Cell Biol* 1983 (96) : 1355.
16. Duchateau, Semmler and Enoka. Training adaptation in the behavior of human motor units. *J Appl Physiol* 2006 (101): 1766–1775.
17. Gardiner, Dai and Heckman. Effects of exercise training on α -motoneuron. *J Appl Physiol.* 2006 (101):1228–1236.
18. Geertsen, Jensen and Nielsen. Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *J Appl Physiol.* 2008 (105): 915–922.
19. Gorostia, Llodio, Ibanez, Granados, Navarro, Ruesta, Bonnabau and Izquierdo. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2009 (106):483-491.
20. Hodson-Tole and Wakeling. Motor unit recruitment for dynamic task: current understanding and future directions. *J Comp Physiol B.* 2009 (179): 57-66.
21. Ishikawa and Komi. The role of the stretch reflex in the gastrocnemius muscle during human locomotion at various speeds. *J Appl Physiol.* 2007 (103): 1030–1036.
22. Komi and Kyröläinen. Neuromuscular performance of lower limbs during voluntary and reflex activity in power and endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology.* 1994: 233-239.
23. J.C. Barbero-Alvarez, V. Barbero-Alvarez, Soto and Grannda-Vera. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports* 2008 (26): 63-73.
24. Larsen and Voigt. Changes in the gain of the soleus H-reflex with changes in the motor recruitment level and/or movement speed. *European Journal of Applied Physiology.* 2004. 93(1-2):19-29.
25. Maffiuletti, Martin, Narici, Pensini and Schieppati. Effect of ageing on the electrical and mechanical properties of human soleus motor units activated by the H reflex and M wave. *J Appl Physiol* 2003 : 649–661.

26. McArdle, W.D., F.I. Katch and V.L. Katch. Exercise Physiology: Energy, System of Energy Delivery and Utilization. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Maryland. 1996.
27. McCarthy, Pozniak and Agre. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001: 511-519.
28. Pérot, Goubel and Mora. Quantification of T- and H-responses before and after a period of endurance training. *J Appl Physiol* 1991 (63) : 378- 375.
29. Reilly T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci*. 1997;15:257- 63.
30. Scaglioni, Narici, Maffiuletti, Pensini and Martin. Effect of ageing on the electrical and mechanical properties of human soleus motor units activated by H-reflex and M wave. *J Appl Physiol*. 2003 (548.2): 649-661.
31. Zehr. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. *J Appl Physiol*. 2002 (86):455-468.
32. Zehr and Pual E. Training-induced adaptive plasticity in human somatosensory reflex pathways. *J Appl Physiol*. 2006 (101): 1783-1794.

Sports and Exercise Physiology

(Original articles)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา

(นิพนธ์ต้นฉบับ)

CONSEQUENCES OF ENDURANCE AND SPEED TRAINING ON H-REFLEX AND PHYSICAL FITNESS IN FUTSAL PLAYERS

Haruthai CHANTHAM, Ratree RUANGTHAI, Areerut SUTHITADA

Faculty of Sports Science, Kasetsart University.

ABSTRACT

The aims of this research were to study the effects of endurance and speed training on H-reflex and physical fitness in futsal players. The subjects consisted of 25 futsal players aged 14-18 years, from Sport Nakornnon Vitaya. Before training, all subjects performed the H-reflex 20-meter speed test and also an endurance test using the Yo-Yo intermittent endurance Test – Level 2. Endurance training was performed 3 times per week over a period of 8 weeks. This was followed by speed training 3 times per week over a period of 4 weeks. All subjects were tested at 8 weeks and 12 weeks using the same procedures as before training. Data were analyzed using mean, standard error and one-way analysis of variance with repeated measurement. Multiple comparisons were performed using the Tukey method at the 0.05 level of significance.

The results showed that there was a significant difference in H-reflex of the subjects before training and after the endurance training at 8 weeks and in speed training after 12 weeks. The Hmax and Hmax:Mmax of H-reflex after 8 weeks were higher than after 12 weeks and there was a significant difference after 8 weeks ($p < 0.05$). Mmax of H-reflex after 12 weeks was higher than before training and after 8 weeks ($p < 0.05$). The endurance fitness after 12 weeks was significantly different from the results for both before training and after 8 weeks, and there was a

significant difference between the results after 8 weeks and before training ($p < 0.05$). The speed fitness after 12 weeks was significantly different from after 8 weeks and there was no significant difference between the results after 8 weeks and before training.

The results of this research can be used as guidance for endurance training programs and speed training programs to improve the neuromuscular system in futsal players.

(Journal of Sports Science and Technology 2012; 12 (2): 61 - 71)

KEY WORDS : H-reflex, futsal, training physical fitness.

