ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา | วิทยาศาสตร์การกีฬา

สาขา | **คณะ**

เรื่อง ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกาย ในนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Endurance and Speed Training on H-reflex and Physical Fitness in Futsal Players

นามผู้วิจัย นางสาวหฤทัย จันธรรม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ศาสตราจารย์แพทย์หญิงอารีรัตน์ สุพุทธิธาดา, M.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกาย ในนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Endurance and Speed Training on H-reflex and Physical Fitness in Futsal Players

โดย

นางสาวหฤทัย จันธรรม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์แพทย์หญิง อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ นิรอมลี มะกะเจ ที่ให้ความช่วยเหลือ ทั้งในการจัดหากลุ่มตัวอย่าง อุปกรณ์ สถานที่ รวมทั้งให้คำแนะนำปรึกษาต่างๆ ตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณคณะอาจารย์และนักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยาประจำปีการศึกษา 2554 ที่ได้สละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนทางการศึกษา และให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอด ทำให้ผู้วิจัยสามารถผ่านพ้นอุปสรรคปัญหาต่างๆ ไปได้ด้วยดี คุณค่าหรือประโยชน์ใดๆ ที่จะเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด และที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

หฤทัย จันธรรม

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	43
ผลและวิจารณ์	49
สรุปและข้อเสนอแนะ	69
สรุป	69
ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย	77
ภาคผนวก ข ใบประเมินสุขภาพ	80
ภาคผนวก ค โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและความเร็ว	83
ภาคผนวก ง รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว	96
ภาคผนวก จ แบบประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็วสำหรับผู้เชี่ยวชาญ	98
ภาคผนวก ฉ การทดสอบความเร็วด้วยการวิ่ง 20 เมตร	102
ภาคผนวก ช การทดสอบความอดทน โดย The Yo-Yo Intermittent Endurance Test – Level 2	104
ภาคผนวก ซ วิธีทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์	107
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงชนิดของเส้นประสาท	24
2	ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง	50
3	แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	51
4	แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	52
5	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max} (ไมโครโวลต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max} (ไมโครโวลต์) ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	53
6	แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ H_{max} (ไมโครโวลต์) โดยใช้วิธี Turkey	54
7	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ M_{max} (ไมโครโวลต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง M_{max} (ไมโครโวลต์) ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	54
8	แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ M_{max} (ไมโครโวลต์) โดยใช้วิธี Turkey	54
9	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	55
10	แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)โดยใช้วิธี Turkey	55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ สมรรถภาพด้านความอดทน เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านความอดทนในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	56
12	แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความอดทน (เมตร) โดยใช้วิธี Turkey	56
13	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ สมรรถภาพด้านความเร็ว เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านความเร็วในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และ 12	57
14	แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความเร็ว (วินาที)โดยใช้วิธี Turkey	58

ตารางผนวกที่

ค1	โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน	84
ค2	โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว	91
จ1	โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน	100
จ2	โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว	101
ช1	ใบบันทึกผลการทดสอบ ความอดทน โดย The YO-YO Intermittent Endurance Test-Level 2	106

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกายวิภาคศาสาตร์การเชื่อมต่อระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ	26
2	แสดงวงจรรีเฟล็กซ์ (Reflex arc)	29
3	แสดงโครงสร้างของ Muscle spindle	32
4	แสดงผลของความแรงในการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าต่อ H reflex	36
5	แสดงองค์ประกอบการทำงานของไขสันหลังแบบ monosynaptic ของ H reflex	37
6	แสดงองค์ประกอบ H reflex	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกาย ในนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Endurance and Speed Training on H-reflex and Physical Fitness in Futsal Players

คำนำ

คุณสมบัติของระบบประสาทยนต์ในผู้ใหญ่มีการปรับตัวที่สูงสามารถปรับเปลี่ยนต่อการตอบสนองที่หลายรูปแบบตามประสบการณ์ของระบบประสาทยนต์ที่แตกต่างกัน โดยการฝึกระบบประสาทยนต์นั้นสามารถเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างและหน้าที่การทำงาน ภายในระบบประสาทยนต์เอง (Adkins *et al.*, 2006) และการปรับตัวของระบบประสาทยนต์สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยการฝึกที่เฉพาะเจาะจง (Adkins *et al.*, 2006; Balso and Cafarelli, 2006) การฝึกระบบประสาทยนต์ด้วย รูปแบบและประสบการณ์ที่เฉพาะเจาะจงของโครงสร้างและหน้าที่ระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและไขสันหลัง พบว่า การฝึกทางด้านทักษะ (skill training) สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการประสานงานของระบบประสาท (synatogenesis) การเชื่อมกันของระบบประสาท (synaptic potentiation) และการจัดรูปแบบในการเคลื่อนไหวใหม่ภายในระบบประสาทส่วนกลาง การฝึกความอดทาน (endurance training) สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเพิ่มของกระแสโลหิตในระบบประสาทส่วนกลาง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในการสั่งการและจำนวนการเชื่อมต่อของระบบประสาท การฝึกความแข็งแรง (strength training) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการกระตุ้นเซลล์ของประสาทยนต์ (motoneuron)ในไขสันหลัง การประสานงานของระบบประสาทในไขสันหลัง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในการสั่งการ โดยจากการฝึกทั้ง 3 รูปแบบเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรีเฟล็กซ์ของไขสันหลัง (spinal reflex) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเฉพาะเจาะจงของลักษณะของการฝึก (Maffiuletti *et al.*, 2002; Zehr, 2002; Adkins *et al.*, 2006; Balso and Cafarelli,2006; Zehr, 2006; Geertsen *et al.*, 2008) จากผลของการฝึกทักษะการเคลื่อนไหวจะเหนี่ยวนำให้เกิดการจัดรูปแบบของวงจรประสาทภายในระบบประสาทส่วนกลางนั้นทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและความปราณีตของลำดับทักษะการเคลื่อนไหว ได้มีการแนะนำให้เพิ่มความแข็งแรงระดับปานกลางเพื่อเพิ่มการทำงานและ/หรือเพิ่มการระดมย์นิวรอนของระบบประสาทยนต์ในไขสันหลัง (spinal motoneurons) ด้วยการฝึกความอดทน (Adkins *et al.*, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยทั่วไปประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการทำกิจกรรมทุกกิจกรรมต้องอาศัยการทำงานประสานงานกันของกล้ามเนื้อทั้งฝั่งที่ต้องการให้เกิดการเคลื่อนไหวและฝั่งตรงข้าม วงจรการทำงานของระบบประสาทไขสันหลัง ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการทำงานประสานงานกันของกล้ามเนื้อ นิวรอนซึ่งทำหน้าเชื่อมระหว่างการนำสัญญาณประสาท (interneuron) ในวงจรประสาท ซึ่งทำงานแบบเคียงข้างกันระหว่างการส่งสัญญาณจาก corticospinal เพื่อความแน่นอนนั้นเซลล์ระบบประสาทยนต์ ซึ่งส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม (antagonist muscles) จะทำการยับยั้งการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาทยนต์ที่ทำหน้าที่สั่งการงานของกล้ามเนื้อในระหว่างการเคลื่อนไหว (angonist muscles) ไม่ให้เกิดการทำงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มากเกินไป โดยเป็นความสำคัญของความเร็วและกำลังในระยะเริ่มต้นในระหว่างกล้ามเนื้อหดตัวและขณะเดียวกันกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้ามก็จะทำงาน จากการสั่งงานขาลง (descending) หรือการทำงานของสเตร็ชรีเฟล็กซ์ (stretch reflex) ซึ่งจะช่วยลดความเร่งในการหดตัวของกล้ามเนื้อในช่วงแรก การทำงานร่วมกันระหว่างกล้ามเนื้อซึ่งสั่งการทำงานและกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้ามจะทำให้เกิดความสมดุลย์ของการทรงตัว (balance) ในการเคลื่อนไหว ดังนั้นประสิทธิภาพในการยับยั้งซึ่งกันและกันจึงมีความสำคัญในกีฬาที่ต้องการความเร็วสูงและพลังในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจง เช่น วิ่งเร็ว (sprint) วิ่งเป็นเวลานาน และกระโดดสูง (Geertsen *et al.*, 2008) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการนำสัญญาณระหว่างหน่วยประสาทยนต์และแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อที่ต่ำเมื่อระดมย์การทำงานจากใยกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากจะทำให้ขาดความสัมพันธ์ในการเชื่อมต่อกันระหว่างหน่วยประสาทยนต์กับการส่งสัญญาณตอบกลับอย่างรวดเร็วจากเส้นประสาทที่ส่งสัญญาณประสาทไปยังหน่วยรับความรู้สึกของ muscle spindle (Ia afferent) กลับไปยังหน่วยประสาทยนต์ ทำให้สเตร็ชรีเฟล็กซ์ลดลงขณะที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วย (Hodson-Tole and Wakeling, 2008)

เฮช-รีเฟล็กซ์ (H-reflex) เป็นการพิจารณาถึงการเกิดสัญญาณไฟฟ้าของสเตร็ชรีเฟล็กซ์ (stretch reflex) โดยผ่านทาง alpha motor neuron และการปล่อยกระแสไฟฟ้าจาก muscle spindle เทคนิคการกระตุ้นเฮช-รีเฟล็กซ์ ด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นทั้งเส้นประสาทสั่งการทำงานของกล้ามเนื้อ (motor axon) และเส้นประสาทรับความรู้สึก (sensory axon)ในเวลาเดียวกัน (Zehr, 2002) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงของวงจรการทำงานของสเตร็ชรีเฟล็กซ์จากผลของการฝึกหรือการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆ (Maffiuletti *et al.*, 2001; Zehr, 2002; Adkins *et al.*, 2006; Balso and Cafarelli, 2006; Zehr, 2006; Geertsen *et al.*, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่รู้จักกันทั่วโลกและเป็นที่รู้กันทั่วไปว่าแป็นกีฬาในร่มที่ใช้ผู้เล่น 5 ต่อ 5 คน พื้นที่ในการแข่งขันมีขนาดเล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางสรีรวิทยาและสมรรถภาพทางกายถือเป็นปัจจัยสำคัญและมีอิทธิพลต่อความสำเร็จและการแสดงออกถึงความสามารถทางการกีฬา กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการออกกำลังกายเป็นแบบ intermittent high-intensity (Barbero-Alvarez *et al.*, 2008; Castagna *et al.*, 2007 and Gorostia *et al.*, 2009)โดยมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวทุกๆ 3.28 วินาที ซึ่งต้องใช้พลังงานทั้งจากระบบการเผาพลาญพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายในระยะเวลาที่กำหนดหรือในช่วงเวลาหนึ่งนั่นคือความเร็ว โดยเฉลี่ยแล้วนักกีฬาฟุตซอลต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ทุกๆ 79 วินาที (Castagna *et al.*, 2007) ในการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งต้องอาศัยความคล่องแคล่วและการประสานสัมพันธ์กันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (คณาธิป,2548) นักกีฬาฟุตซอลมีความอดทนในการวิ่งที่สูงกว่านักกีฬาฟุตบอล แต่มีระยะเวลาในการวิ่ง พลังขาและความเร็วในการวิ่ง ต่ำกว่านักกีฬาฟุตบอล ซึ่งอาจทำให้นักกีฬาฟุตซอลเสียเปรียบในระหว่างทำการแข่งขันและพบว่าเป็นกีฬาที่มีลักษณะการวิ่งเร็วสูงสุดหลายรูปแบบ โดยมีความหนักมากกว่าฟุตบอลและกีฬาในรูปแบบการเล่นสลับกับหยุดรูปแบบอื่น (Barbero-Alvarez *et al.*, 2008) ดังนั้นจึงควรที่จะมีโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านความเร็วและความอดทนของนักกีฬาฟุตซอลที่เฉพาะเจาะจงเพื่อเพิ่มศักยภาพของนักกีฬาทางด้านสรีรวิทยาและสมรรถภาพทางกายเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขัน

จากที่กล่าวมาแล้วพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาซึ่งนักกีฬาต้องมีสมรรถภาพทางกายทั้งความเร็ว ความอดทน และการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันทั้งระบบประสาทและกล้ามเนื้อซึ่งต้องอาศัยการสั่งการและควบคุมจากทั้งสมองและไขสันหลัง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

2. เพื่อศึกษาการผลเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

สมมติฐาน

1. เฮช-รีเฟล็กซ์ ก่อนและหลังการฝึกความอดทนและความเร็วในนักกีฬาฟุตซอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. สมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาผลของการฝึกความอดทน ความเร็ว เฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอล

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรต้น (Independent variable) คือ

โปรแกรมการฝึกความอดทน

โปรแกรมการฝึกความเร็ว

2.2 ตัวแปรตาม(Dependent variable) คือ

เฮช-รีเฟล็กซ์

ความเร็ว

ความอดทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิยามศัพท์

เฮช-รีเฟล็กซ์ (H- Reflex) หมายถึง การนำสัญญาณไฟฟ้าของ Stretch reflex ผ่านทาง alpha motorneurons ของ muscle

H_{max} หมายถึง เฮช-รีเฟล็กซ์ ที่เกิดจากการกระตุ้น ด้วยกระแสไฟฟ้าที่เส้นประสาท posterior tibial แสดงถึง การกระตุ้น Ia afferent ใน slow twitch motor unit

M_{max} หมายถึง การเกิด compound muscle action potential จาก depolarization ของ α motoneurons ซึ่งเป็นการตอบสนองจากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าของการระดมย์ประสาทยนต์ ใน fast twitch unit

H_{max}:M_{max} หมายถึง อัตราส่วนของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ของการระดมหน่วยยนต์ของการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ส่วนปลาย

ความเร็ว หมายถึง ระยะเวลาน้อยที่สุดในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ในระยะทาง 20 เมตร

ความอดทน หมายถึง ความสามารถทางด้านร่างกายที่จะออกกำลังชนิดที่ไม่หนักจนถึงสูงสุดหรือเกือบถึงสูงสุดได้ติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง สภาวะระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีสุขภาพที่ดี ส่งผลให้สามารถประกอบอาชีพ ประกอบกิจวัตรประจำวันหรือกิจกรรมนันทนาการ การเล่นกีฬา โดยไม่เมื่อยล้าหรือเหนื่อยง่าย

นักกีฬาฟุตซอล หมายถึง ผู้ที่เล่นกีฬาฟุตซอลชาย โดยได้รับการคัดเลือกเป็นนักกีฬาฟุตซอลโรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจเอกสารตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- ทักษะและสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตซอล
- การเสริมสร้างสมรรถภาพในกีฬาฟุตซอล
- การทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
- ผลของการฝึกซ้อมกับเฮช-รีเฟล็กซ์

ทักษะและสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตซอล

กีฬาฟุตซอล เป็นชื่อของกีฬาฟุตบอลในร่มซึ่งมีผู้เล่นฝ่ายละ 5 คน ซึ่งได้เริ่มขึ้นในปี 1930 เพื่อให้สามารถเล่นกีฬาฟุตบอลในพื้นที่ที่จำกัดได้ และเป็นที่รู้จักรวมทั้งได้รับความนิยมไปทั่วโลก จนถึงปัจจุบัน ทั้งในเพศชายและเพศหญิง เด็กชายและเด็กหญิง โดยมี FIFA เป็นองค์กรระดับนานาชาติให้การดูแลและจัดการแข่งขัน กีฬาฟุตซอลจัดเป็นกีฬาที่ใช้ความหนักไม่คงที่ (intermittent sport) ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพทางเทคนิคสูง และความสามารถในกลยุทธวิธีของผู้เล่น โดยมีสนามขนาด 40 x 20 เมตร ประตูขนาด 3x2 เมตร เช่นเดียวกันกับกีฬาแฮนด์บอล (Alvarez *et al.*, 2008) กีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีความถี่ของความเร่ง (accelerating) การหยุด การกระโดด การปะทะ การเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นทิศทาง (irregular) และการเคลื่อนไหวเพื่อหลอกหล่อคู่แข่ง (Reilly, 1997) ซึ่งการวางตำแหน่งของเท้า จะมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อความสามารถในกีฬาที่ต้องใช้ความเร็วสูงและความรวดเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วผู้เล่นจะทำการวิ่งเร็วทุกๆ 79 วินาทีในระหว่างการแข่งขัน แบ่งเป็นใช้เวลาในการวิ่งเร็ว 5% หรือ 1-11 เมตร และ 12 % หรือ 3.8 -19.5 เมตร (Castagno,2008) ซึ่งทักษะในการเล่นกีฬาถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของการฝึกนักกีฬา เพราะความสามารถของนักกีฬาจะเกิดจากการเรียนรู้และการฝึกหัดนักกีฬาที่มีทักษะสูงจะแสดงความสามารถได้ในระดับสูง นักกีฬาที่มีทักษะต่ำก็จะแสดงความสามารถได้ในระดับต่ำ (คณาธิป,2458)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณาธิป (2548) ได้กล่าวเกี่ยวกับทักษะฟุตซอลเอาไว้ดังนี้

การรับบอล หลักทั่วไป ทักษะในการรับบอลหรือบังคับบอลหมายถึง การบังคับลูกที่มาในลักษณะต่าง ๆ ทั้งบนพื้นและในอากาศ เพื่อให้ลูกอยู่ในการครอบครอง เพื่อที่จะสามารถเล่นลูกต่อไปตามความต้องการ การรับลูกหรือหยุดลูกนั้นเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเล่นฟุตซอล ซึ่งจะต้องฝึกให้มีประสิทธิภาพ หากหยุดลูกไม่อยู่ก็จะทำให้เสียลูกให้แก่ฝ่ายตรงกันข้ามได้เทคนิคการรับบอล การหยุดลูกหรือรับลูกโดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมีดังนี้

ข้างเท้าด้านใน วิธีรับบอล

1. ตามองลูกพร้อมกับหันข้างที่ใช้เป็นเท้าหลักเข้าหาลูก

2.ปล่อยให้ลูกผ่านลำตัวไปสู่เท้าหลังโดยผ่อนตามแรงเข้าหาของลูกบอลหันข้างเท้าด้านในเข้าหา เมื่อบอลสัมผัสเท้า

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณน้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

ข้างเท้าด้านนอก มีวิธีรับบอล ดังนี้

1. ตามองลูกพร้อมกับหันข้างที่ใช้เป็นเท้าหลักเข้าหาลูก

2.ปล่อยให้ลูกผ่านลำตัวไปสู่เท้าหลังโดยผ่อนเท้าตามแรงเข้าหาของลูกบอล หันข้างเท้าด้านนอกเข้าหา เมื่อบอลสัมผัสเท้า

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณน้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

หลังเท้า วิธีรับบอล

1. ตามองลูกพร้อมกับหันหน้าเข้าหาลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปล่อยให้ลูกผ่านลำตัวไปสู่เท้าหลัง โดยผ่อนเท้าตามแรงเข้าหาของลูกบอล ย่อขาหลักลง งุ้มปลาย เท้าที่ใช้หยุดบอลลง เมื่อบอลสัมผัสเท้า

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณ น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

ปลายฝ่าเท้า วิธีรับบอล

1. ตามองลูกพร้อมกับหันหน้าเข้าหาลูก

2. หันหน้าเข้าหาลูกพร้อมกับยกเท้าขึ้นสูงจากพื้นเล็กน้อย หงายฝ่าเท้าขึ้นเฉียงประมาณ 35 องศา ให้ระดับปลายฝ่าเท้าอยู่ด้านบนของลูก ดันเท้าเข้าหาบอล

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณ น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

ฝ่าเท้า วิธีรับบอล

1. ตามองลูกพร้อมกับหันหน้าเข้าหาลูก

2. หันหน้าเข้าหาลูกพร้อมกับยกเท้าขึ้นสูงจากพื้น หงายฝ่าเท้าขึ้นเฉียงประมาณ 35 องศา ให้ระดับ ตรงกลางฝ่าเท้าอยู่ด้านบนของลูก ดันเท้าเข้าหาบอล

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณ น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

หน้าขา วิธีรับบอล

1. ตามองลูกพร้อมกับหันหน้าเข้าหาลูก

2. ยกขาขึ้นให้หน้าขาตั้งฉากกับพื้นปล่อยให้บอลสัมผัสกับหน้าขา พร้อมกับลดเข่าต่ำและย่อขา หลักลงตามเพื่อผ่อนแรง และเอาบอลลงพื้น

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้น น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อก วิธีการรับบอล

ยืนแยกเท้าเล็กน้อย ทิ้งน้ำหนักตัวอยู่ที่ปลายเท้าทั้งสองข้าง แอ่นอกเตรียมรับลูก ขณะเดียวกัน ต้องแอ่นหลังเล็กน้อย ตาจ้องมองลูกเมื่อลูกลอยโด่งเข้าหา พยายามเคลื่อนอกเข้ารับลูก กลางอก เวลายืดอกรับลูกต้องเกร็งลำตัว พร้อมกับผ่อนหน้าอกลงและย่อลำตัว ปล่อยให้ลูกลงสู่พื้น ด้วยความนุ่มนวล

ศีรษะ วิธีการรับบอล

1. หันหน้าเข้าหาลูกตามองที่ลูก
2. เท้าทั้งสองข้างยืนขนานกัน ต้องใช้เท้าข้างใดข้างหนึ่งอยู่หน้า อีกข้างหนึ่งอยู่หลัง
3. ให้ยืดตัวขึ้นใช้ศีรษะรับลูก พอลูกสัมผัสศีรษะให้ย่อตัวลงทันที และพยายามบังคับให้ลูก ตกตรง ด้านหน้า และให้ลงสู่พื้นอย่างนุ่มนวล หรือจะบังคับให้ไปด้านข้างตามสถานการณ์ก็ได้ เพื่อเล่นลูกต่อไป

การเตะ

หลักทั่วไป การเตะบอลมีหลายวิธี คือ การเตะกลางอากาศขณะที่ลูกบอลลอยอยู่หรือการเตะบอลขณะที่ลูกบอลหยุดอยู่บนพื้นสนาม โดยพื้นฐานของการเล่นฟุตซอลคือ การใช้เท้าในการเตะ และมีวิธีในการเตะแบบอื่นๆ อีก เช่น การใช้ข้างเท้าด้านใน ด้านนอก ส้นเท้า ปลายรองเท้า และการเตะลูกวอลเลย์ เป็นต้น โดยทั่วไปในการเตะมีหลักอยู่ทั่วไปคือการใช้เท้าสัมผัสบอลและส่งบอลไปยังเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ โดยวิถีของลูกที่เคลื่อนที่ไปมีดังนี้

ลูกเรียด คือลูกที่วิ่งไปในแนวระดับพื้น เป็นพื้นฐานของการเตะลูกเพื่อส่งลูกไปยังเป้าหมายที่นิยมใช้มากที่สุด

ลูกโด่ง คือลูกที่ลอยขึ้นสู่อากาศ เพื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูก และเพื่อหลบการป้องกันของฝ่ายตรงข้ามได้เทคนิคการเตะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตะลูกของกีฬาฟุตซอลมีหลายแบบ ดังต่อไปนี้

การเตะลูกด้วยข้างเท้าด้านใน การส่งบอลด้วยข้างเท้าด้านในเป็นวิธีการเตะบอลที่มีความแม่นยำที่สุดในการเตะเพราะพื้นที่ข้างเท้าด้านในที่สัมผัสมีพื้นที่ค่อนข้างมากและง่ายแก่การบังคับ วิธีการเตะตาต้องมองลูกยืนหันข้างเท้าหลักเข้าหาลูก ย่อขาหลักลง กวาดอีกข้างไปด้านหลังลักษณะแบะขาออกให้ข้างเท้าด้านในตั้งฉากกับลูกบอล ในทิศทางที่จะเตะไป สูงจากพื้นเล็กน้อย เกร็งเท้าไม่ให้สะบัดและกระแทกไปยังลูกขณะสัมผัสบอลการเตะลูกด้วยข้างเท้าด้านนอก วิธีการเตะ ตาต้องจ้องมองลูก ยืนหันหน้าเข้าหาลูกย่อขาหลักลง กวาดอีกข้างไปด้านหลังลักษณะหันปลายเท้าเฉียงไปทางเท้าหลัก ข้างเท้าด้านนอกตั้งฉากกับลูกบอลในทิศทางที่จะเตะไป สูงจากพื้นเล็กน้อยเกร็งเท้าไม่ให้สะบัดและกระแทกไปยังลูกขณะสัมผัสบอล

การเตะลูกด้วยหลังเท้า วิธีการเตะ

1. วางเท้าหลักให้อยู่ด้านข้างของลูกในระดับเดียวกัน
2. ตามองลูก ปลายเท้างุ้ม ข้อเท้าตึง เข่ายืดอยู่เหนือลูก
3. เหวี่ยงเท้าแค่ระดับสะโพก พร้อมกับเตะลูกด้วยหลังเท้า ลำตัวโน้มตัวไปข้างหน้า
4. พยายามให้เท้าสัมผัสส่วนกลางของลูก และเท้าที่เตะไปแล้วให้ปลายเท้าชี้ไปตามทางที่ลูกไป

การเตะลูกด้วยหัวรองเท้า วิธีการเตะ

1. ตามองลูก วางเท้าหลักให้อยู่ในระดับต่ำกว่าลูก
2. ใช้หัวรองเท้าเตะตรงกึ่งกลางของลูก โดยไม่จำเป็นต้องเหวี่ยงขาไปด้านหลังมากนัก
3. เกร็งข้อเท้าและปลายเท้าไม่ให้สะบัดเวลาสัมผัสบอลลูกนี้นิยมใช้ในการยิงประตูในสถานการณ์ที่คับขัน มีพื้นที่น้อย และไม่สามารถเหวี่ยงขาไปด้านหลังมากนัก ลักษณะของลูกจะเคลื่อนที่เร็วและแรงยากแก่การป้องกันของฝ่ายตรงข้าม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตะลูกด้วยปลายฝ่าเท้า วิธีการเตะ

1. ตามองลูกพร้อมกับหันหน้าเข้าหาลูก

2. หันหน้าเข้าหาลูกพร้อมกับยกเท้าขึ้นสูงจากพื้น หงายฝ่าเท้าขึ้นเฉียงประมาณ 35 องศา ให้ระดับตรงกลางฝ่าเท้าอยู่ด้านบนของลูก กระแทกฝ่าเท้าให้สัมผัสเหนือบอล

3. ลักษณะของเท้าที่ใช้หยุดคือ งอเข่าเล็กน้อย ยกสูงจากพื้นพอประมาณ น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหลักใช้ในการเตะเพื่อให้ได้ระยะทางใกล้ๆ และเพื่อความแม่นยำของทิศทางในการส่ง การส่งบอล ลักษณะของส่งบอลจากผู้เล่นไปยังผู้เล่นอีกคนหนึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธี การส่งบอลสามารถส่งโดยการเตะ การใช้ศีรษะโหม่ง หรือส่วนของร่างกาย (ตามกติกา) ได้โดยการพยายามบังคับให้ไปยังทิศทางหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ด้วยวิถีของลูกต่าง ๆ ได้แก่ ลูกเรียดหรือลูกโด่ง

การยิงประตู การยิงประตูของกีฬาฟุตซอลมีหลายแบบ ดังต่อไปนี้

1. การยิงประตูด้วยลูกหลังเท้า
2. การยิงประตูด้วยหัวรองเท้า
3. การยิงประตูด้วยปลายฝ่าเท้า
4. การยิงประตูด้วยข้างเท้าด้านใน
5. การเตะลูกด้วยข้างเท้าด้านนอก
6. การยิงประตูด้วยส้นเท้า
7. การยิงประตูแบบลูกวอลเลย์
8. การทำประตูด้วยศีรษะ
9. การยิงประตูด้วยเข่า
10. การยิงประตูด้วยอวัยวะของร่างกายอื่นๆ ตามสถานการณ์ (โดยห้ามใช้มือ)

การโหม่งบอล การโหม่งลูก คือการที่เล่นลูกด้วยหน้าผากขณะที่ลูกกำลังลอยอยู่ในอากาศ เป็นการเล่นที่ได้เปรียบกว่าการเล่นด้วยเท้าเพราะมีโอกาสที่จะได้ลูกบอลมาครอบครองหรือส่งให้ผู้เล่นฝ่ายของตนได้ในระยะสั้น ก่อนการใช้เท้าการโหม่งที่ดีนั้นต้องโหม่งลูกลงสู่พื้น ทั้งนี้เพื่อบังคับลูกให้เข้าสู่วิถีการเล่นโดยเร็ว การใช้ศีรษะโหม่งลูกให้ใช้หลักการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ การโหม่งจะต้องใช้สายตามองดูลูกเพื่อให้เกิดความแม่นยำ จำเป็นจะต้องได้รับการฝึกฝนเพื่อให้เกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเชื่อมั่นมากที่สุด การโหม่งที่ดีและปลอดภัยที่สุด และเป็นส่วนที่เหมาะในการเคลื่อนไหวข้างหน้าพร้อมกับลำตัวที่โหม่งลูกมีวิธีการดังนี้

1. ตาจ้องมองที่ลูกตลอดเวลาจนกว่าลูกสัมผัสกับหน้าผาก

2.วิ่งเข้าหาลูกและกระโดดพุ่งขึ้นให้สูงที่สุด โดยใช้เท้าทั้งสองข้างเหยียดตรงพร้อมกับกางแขนออกเพื่อทรงตัว

3.เกร็งคอและยื่นหัวออกไป ใช้หน้าผากกระแทกลูกพร้อมกับกดคางลงเข้าหาอกกดลูกลงสู่พื้นด้วยหน้าผาก ในการที่จะบังคับลูกให้ไปทางด้านข้างตามต้องการจะต้องเอี้ยวคอไปในทิศทางที่ต้องการขณะที่ลูกถูกหน้าผาก

ทักษะพื้นฐานของกีฬาฟุตซอลมาจากทักษะการเล่นกีฬาฟุตบอล โดยการนำทักษะมาใช้ในการเล่นส่วนใหญ่เป็นการเล่นที่ต้องใช้ทักษะความสามารถเฉพาะบุคคล และความสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นต้องสูง เพราะพื้นที่ในการเล่นมีอย่างจำกัด ดังนั้นในการฝึกซ้อม ทักษะต่างๆนั้นต้องนำมาใช้ให้เกิดประโยวน์อย่างมากที่สุดและมีความสำคัญกันทุกทักษะ (คณาธิป,2458) อีกทั้งนักกีฬาฟุตซอลที่มีความสามารถที่สูงและการพัฒนาทักษะที่ดีจะช่วยลดปัจจัยเสี่ยงในการบาดเจ็บ (Cain *et al.*, 2007) ตามทักษะของนักกีฬาฟุตซอลพบว่าการใช้งานของระยางค์ส่วนล่างนั้นมีความสำคัญมากเพื่อที่จะแสดงออกถึงศักยภาพของนักกีฬาและมีการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนไหวทุก 3.28 วินาที โดยจัดได้ว่าอยู่ในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบความหนักไม่คงที่ในระดับสูง (intermittent high-intensity exercise) (Castagno *et al.*, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายในกีฬาฟุตซอล

คณาธิป (2458) กล่าวว่าสมรรถภาพทางกายมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกายให้มีประสิทธิภาพ กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกาย จึงเป็นสิ่งที่ต้องได้รับการเสริมสร้างความแข็งแรงให้พร้อมที่จะรับความหนักของงานได้ทุกรูปแบบ การพัฒนาเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายจึงจำเป็นต้องทราบพื้นฐานความต้องการในการเล่นกีฬา ซึ่งจะช่วยให้เกิดประโยชน์ตรงตามความต้องการที่จะนำไปใช้ในการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพได้อย่างดี สมรรถภาพทางกายสามารถแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical Fitness) และสมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical fitness)

สมรรถภาพทางกายทั่วไป คณะกรรมการนานาชาติเพื่อจัดมาตรฐานการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (International Committee for the Standardization of Physical Fitness Test) ได้จำแนกองค์ประกอบสมรรถภาพทางกายทั่วไปออกเป็น 7 ประเภท คือ

1. ความเร็ว
2. พลังกล้ามเนื้อ
3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
4. ความอดทนของกล้ามเนื้อ
5. ความคล่องตัว
6. ความอ่อนตัว
7. ความอดทนทั่วไป (General Endurance Aerobic Capacity)

องค์ประกอบนี้เกิดจากสมรรถภาพการทำงานที่สัมพันธ์กันของอวัยวะในระบบต่างๆเช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจ ระบบประสาท และระบบไหลเวียนโลหิต หากระบบใดระบบหนึ่งขัดข้อง จะเป็นสาเหตุทำให้สมรรถภาพทางกายทั่วไปลดลง และอาจเป็นอุปสรรค ต่อการทำงานของระบบอื่นๆอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมรรถภาพทางกายพิเศษ เป็นสมรรถภาพที่นักกีฬาจะต้องมีเฉพาะสำหรับกีฬานั้นๆ ซึ่งนักกีฬาฟุตซอลเอง โดยทั่วไปแล้วกีฬาฟุตซอลมีลักษณะและทักษะในการเล่นคล้ายคลึงกับกีฬาฟุตบอล องค์ประกอบด้านสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลประกอบด้วย (ประโยค, 2542)

1. การทรงตัว
2. พลัง
3. ความเร็วของกล้ามเนื้อ
4. ความว่องไวโดยไม่มีลูกบอล
5. ความอดทนของกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนโลหิต
6. ความยืดหยุ่นของข้อต่อ
7. ความจุปอด

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตซอลและการฝึกรวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างการฝึกกับสมรรถภาพทางกาย ในหลากหลายรูปแบบพบว่า

Alvarrez *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบความทนทานแบบสลับหยุดในกีฬาฟุตซอลรูปแบบใหม่ (Futsal Intermittent Endurance Test, FIET) และความสามารถในการวิ่งเร็วแบบซ้ำๆ (repeated-sprint) ในผู้เล่นที่เชี่ยวชาญของกีฬาฟุตซอล กล่าวว่าระดับศักยภาพในระดับที่สูง ผู้เล่นกีฬาฟุตซอลย่อมต้องการพัฒนาการของศักยภาพในการทำกิจกรรมที่มีความหนักสูง เช่น การวิ่งกลับไปกลับมา (cruising) และการวิ่งเร็ว เช่นเดียวกันในการทำกิจกรรมในระดับ low-intensity เช่นการเดิน การวิ่งเยาะๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน สำหรับเหตุผลนี้ ความต้องการทางสรีวิทยาของกีฬาฟุตซอลพบการรายงานว่าต้องการทั้งการเผาพลาญพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ในกีฬาฟุตซอลศักยภาพทางกีฬามีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักกีฬาในการฝึกซ้ำอย่างหนัก เพราะฉะนั้น ความสำคัญของสมรรถภาพของกีฬาประเภทนี้คือ ความสามารถในการวิ่งเร็วแบบซ้ำๆ (repeated-sprint ability, RSA) สมรรถภาพของแอโรบิค ได้มีการแนะนำบ่อยว่ามีความสำคัญต่อ RSA นั่นหมายความว่าความเร็วที่สูงย่อมต้องการกระบวนการฟื้นตัวที่ดีด้วย ความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่าง FIET ศักยภาพและสมรรถภาพทางแอโรบิค โดยทำการทดลองในนักกีฬาฟุตซอลเพศหญิง ในช่วงฤดูการแข่งขัน จำนวน 15 คน (mean $\pm$ SD :อายุ 24.2 $\pm$ 4.9 ปี, ส่วนสูง 186.0 $\pm$ 0.18 ซ.ม.ม น้ำหนัก 86.2 $\pm$ 13.8 กิโลกรัม) การทดสอบ RSA ในปัจจุบัน ประกอบด้วยการวิ่งระยะ 8 และ 25 เมตร โดยพัก 25 วินาที นำเวลาที่วิ่งได้ทั้งหมด และคำนวนหาดัชนีความเหนื่อย FIET ประกอบด้วยการวิ่งทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

45 เมตร (3x15 เมตร) ด้วยการเพิ่มความเร็ว ในระหว่างการวิ่งแต่ละช่วงจะได้รับการพัก 10 วินาที ด้วยการวิ่งเยาะๆ โดยใช้ Pearson's product-moment test เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P < 0.05$ ผลการทดลองสำหรับ FIET และ RAST พบว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติในทิศทางตรงกันข้ามระหว่างศักยภาพของ FIET

Esteban *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างสมรรถภาพทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตซอลและนักกีฬาฟุตบอล โดยเปรียบเทียบสัดส่วนของร่างกาย (ความสูงมวลกาย ร้อยละของไขมันในร่างกาย fat-free body mass) และ สมรรถภาพทางสรีวิทยา (การกระโดดสูงในแนวตั้ง พลังขา เวลาในการวิ่ง 5 และ 10 เมตร ปริมาณแลคเตรตในเลือด) ในนักกีฬาเพศหญิง กีฬาฟุตซอล 15 คน และกีฬาฟุตบอล 25 คน นักกีฬาฟุตซอลมีความสูง มวลกาย และ fat - free body คล้ายกับนักกีฬาฟุตบอล แต่มีความอดทนในการวิ่งที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อยแสดงค่าเป็นเปอร์เซนต์ นักกีฬาฟุตซอลมีค่าเปอร์เซนต์ไขมัน (28%) เวลาในการวิ่ง (2%) สูงกว่านักกีฬาฟุตบอล แต่ การกระโดดสูงในแนวตั้ง (15%) พลังขา (20%) ต่ำกว่านักกีฬาฟุตบอล พบค่าความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$-0.01) ของระยะเวลาในการวิ่งกับพลังขา ซึ่งพบเช่นเดียวกันกับความเร็วในการวิ่ง เปอร์เซนต์ไขมันในร่างกายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเวลาในการวิ่งสูงสุด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับการกระโดดในแนวตั้ง จากผลการวิจัยพบว่านักกีฬาฟุตซอลมีประสิทธิภาพของกำลังในการเหยียดขาต่ำกว่านักกีฬาฟุตบอลซึ่งมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซนต์ไขมันในร่างกายที่มีสูง ซึ่งอาจทำให้นักกีฬาฟุตซอลเสียเปรียบในระหว่างทำการแข่งขัน

Castagna (2008) ได้ทำการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและลักษณะการเคลื่อนไหวของกีฬาฟุตซอลในอาสาสมัครซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตซอล และวัดทางสรีรวิยาในระหว่างการฝึกที่หนักประกอบด้วย VO_2 กรดแลคตริกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจ ประเมินลักษณะการเคลื่อนไหวในระหว่างแข่งขันด้วยการวิเคราะห์วีดีโอคอมพิวเตอร์ ในระหว่างเกมส์การแข่งขัน พบว่า ค่า VO_{2max} อยู่ระหว่าง 75% (59-92) และอัตราการเต้นของหัวใจ 90% (84-96) ในช่วงเฉลี่ยการแข่งขัน พบค่า VO_2 46.6 (40.1-57.1) ml $kg^{-1}min^{-1}$ ผู้เล่นใช้เวลาในการเล่นด้วยการวิ่งเร็ว (Sprint) และการวิ่งความเร็วสูง (high-intensity running) โดยค่าเฉลี่ยของผู้เล่นพบว่าต้องวิ่งเร็วประมาณทุกๆ 79 วินาที ในระหว่างการแข่งขันซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าผู้เล่นกีฬาฟุตซอลเป็นการออกกำลังกายแบบ high-intensity ในรูปแบบการใช้พลังงานแบบแอโรบิคและ แอนแอโรบิค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rahama (2009) ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่นของมวลกระดูก(BMD)ในร่างกายส่วนบน ขาด้านที่ถนัดและขาด้านที่ไม่ถนัดในนักกีฬาแฮนบอลเพศหญิง นักกีฬาฟุตซอลและผู้ที่ไม่ใช่นักกีฬา ซึ่งความหนาแน่นของมวลกระดูกนั้นจะมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางสรีวิทยาการลงน้ำหนักซึ่งเพิ่มมวลกระดูก โดยใช้เครื่อง DEXA วัดที่มวลกระดวกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวและข้อสะโพก femoral trochanter ข้างที่ถนัดและข้างที่ไม่ถนัด พบว่าความหนาแน่นของมวลกระดูกในร่างกายส่วนบน ขาด้านที่ถนัดและขาด้านที่ไม่ถนัดของนักกีฬาฟุตซอลสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Alvarrez *et al.* (2007) ได้วิเคราะห์การแข่งขันและอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาฟุตซอลในระหว่างการแข่งขัน โดยการติดตามอัตราการเต้นของหัวใจและวิเคราะห์เวลาในการเคลื่อนไหวของนักกีฬาฟุตซอลจำนวน 10 คน ในระหว่างการแข่งขัน 4 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการแข่งขันเป็น 90% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ การเคลื่อนไหวของผู้เล่นแยกเป็น การยืน การเดิน การวิ่งเยาะๆ การวิ่งด้วยความหนักปานกลาง การวิ่งด้วยความหนักสูงและการวิ่งด้วยความเร็วสูง (sprint) จากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวโดยเฉลี่ยแล้วระยะทางในการเคลื่อนไหวของผู้เล่นคือ 117.3 เมตรต่อนาที ซึ่งพบว่าวิ่งด้วยความหนักปานกลาง 28.5% วิ่งด้วยความหนักสูง 13.7% และวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 8.9% ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่าฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการวิ่งเร็วสูงสุดหลายรูปแบบ (multiple-sprint) โดยมีความหนักมากกว่าฟุตบอลและกีฬาในรูปแบบการเล่นสลับกับหยุดรูปแบบอื่น

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าผู้เล่นกีฬาฟุตซอลเป็นการออกกำลังกายแบบ high-intensity ในรูปแบบการใช้พลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ความเร็วในการวิ่งและความอดทนถือเป็นสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญต่อนักกีฬากีฬาฟุตซอลและยังพบว่านักกีฬาฟุตซอลนั้นมีสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนสูงกว่านักกีฬาฟุตบอลแต่งมีประสิทธิภาพด้านความเร็วและกำลังในการเหยียดขาต่ำกว่านักกีฬาฟุตบอล ซึ่งส่งผลต่อศักภาพในการแข่งขันได้ ดังนั้นการพัฒนาสมรรถภาพด้านความเร็วและความอดทนจึงมีความจำเป็นในนักกีฬาฟุตซอล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

การใช้แรงที่มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน หรือการเรียนรู้การเคลื่อนไหว เช่น การตีเทนนิส กอล์ฟ หรือการว่ายน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับการประสานความสัมพันธ์กับระบบประสาทกล้ามเนื้อและความสามารถของการระดมกำลังของกลุ่มกล้ามเนื้อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเช่นการเคลื่อนไหวที่เป็นปกติโดยการระดมเส้นทางและระบบประสาทเข้าด้วยกัน วงจรของระบบประสาทในสมองและไขสันหลัง เช่นเดียวกับระบบประสาทส่วนปลายในร่างกายเป็นเหมือนกับรูปแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าในอวัยวะโครงร่างของระบบประสาทจะมีการตอบสนองทั้งภายในและภายนอกความรู้สึก การจัดรูปแบบอัตโนมัติและกลไกลการควบคุมระบบประสาทส่วนกลางอย่างรวดเร็ว การรับสัญญาณเข้าสู่อวัยวะระบบประสาทตั้งต้นและส่งผ่านอวัยวะเป้าหมายอย่างรวดเร็วเข้าสู่ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ การทำงานอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยการควบคุมโดยระบบประสาทประกอบด้วยระบบโครงสร้างดังต่อไปนี้

- อวัยวะสำหรับการควบคุมของระบบประสาทยนต์
- การส่งสัญญาณของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
- หน่วยการทำงานของระบบประสาทยนต์
- การรับรู้สัญญาณ
- ความรู้สึกจากการทำงานของกล้ามเนื้อ

อวัยวะในการควบคุมระบบประสาทยนต์

ระบบประสาทประสาทของมนุษย์ประกอบด้วยระบบประสาทหลัก 2 ส่วนคือ

1. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง
2. ระบบประสาทส่วนปลายประกอบด้วยเส้นประสาทในการส่งสัญญาญของระบบประสาทไปยังระบบประสาทใกล้เคียง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระบบประสาทส่วนกลางสมอง

สามารถแบ่งเป็นบริเวณต่างๆได้ดังนี้

- Medulla oblongata
- Pons
- Midbrain
- Cerebellum
- Diencephalon
- Telecephalon

แบ่งเป็นเส้นประสาทส่วนกลาง 12 คู่ เนื้อเยื่อของสมองแบ่งออกเป็น 4 คู่ และบริเวณของการรับรูความรู้สึก ซึ่งมีการรับรู้ความรู้สึกกว่า 10 ส่วนตัวซึ่งอัตราส่วน ระหว่างการรับรู้ความรู้สึกกับการควบคุมการเคลื่อนไหวคือ 20:1

แกนกลางสมอง (Brain stem) ประกอบด้วย Medulla Midbrain และ Pons

- Medulla เป็นตำแหน่งที่อยู่เหนือไขสันหลัง ยื่นขึ้นไปสู่ Pons และเป็นเหมือนสะพานให้กับสมองส่วน Cerebellum ทั้งสองซีก

- Midbrain มีความยาวเพียง 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเชื่อมระหว่าง Pons และ Cerebellum โดย midbrain เป็นส่วนประกวบของระบบ extrapyramidal motor ซึ่งมีลักษณะ nucleus เป็นสีแดงและ substantia โดย Reticular formation จะเป็นตัววิเคราะห์สัญญาณที่นำเข้ามาและส่งออกไป ซึ่งต้นกำเนิดสัญญาณจากการยืดของการรับความรู้สึกของข้อต่อ และกล้ามเนื้อ จากความเจ็บปวดจากการรับความรู้สึกบริเวณผิวหนัง สัญญาณการมองเห็นจากตาและสัญญาณเสียงจากหู การทำงานของระบบ Reticular จะทำให้เกิดการยับยั้งหรือการกระตุ้นบน neurons

Cerebellum

ทำหน้าที่เพื่อทำความเข้าใจวงจรปฏิกริยาย้อนกลับเพื่อดูแลและประสานงานกับพื้นที่อื่นในสมองและไขสันหลังเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหว Cerebellum จะรับสัญญาณการสั่งการการเคลื่อนไหวจาก cortex และรับข้อมูลของความรู้สึกจากตัวรับความรู้สึกของส่วนปลายในกล้ามเนื้อเอ็นข้อต่อ ข้อต่อ และผิวหนัง จากการมองเห็น การได้ยินและอวัยวะของการทรงตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติพิเศษของเนื้อเยื่อสมอง เช่น การเปรียบเทียบ การประเมิน ส่วนกลางการวิเคราะห์สำหรับการปรับท่าทาง การเคลื่อนไหว การควบคุมสมดุลย์ การรับรู้ความเร็วในการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานของปฏิกริยาตอบกลับต่อการเคลื่อนไหว จากปัจจัยเหล่านี้ Cerebellum จะเป็นตัวปรับการทำงานของกล้ามเนื้อ

Diencephalon

เป็นส่วนที่อยู่เหนือต่อ Midbrain โดยเป็นส่วนหนึ่งของสมอง Cerebral โครงสร้างหลักของ Diencephalon ประกอบด้วย Thalamus ,Hypothalamus, Epithalamus และ Subthalamus

ระบบประสาทส่วนกลาง(Central Nervous System)

ไขสันหลัง (The Spinal Cord)

ไขสันหลังมีความยาว 45 เซนติเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร อยู่ในระดูกสันหลัง 33 ชิ้น ประกอบด้วย กระส่วนคอ 7 ชิ้น ลำตัว 12 ชิ้น เอว 5 ชิ้น ก้นกบ 5 ชิ้น กระเบนเหน็บ 4 ชิ้น เมื่อดูจากภาพตัดตามขวางของกระดูกสันหลังจะพบว่ามีลักษณะคล้ายรูปตัว H ซึ่งประกอบด้วยส่วนหน้า (ventral หรือ anterior horns) และส่วนหลัง (dorsal หรือ posterior horn) โดยมีส่วนประกอบของ neurons 3 ชนิด คือ

1. Interneurons
2. Motoneurons หรือ Efferent อยู่ที่ส่วนหน้า (anterior horns) ของไขสันหลัง ส่งสัญญาณประสาทไปยัง Extrafusal และ Intrafusal ของใยกล้ามเนื้อ
3. Sensory neurons หรือ Afferent เป็นใยประสาทซึ่งรับสัญญาณความรู้สึกจากส่วนปลายเข้าสู่ส่วนด้านหลังของไขสันหลัง (posterior horns)

เส้นทางในการนำสัญญาณประสาทขาขึ้น (Ascending Nerve Tracts) ในไขสันหลังจะส่งสัญญาณการรับความรู้สึกจากเส้นประสาทส่วนปลายไปยังสมอง เพื่อสั่งการเส้นทางการรับความรู้สึกเกิดจากการทำงานของ neuron 3 ตัว ซึ่งตัวแรกอยู่ที่ dorsal root ganglion ส่งสัญญาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสาทเข้าสู่ไขสันหลัง ตัวที่ 2 อยู่ในไขสันหลังส่งสัญญาณจากไขสันหลังไปยัง Thalamus ซึ่งเป็นที่อยู่ของ neuron ตัวที่ 3 ส่งสัญญาณผ่านไปยังศูนย์สั่งการส่วนกลางใน Cerebral cortex

ตัวรับความรู้สึก (Sensory Receptor) เส้นประสาทรับความรู้สึกส่วนปลายเป็นตัวรับความรู้สึกทั้งขณะที่รู้สึกตัว (conscious) ซึ่งเป็นตัวรับรู้การเคลื่อนไหวเช่น การรับความรู้สึกตำแหน่งของร่างกาย (body position) เช่น ความสามารถในการรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (Kinesthesia) การรับความรู้สึกของข้อต่อ (proprioception) อุณหภูมิ และความเจ็บปวด และการรับความรู้สึกภายใต้การรู้สึกตัว (subconscious) ประกอบด้วย แสง เสียง กลิ่น การรับและการรับความรู้สึกสัมผัส เป็นตัวซึ่งคอยพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของร่างกายในสภาพแวดล้อมต่างๆ

เส้นทางในการนำสัญญาณประสาทขาลง (Descending Nerve Tracts) เป็นเส้นทางของการส่งสัญญาณประสาทจากสมองมายังไขสันหลัง pyramidal และ extrapyramidal เป็นเส้นทางหลักในการนำสัญญาณ

Pyramidal tract เซลล์ประสาท (neuron) ใน pyramidal หรือ cortical tract จะส่งผ่านสัญญาณมายังไขสันหลัง โดยเส้นทางโดยตรงหรือการเชื่อมต่อกันภายในไขสันหลัง กระตุ้นเส้นประสาทเส้นสุดท้าย คือ alpha (α) motoneurons ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบกล้ามเนื้อลาย

Extrapyramidal tract เซลล์ประสาทของ extrapyramidal อยู่ใน Brainstem และเชื่อมต่อกับไขสันหลัง ซึ่งเซลล์ประสาทจะควบคุมท่าทางและควบคุมแรงตึงตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อด้านหลัง ในทางตรงข้ามเพื่อลดการเคลื่อนไหวจากการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งถูกสั่งการโดย pyramidal tract

Reticular Formation เป็นส่วนในการเชื่อมและโยงเครือข่ายระหว่างระบบประสาทส่วนกลางของ Brain stem วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลของไขสันหลัง Cerebral cortex Basal ganglion และ Cerebellum ซึ่งจะรับข้อมูลความรู้สึกกันอย่างต่อเนื่อง การทำงานอีกอย่างหนึ่งของระบบ reticular คือทำการยับยั้งหรือส่งต่อผลต่อเซลล์ประสาทตัวอื่น ตัวอย่างเช่น reticular formation กระจายสัญญาณเพื่อควบคุมท่าทางโดยจัดระเบียบความไวต่อความรู้สึกของเซลล์ประสาทกล้ามเนื้อซึ่งต้านกับแรงดึงดูดโลก กระตุ้นการรับความรู้สึกของการรับความรู้สึกส่วนปลาย ด้วยการกระตุ้นใน Cerebral cortex และส่งสัญญาณกลับไปยังระบบ reticular เพื่อควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับความแรงในการกระตุ้น Reticular formation จะมีอิทธิพลต่อการทำงานของ สัญญาณชีพมากที่สุด เช่น ระบบหัวใจและหลอดเลือดและการหายใจ

การรวบรวมการทำงานบน Reticular formation เป็นการรวบรวมอิทธิพลจากปฏิกริยาตอบสนองย้อนกลับจากเครือข่ายอื่นด้วย ยกตัวอย่างเช่น การเพิ่มการส่งสัญญาณประสาทเพื่อควบท่าทางของกล้ามเนื้อ การเพิ่มแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อ การเพิ่มแรงตึงตัวในระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วยการกระตุ้นที่ตัวกล้ามเนื้อโดยตรง spindle เพื่อส่งสัญญาณประสาทกลับไปยังระบบประสาทส่วนกลางเพื่อควบคุมระดับการทำงานของ reticular formation ระดับการควบคุมการตอบสนองเป็นตัวอย่างของการตอบสนองย้อนกลับหลายรูปแบบ ด้วยการทำงานที่ซับซ้อนของระบบประสาท

ระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral Nervous System)

ระบบประสาทส่วนปลายประกอบด้วย เส้นประสาทของไขสันหลัง 31 คู่ และเส้นประสาทในสมอง 12 คู่ เส้นประสาทไขสันหลังประกอบด้วย เส้นประสาทส่วนคอ 8 คู่ เส้นประสาทส่วนออก 12 คู่ เส้นประสาทส่วนเอว 5 คู่ เส้นประสาทก้นกบ 5 คู่ และเส้นประสาทกระเบนเหน็บ 1 คู่

ระบบประสาทส่วนปลาย ประกอบด้วย afferent neuron ถ่ายทอดความรู้สึกจากตัวรับความรู้สึกส่วนปลายไปยังระบบประสาทส่วนกลาง และ efferent neuron การส่งผ่านข้อมูลจากสมองไปยังเนื้อเยื่อส่วนปลาย efferent neuron ของระบบประสาททั้งสองชนิด ซึ่งเป็นที่รู้กันว่าเหมือนกับเส้นประสาท somatic และ autonomic

เส้นใยประสาท Somatic หรือเรียกอีกอย่างว่า Motoneuron ส่งสัญญาณประสาท ไปยังระบบกระดูกกล้ามเนื้อ การระดมการทำงานของเซลล์ประสาทนี้เพื่อกระตุ้นการตอบสนองและการทำงานของกล้ามเนื้อ

เส้นใยประสาท autonomic กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ หรือที่เรียกว่า involuntary muscle เช่นกล้ามเนื้อลำไส้ (intestines) และ กล้ามเนื้อผนังหลอดเลือด (walls of blood vessels) ,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหงื่อ (sweat) และ ต่อมในการหลั่งน้ำลาย (salivary glands), กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) และ ต่อมไร้ท่อ (endocrine grand) การทำงานของเซลล์ประสาทสามารถเกิดได้ทั้งการกระตุ้นหรือการยับยั้งขึ้นกับการทำงานเฉพาะของเซลล์ประสาทนั้น เนื้อเยื่อของหัวใจและอวัยวะภายในจะถูกกระตุ้นด้วย autonomic การควบคุมการทำงานภายใต้จิตใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้กับเนื้อเยื่อ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ที่ฝึกโยคะหรือจิต สามารถควบคุมอัตรากการเต้นของหัวใจหรือการไหลของเลือด ซึ่งการควบคุมภายใต้จิตใจของระบบ autonomic สามารถดัดแปลงสลับกับการรักษาทางการแพทย์เช่นเดียวกับการกีฬา

ชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาท

เส้นประสาทที่มีขนาดใหญ่ ความเร็วในการนำพลังประสาทจะสูง axon ขนาดใหญ่ทำหน้าที่รับ proprioceptive sensation และ somatic motor fiber ส่วน axon ขนาดเล็กลงไปรับความรู้สึกเจ็บปวดและทำหน้าที่ในระบบประสาท autonomic ส่วน dorsal root C fiber ทำหน้าที่รับความรู้สึกสัมผัสแตะต้องและความรู้สึกอื่นๆที่ผิวหนังอีกด้วยนอกจากความรู้สึกเจ็บปวด C fiber ที่รับ pain sensation เท่านั้นที่ขึ้นไปถึงระดับ consciousness ส่วน C fiber ที่รับความรู้สึกอื่นที่ผิวหนังเกี่ยวข้องกับปฏิกริยารีเฟล็กในระดับไขสันหลังและ Brain stem ตามตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของเส้นประสาท

ชนิด ระดับตัวอักษร Erlanger	ระบบตัวเลข	หน้าที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (μm)	ความเร็วในการนำพลังประสาท	Sprike duration (msec)
A α	Ia	Propioception, sometic motor	12-20	70-120	
	Ib	Gogi tendon organ			
β	II	Touch, pressure	5-12	30-70	0.4-0.5
γ	II	Motor, temperature	3-16	15-30	
δ	III	Pain, temperature	2-5	12-30	
B		Preganglionic sympathetics	< 3	3-15	1.2
C	IV	Dorsal root			
		Pain, reflex responses	0.4-1.2	0.5-1.2	2
		Sympathetic			
		Postganglionic sympathetics	0.3-1.3	0.7-2.3	2

ที่มา: ดิถีและคณะ (2532)

Sympathetic and Parasympathetic Nervous System

ในพื้นฐานของทางกายวิภาคศาสตร์และทางสรีรวิทยานั้นแตกต่างกัน ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) เป็นส่วนย่อยของ Sympathetic and Parasympathetic Nervous System

เส้นใยประสาทของระบบประสาท Sympathetic จะออกจากไขสันหลังในส่วนลำตัวและเอวส่วนบน การกระจายตัวของเส้นใยประสาทของระบบประสาท Sympathetic จะเกิดการทับซ้อนกัน เลี้ยงในส่วนของหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ ต่อมเหงื่อ และอวัยวะภายใน

เส้นใยประสาทของระบบประสาท Parasympathetic จะออกจาก Brainstem และก้นกบของไขสันหลัง เลี้ยงช่องอก ท้อง และเชิงกราน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Medulla Pons และ Dienchephalon ควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และการหายใจควบคุมโดย medullar ซึ่งอยู่ล่างต่อ Brain stem ตำแหน่งในการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย อยู่ในใยประสาทส่วนบนของ Hypothalamus

เส้นประสาทที่เลี้ยงกล้ามเนื้อ (Nerve Supply To Muscle)

เส้นประสาทหนึ่งเส้นหรือแขนงของเส้นประสาทหนึ่งเส้นที่ไปเลี้ยงใยกล้ามเนื้อน้อยที่สุด มีประมาณ 250 เส้นใยกล้ามเนื้อของมนุษย์ เพราะว่ามีอยู่ประมาณ 420,000 เซลล์ประสาทยนต์ นั่นหมายความว่าเส้นประสาทหนึ่งเส้นปกติแล้วจะเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อได้หลายเส้นใย อัตราส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อเซลล์ประสาทยนต์โดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่การเคลื่อนไหว การทำงานที่แม่นยำและถูกต้องของกล้ามเนื้อตา ต้องมีเซลล์ในการควบคุมไม่น้อยกว่า 10 เส้นใยกล้ามเนื้อ สำหรับการเคลื่อนไหวที่มีความซับซ้อนน้อยของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ เซลล์ประสาทยนต์อาจจะเลี้ยง 2,000 หรือ 3,000 เส้นใยกล้ามเนื้อ สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อไขสันหลังจะเป็นศูนย์ในการดำเนินการและกระจายข้อมูลในการควบคุมการทำงานของหน่วยยนต์

กายวิภาคศาสตร์ของหนึ่งหน่วยยนต์ (Motor Unit Anatomy)

หน้าที่ของหน่วยการเคลื่อนไหวคือ หน่วยประสาทยนต์ ซึ่งกายวิภาคศาสตร์ ประกอบด้วย anterior motor neuron และเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งเส้นประสาทนั้นไปเลี้ยงโดยตรง ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปเส้นใยกล้ามเนื้อจะรับสัญญาณประสาทจากหนึ่งเซลล์ประสาทเท่านั้น เซลล์ประสาทยนต์อาจจะเลี้ยงหลายเส้นใยกล้ามเนื้อ เพราะว่าจุดสิ้นสุดของ axon จะรวมตัวกันจากหลายๆแขนง ซึ่งค่าเฉลี่ยของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อหนึ่งหน่วยประสาทยนต์ คือ 340 เส้นใยกล้ามเนื้อนิ้วมือ และ 1,900 เส้นใยกล้ามเนื้อ gastrocnemius muscle

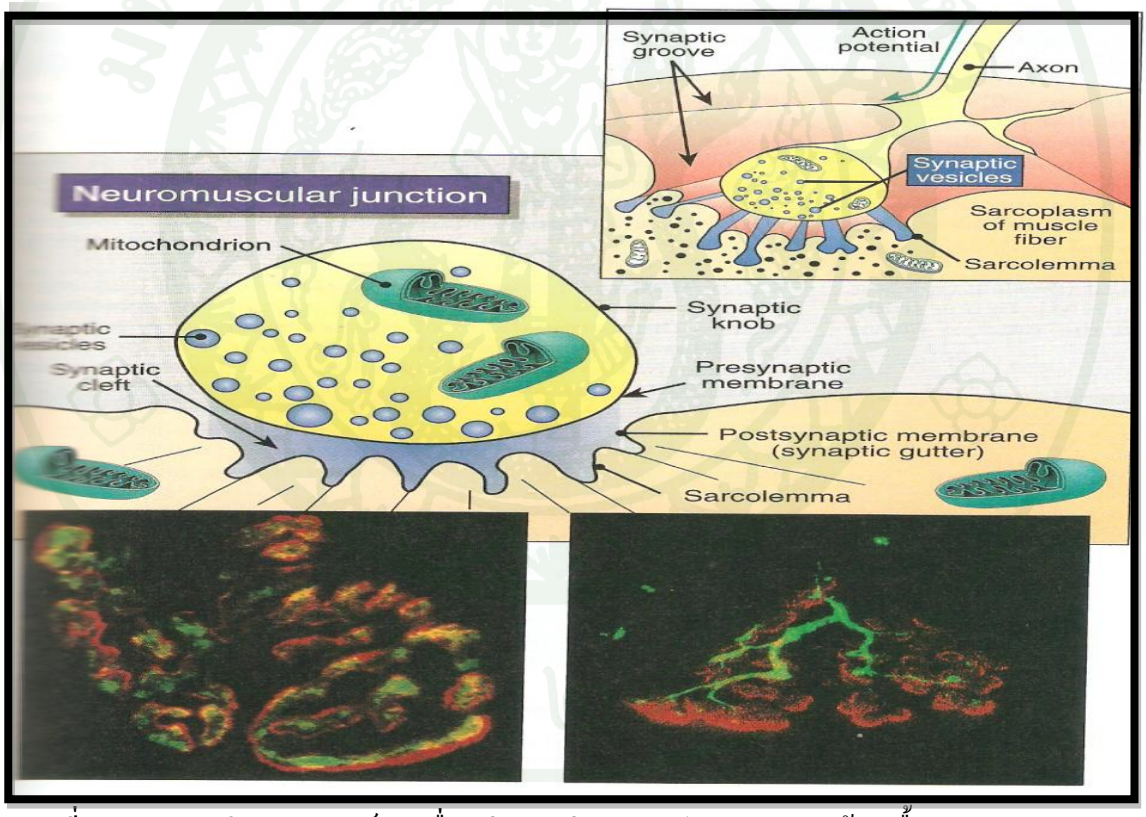
Anterior Motoneuron ประกอบด้วย cell body axon และ dendrites ซึ่งหนึ่งหน่วยสามารถส่งสัญญาณไฟฟ้าเคมีจากไขสันหลังไปยังกล้ามเนื้อ ส่วนของ motoneuron อยู่ใน gray mater ของไขสันหลัง axon จะยื่นออกจากไขสันหลังไปยังกล้ามเนื้อ dendrites เป็นตัวจะรับสัญญาณประสาทจากจุดที่เชื่อมต่อและส่งสัญญาณต่อไปยัง cell body เซลล์ประสาทจะเหนี่ยวนำสัญญาณเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น เช่นจาก axon ไปยังจุดที่ต้องการกระตุ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นที่รู้กันว่า Anterior motoneurons เป็นเส้นใยประสาท Type A (α) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ส่วน Gamma (γ) efferent motoneurons มีขนาดเล็กกว่า ความเร็วในการเหนี่ยวนำสัญญาณเป็นครึ่งหนึ่งของ α fiber ซึ่ง γ efferent fiber ยึดติดกับตัวรับแรงยืดในกล้ามเนื้อ โดยจับการเปลี่ยนแปลงความยาวของใยกล้ามเนื้อ

Neuromuscular Junction (NMJ) หรือ Motor Endplate)

Neuromuscular Junction (NMJ) หรือ Motor Endplate เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างจุดสิ้นสุดของ myelinated motoneuron และ muscle fiber ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาทไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อ (McArdle *et at.*, 1996) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกายวิภาคศาสตร์การเชื่อมต่อระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

ที่มา: McArdle *et at.* (1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณลักษณะทั่วไปของ NMJ มี 5 อย่าง คือ (Deschenes *et al.*, 1994; McArdle *et at.*, 1996)

1. เป็นที่อยู่ของ Schwann cell ซึ่งอยู่ส่วนปลายของเส้นประสาทห่างจากตำแหน่ง postsynaptic
2. เป็นส่วนปลายของเส้นประสาทซึ่งภายในบรรจุสารสื่อประสาท Acetylcholine (Ach)
3. เป็นฐานของเนื้อเยื่อซึ่งอยู่ในแนวของพื้นที่ synaptic
4. แผ่นเนื้อเยื่อฝั่งตรงข้ามของ synaptic (the postsynaptic) มีตัวจับ (receptor) Ach
5. Connector microtubules บริเวณแผ่นเนื้อเยื่อ postsynaptic ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยัง เส้นใยกล้ามเนื้อ

บริเวณส่วนปลายของ Axon ล่างต่อเยื่อหุ้ม myelin โดยทั่วไปจะมีขนาดเล็กเป็น presynaptic terminals เป็นส่วนของถุงซึ่งจะเก็บ Ach ไว้ประมาณ 50-70 ถุง (Decamilli *et al.,* 1983; Gershon *et at.*, 1985, McArdle *et at.*, 1996) ซึ่งจะอยู่ใกล้กับ sarcolemma ของ muscle fiber แต่ไม่สัมผัสกัน

ปฏิกริยารีเฟล็กซ์ (Reflex)

ปฏิกริยารีเฟล็กซ์ หมายถึง ปฏิกริยารับสนองต่อการกระตุ้นที่ประสาทส่วนปลาย การรับสนองที่เกิดขึ้นนั้นนอกเหนืออำนาจจิตใจและปฏิกริยานั้นต้องอาศัยการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางเฉพาะส่วนหนึ่ง (ดิถีและคณะ, 2532)

การทำงานของร่างกายที่เกิดขึ้นได้บ่อยที่สุดและสำคัญ ได้แก่ปฏิกริยารีเฟล็กซ์ ซึ่งทำให้มีการปรับตัวต่อปฏิกริยาภายนอกและภายในร่างกาย และช่วยให้มีการทำหน้าที่ของส่วนต่างๆของร่างกายมีความสัมพันธ์กันด้วยดี (ดิถีและคณะ, 2532) ระบบประสาทจะแสดงการทำงานของรีเฟล็กซ์ในระหว่างที่ระบบประสาทยนต์ทำงานอย่างเต็มที่ (Zerh, 2006) หัวใจสำคัญของการเกิดปฏิกริยารีเฟล็กซ์ คือเป็นการควบคุมหน้าที่ของอวัยวะในร่างกาย โดยการควบคุมส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ sensory information ที่ส่งมาจากอวัยวะที่ควบคุมนั่นเอง (ดิถีและคณะ, 2532) ซึ่งปฏิกริยารีเฟล็กซ์มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวการควบคุมท่าทาง (McArdle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รีเฟล็กซ์จะแสดงออกโดยการปรากฏหรือการหยุดการทำงานบางอย่างของร่างกาย เช่นมีการหดตัวหรือคลายตัวของกล้ามเนื้อ ปฏิกริยารีเฟล็กซ์มีลักษณะเกิดขึ้นเร็วและการรับสนองมีลักษณะจำเพาะเป็นพิเศษ ต่อการกระตุ้นแต่ละอย่างไป ตัวอย่างเช่น การฉายแสงลงบนนัยน์ตาทำให้ม่านตาหดแคบ การหดแคบของม่านตานั้นมีประโยชน์เพราะป้องกันไม่ให้ลำแสงเข้านัยน์ตามากเกินไป การถอยเท้าหนีจากการกระตุ้นที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด ป้องกันผลของตัวกระตุ้นที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย (ดิถีและคณะ, 2532) การทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อหลายอย่างเป็นการควบคุมการทำงานด้วยวงจรรีเฟล็กซ์ (reflex arc) ในสันหลังและการควบคุมจากตำแหน่งอื่นในระบบประสาทส่วนกลาง การฝึกเป็นเวลาหลายร้อยชั่วโมงของการฝึกทักษะ เพื่อทำให้เกิดทักษะของระบบประสาทกล้ามเนื้อโดยอัตโนมัติ ซึ่งต้องการทั้งการควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจและนอกเหนืออำนาจจิตใจ แน่นอนการฝึกที่ไม่ถูกต้องสามารถนำการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่ได้ผลน้อย การฝึกที่สมบูรณ์แบบจะนำไปสู่การทำงานที่สมบูรณ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อด้วย (McArdle, 1996)

วงจรรีเฟล็ก (reflex arc)

ดิถีและคณะ (2532) กล่าวว่า วงจรรีเฟล็กอย่างง่าย ประกอบด้วย

1. Afferent limb ซึ่งประกอบด้วย ดังนี้

1.1 Receptor organ เป็นตัวรับการกระตุ้นให้พลังประสาทขึ้น

1.2 Afferent neuron (sensory neuron) ซึ่งให้ process นำพลังประสาทหรือสัญญาณประสาทความรู้สึกจากส่วนปลายที่เกิดขึ้นเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง ทาง posterior horn ของไขสันหลัง หรือทาง cranial nerve ตัว cell body ของ afferent neuron จะอยู่ใน posterior root ganglia หรือใน ganglia ที่คล้ายกันที่ cranial nerve

2. Center (nerve center) เป็นกลุ่มของ neurons ซึ่งทำงานร่วมกันในการทำให้เกิดปฏิกริยารีเฟล็กอันใดอันหนึ่ง หรือการทำหน้าที่พิเศษใดพิเศษอันหนึ่ง อยู่ใน gray matter ของ Central Nervous System (CNS) ประกอบด้วยตัวเซลล์ประสาทและ dendrites ของ efferent neuron และ junction (synapse) กับ central process ของ afferent neuron

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

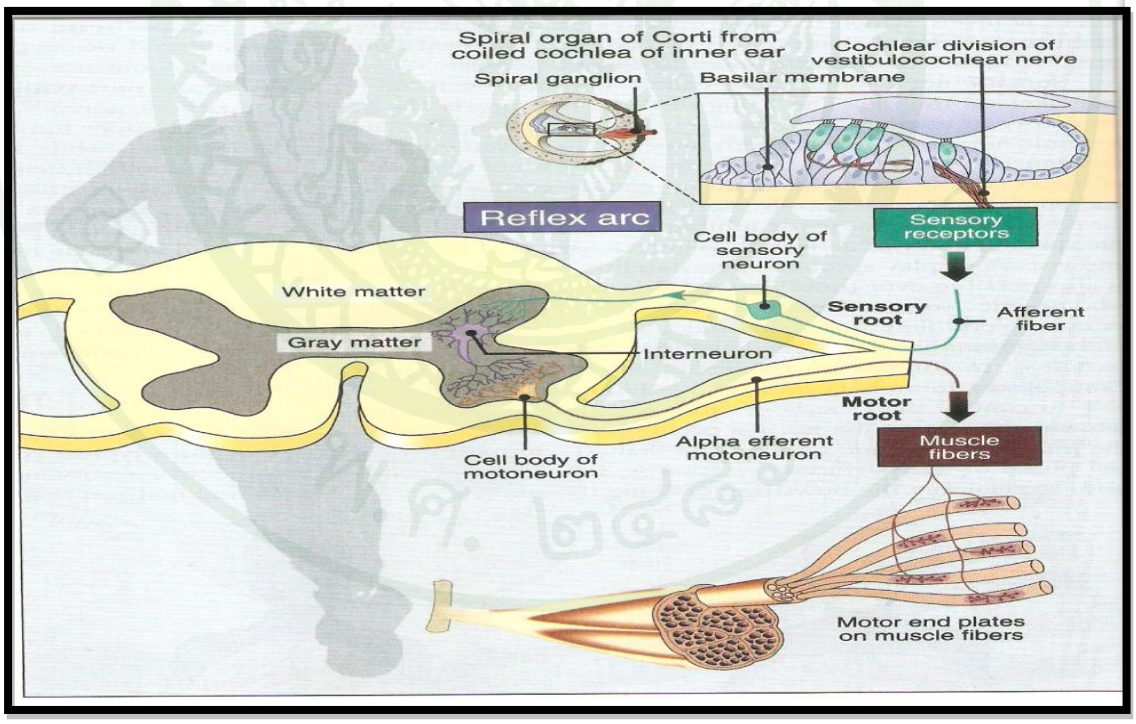
วงจรรีเฟล็กซ์ที่ง่ายที่สุดนั้น Afferent และ efferent limb ต่อกันโดยตรงใน center แต่ส่วนใหญ่ของวงจรรีเฟล็กซ์มักจะมีเซลล์ประสาทอีกหนึ่งตัวหรือมากกว่าคั่นอยู่ระหว่างกลาง เรียกว่า internuncial neuron

3. Efferent limb ประกอบด้วย motor neuron ซึ่งนำพลังประสาทจาก CNS ไปสู่ effector organ สำหรับ spinal reflex arc ,axon ของ effector neuron ออกจากไขสันหลังทาง anterior horn

Effector เป็นอวัยวะซึ่งแสดงปฏิกิริยาตอบสนองในการรับสนอง ซึ่งได้แก่

3.1 Skeletal muscle วงจรรีเฟล็กซที่มี effector organ เป็น skeletal muscle เรียกว่า somatic reflex arc เป็นกลไกทางสรรีวิทยาซึ่งร่างกายตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาวะแวดล้อม

3.2 Smooth muscle, heart muscle หรือ glandular tissue เรียกว่า autonomic reflex arc ทำหน้าที่สำหรับการจัดหรือปรับระดับการทำงานของอวัยวะภายในต่างๆ



ภาพที่ 2 แสดงวงจรรีเฟล็กซ์ (Reflex arc)

ที่มา : McArdle (1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนิดของรีเฟล็กซ์

รีเฟล็กซ์อาจแบ่งได้หลายแบบ

1. แบ่งตามจำนวน Synapse ในวงจรของรีเฟล็กซ์ แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.1 Monosynaptic reflex ประกอบด้วย synapse เพียงหนึ่งแห่ง ระหว่าง afferent และ efferent neuron วงจรแบบนี้เป็นแบบง่ายสุด เรียกว่า simple reflex arc

1.2 Polysynaptic reflex มี interneuron 1 ตัวหรือมากกว่าแทรกอยู่ระหว่าง afferent และ efferent neuron เรียกว่า polysynaptic reflex arc จำนวน synapse อาจมีตั้งแต่ 2 ไปถึงหลายร้อยตัว

2. แบ่งตามขอบเขตตำแหน่งไขสันหลังที่เกี่ยวข้องในวงจรรีเฟล็กซ์ แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

2.1 Segmental reflexes ได้แก่รีเฟล็กซ์ซึ่งวงจรผ่านไขสันหลังเพียงระดับเดียว เช่น patellar reflex (knee jerk)

2.2 Inter-segmental reflex มีส่วนของไขสันหลังมากกว่าหนึ่ง segment อยู่ในวงจร เช่น รีเฟล็กซ์จากการหยิกขาทางด้านหน้าของแมว ทำให้ขาด้านตรงข้ามงอ

2.3 Suprasegmentasl reflex พวกนี้ในวงจรรีเฟล็กซ์มีการทำงานร่วมกันระหว่าง neuclei ที่อยู่ในระดับเหนือไขสันหลังขึ้นไป ร่วมกับเซลล์ประสาทที่อยู่ระดับต่างๆของไขสันหลัง เช่น การเคลื่อนไหวของศีรษะทำให้มีการเหยียดขาออกไป ซึ่งปรากฏได้ชัดเจนใน spinal

3. แบ่งตามวิชาทางคลีนิก แบ่งออกเป็น

3.1 Superficial reflex ได้แก่รีเฟล็กที่เกิดจากการกระตุ้นที่ mucous membrane หรือที่ผิวหนัง คือรีเฟล็กซ์ จากส่วนผิวของร่างกาย ตัวอย่างเช่น cornea reflex ซึ่งมีการกระพริบตาเมื่อแตะที่ cornea หรือ plantar reflex เกิดการงอนิ้วเท้าเมื่อใช้ของขีดบนผ่าเท้า

3.2 Deep reflexes ได้แก่ stretch reflex มี extension ของกล้ามเนื้อจากการเคาะ tendon ของกล้ามเนื้อนั้น ตัวอย่างของรีเฟล็กซ์นี้ได้แก่ patellar reflex (knee jerk),triceps และ biceps reflexes

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 Visceral reflexes ได้แก่รีเฟล็กซ์ที่เกิดจากการกระตุ้นจากส่วนลึกของร่างกาย เช่น pupilary reflex ซึ่งมีการหดแคบของรูม่านตาเมื่อฉายแสงลง บนนัยน์ตา carotid sinus reflex เมื่อเพิ่มความดันใน carotid sinus ทำให้ความดันลดลง

3.4 Pathological reflexes เป็นรีเฟล็กที่เกิดขึ้นเฉพาะเมื่อมีความผิดปกติ เช่น Babinski reflex ซึ่งมีการแผ่ออกของนิ้วเท้า เมื่อใช้ของขีดบนผ่าเท้า รีเฟล้กซ์นี้อาจเกิดในคนซึ่งมี lesion ของ upper motor pathway ของไขสันหลัง อนึ่งรีเฟล็กซ์นี้เกิดขึ้นในเด็กปกติซึ่งมีอายุน้อยกว่า 8-9 เดือน

Stretch reflex

ดิถีและคณะ(2532) กล่าวว่า Stretch reflex เป็น monosynaptic reflex ชนิดเดียวในร่างกาย เมื่อกล้ามเนื้อลายถูกดึงยืด กล้ามเนื้อมัดนั้นจะหดตัวทันที ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Stretch reflex ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก (McArdle,1996) คือ

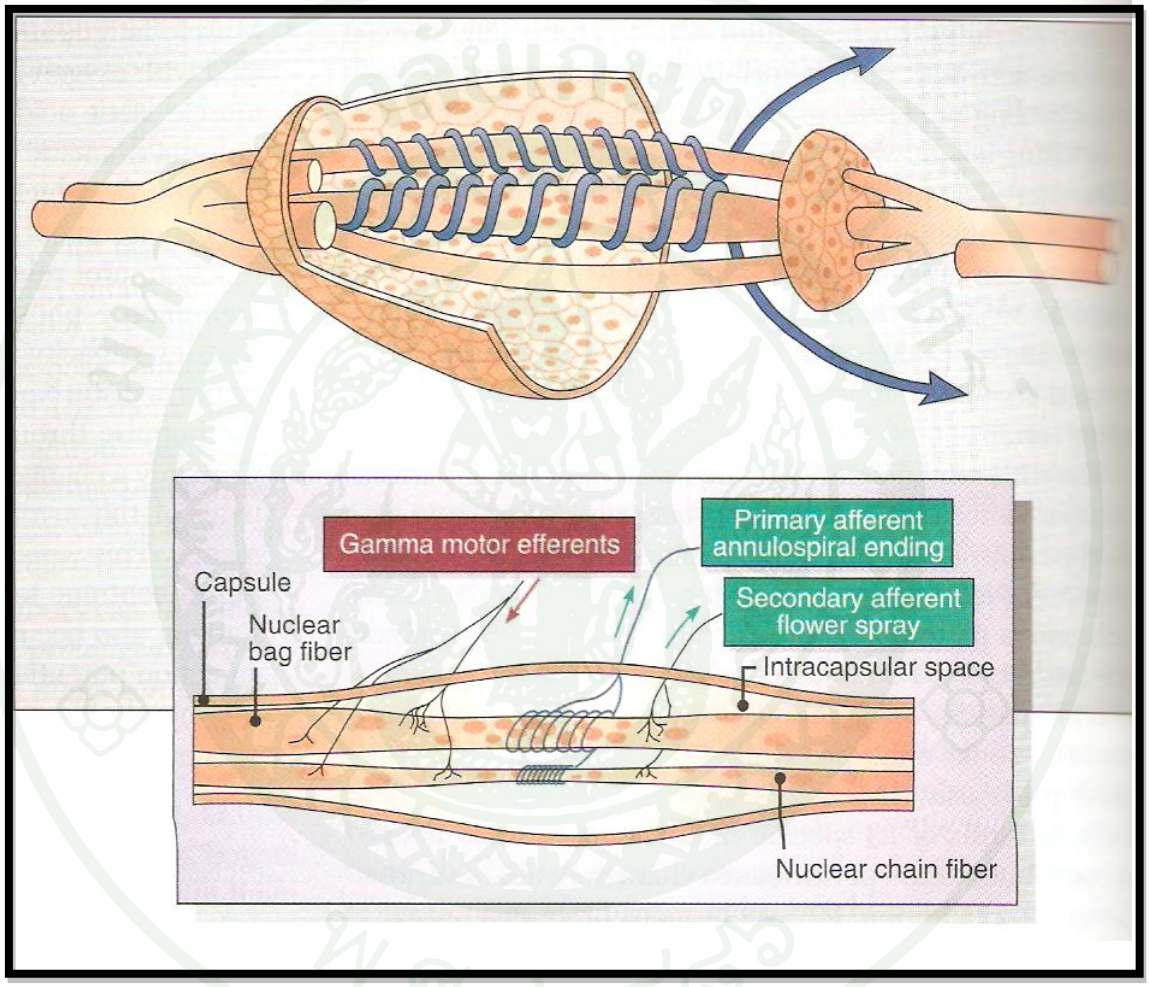
1. Muscle spindle เป็น receptor ซึ่งตอบสนองต่อการยืด
2. Afferent nerve fiber เป็นเส้นใยประสาทชนิดนำสัญญาณประสาทเร็วและ เป็นตัวนำสัญญาณประสาทจาก spindle ตรงไปยัง motor neuron ในไขสันหลัง ซึ่งควบคุมกล้ามเนื้อมัดนั้น
3. Efferent motoneuron ในไขสันหลังจะทำงานเพื่อยืดเส้นใยกล้ามเนื้อ

ตัวอย่างของ Stretch reflex ซึ่งใช้ประโยชน์ในทางคลีนิก ได้แก่ Patellar reflex (knee jerk) เคาะบริเวณ patellar tendon ทำให้มีการเหยียดของขาทันที เป็น stretch reflex ของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris การเคาะบน tendon จะทำให้ใยกล้ามเนื้อถูกยืด ถ้าดึงยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps เองโดยตรงจะเกิดการรับสนองแบบเดียวกัน Stretch reflex ยังอาจเกิดขึ้นได้กับกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ เกือบทั้งหมดของร่างกาย เช่นเคาะบน tendon ของกล้ามเนื้อ triceps brachii ทำให้เกิดการเหยียดของข้อศอกจากรีเฟล็กซ์ contraction ของกล้ามเนื้อ triceps เรียกว่า triceps jerk และ Achillies jerk เคาะบน achillies tendon ทำให้เกิด reflex contraction ของกล้ามเนื้อ gastrocnemius เกิด plantar flexion ของข้อเท้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Muscle spindle

Muscle spindle เป็นตัวจัดการข้อมูลของการรับความรู้สึกเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงความยาวและแรงตึงตัวของใยกล้ามเนื้อ โดยหน้าที่หลักคือตอบสนองต่อการยืดของกล้ามเนื้อและรีเฟล็กซ์ เพื่อทำให้กล้ามเนื้อหดตัว เพื่อลดแรงตึงตัวของกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างของ Muscle spindle

ที่มา : McArdle. *et al*. (1996)

Muscle spindle เป็นรูปทรงกระสวยและขนานไปตามแนวของใยกล้ามเนื้อหรือ extrafusal fibers เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดนั่นหมายความว่า muscle spindle ถูกยืดเช่นกัน จำนวนของ muscle spindle ในกล้ามเนื้อจะแตกต่างกันตามกลุ่มของกล้ามเนื้อ โดยพื้นฐานคือจำนวนของ muscle spindle จะมากในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องทำการเคลื่อนไหวแบบซับซ้อนมากกว่ากลุ่มที่ทำการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เคลื่อนไหวแบบหยาบ muscle spindle จะถูกปกคลุมด้วยเยื่อหุ้ม connective tissue เป็น capsule ที่เรียกว่า intrafusal fibers ซึ่ง intrafusal fiberในใยกล้ามเนื้อประกอบด้วย 2 ชนิด คือ

1. Nuclear bag fiber มีขนาดใหญ่ผิวเรียบ นิวเคลียร์ มีขาดใหญ่อยู่ตรงกลางตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเขา โดยทั่วไปจะมี 2 ถุง nuclear ต่อ muscle spindle

2. Nuclear chain fiber ประกอบด้วยหลายๆ นิวเคลียร์ตามความยาว เส้นใยจะยึดติดตามความยาวของ Nuclear bag fiber โดยปกติแล้วจะพบ 4-5 เส้นต่อ muscle spindle

Intrafusal fiber จะสิ้นสุดที่ actin และ myosin filaments ปลายทั้งสองข้างของ Intrafusal fiber จะยึดติดกับ tendon ของกล้ามเนื้อหรืออาจยึดกับด้านข้างของ Extrafusal fiber

Muscle spindle จะมีเส้นใยประสาทมาเลี้ยงแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ สองชนิด เป็นการรับสัญญาณความรู้สึก (sensory afferent) และอีกหนึ่งชนิดเป็นการส่งสัญญาณประสาทยนต์ (motor efferent) ดังนี้

1. เส้นใยประสาทรับสัญญาณความรู้สึก (sensory afferent) แบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 Annulospiral nerve fiber จะพันรอบส่วนกลางของ nuclear bag fiber ซึ่งตอบสนองโดยตรงต่อการถูกยืดของ muscle spindle ซึ่งความถี่ในการปล่อยสัญญาณเป็นไปตามแรงที่ถูกยืด

1.2 Flower-spray ending มีขนาดเล็ก อยู่บน nuclear chain fiber และยึดติดกับ nuclear bag fiber แต่ไวต่อการถูกยืดน้อยกว่า annulospiral nerve fiber

การกระตุ้น annulospiral nerve fiber และ flower-spray ending ส่งผ่านไปยัง Dorsal root เข้าสู่ไขสันหลัง เกิดการทำงานของรีเฟล็กซ์ของ motoneurons ไปยังกล้ามเนื้อที่ถูกยืด ซึ่งเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อหดตัวด้วยแรงเต็มที่ในระยะเวลาที่สั้น และกลับสู่สภาพเดิมเพื่อลดการกระตุ้นจาก muscle spindle

2. เส้นใยประสาทในการส่งสัญญาณประสาทยนต์ (motor efferent) ควบคุมการทำงานของ กล้ามเนื้อ มีลักษณะผอม เรียกว่า gamma efferent fibers เลี้ยงเนื้อเยื่อเกี่ยวพันตามลายของ intrafusal fiber ทำให้เกิดการหดตัวของ intrafusal fiber

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Intrafusal fiber จะถูกกระตุ้นจากศูนย์ควบคุมส่วนสูงในสมอง เพื่อให้เกิดกลไกสำหรับควบคุมการรับความรู้สึกที่เหมาะสมของ muscle spindle ตามความยาวของกล้ามเนื้อ gamma efferent fiber กระตุ้นการทำงานของ Intrafusal fiber ด้วยเหตุนี้การจัดระเบียบความยาวและการป้องกันความยาวที่มากเกินไปจากการรับความรู้สึกด้วยตัวของมันเอง ซึ่งกลไกลนี้จะถูกเตรียมรับโดย muscle spindle สำหรับการทำงานทุกความยาวที่อาจจะเกิดขึ้น ด้วยการหดสั้นของกล้ามเนื้อเข้าด้วยตัวของมันเอง การปรับสิ่งเหล่านี้ใน gamma efferent fiber เพื่อควบคุมการทำงานของ muscle spindle อย่างต่อเนื่อง ให้ควบคุมความยาวของกล้ามเนื้อขณะทำการเปลี่ยนตำแหน่ง (McArdle *et al.*, 1996)

หน้าที่อย่างมีนัยสำคัญของ muscle spindle คือความสามารถในการตรวจจับ ตอบสนองและปรับเปลี่ยนตามความยาวของ extrafusal muscle fiber ด้วยเหตุนี้จึงมีความสำคัญในการเคลื่อนไหวทั่วไปและการควบคุมท่าทาง (posture) ท่าทางของกล้ามเนื้อ เกิดจากการส่งสัญญาณประสาทเข้าสู่ระบบประสาทอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจซึ่งต้องทำอย่างสม่ำเสมอ เช่นการควบคุมท่าทางในท่ายืนตรงเพื่อต้านแรงดึงดูดของโลก ซึ่ง stretch reflex ก็เป็นตัวควบคุมกลไกการทำงานนี้ (McArdle *et al.*, 1996)

ดิถีและคณะ (2532) กล่าวว่าเมื่อกล้ามเนื้อถูกยืด muscle spindle ก็จะถูกยืดตามไปด้วย primary endings จะถูกบิด secondary endings จะถูกยืดออก และเกิดการเปลี่ยนแปลงในศักดิ์ไฟฟ้าขึ้นที่ปลายประสาท เรียกว่า receptor potential ซึ่งทำให้เกิด action potential ขึ้นใน afferent fiber ขึ้นไปยัง motor neuron (α motor neuron) ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อ ปฏิกิริยานี้เป็นกลไกรีเฟล็กซ์

การกระตุ้น gamma efferent system จะทำให้ intrafusal fiber หดสั้นขึ้น ทำให้ดึงรั้ง nuclear bag ของ spindle ทำให้ annulosprial ending ถูกบิด และเกิดพลังประสาทขึ้นในเส้นใยประสาทรับสัมผัสชนิด Ia ซึ่งทำให้เกิดการหดตัวเป็นปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ขึ้น ฉะนั้นกล้ามเนื้อจะถูกกระตุ้นให้หดตัวได้ทั้งจาก α motor neuron หรือ gamma efferent neuron

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถ้ามีการดึงยืดใยกล้ามเนื้อพร้อมๆไปกับการกระตุ้น gamma efferent neuron การเกิดสัญญาณประสาทไปที่ตัวรับที่ปลายประสาทชนิด Ia จะเพิ่มขึ้น gamma efferent discharge จะเพิ่มความไวของ spindle ต่อการดึงยืด

Golgi tendon organ อยู่ที่รอยต่อกล้ามเนื้อและเอ็น โดยเรียงเป็นอนุกรมกับใยกล้ามเนื้อโครงร่าง (extrafusal muscle) สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงความตึง (tention) ของกล้ามเนื้อขณะดึงยืดหรือขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว ประสาทที่มาเลี้ยง tendon organ คือ Ib afferent fiber(ดิถีและคณะ ,2532) ทำหน้าที่เป็น tension sensor ถูกกระตุ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีความตึงมากขึ้น ทั้งจากการยืดและการหดของกล้ามเนื้อและส่งสัญญาณประสาทไปตาม Ib afferent fiber เพื่อกระตุ้น Inhibitory interneuron ให้ไปยับยั้ง alpha motoneuron ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว (กมลวรรณและชัยเลิศ, 2548)

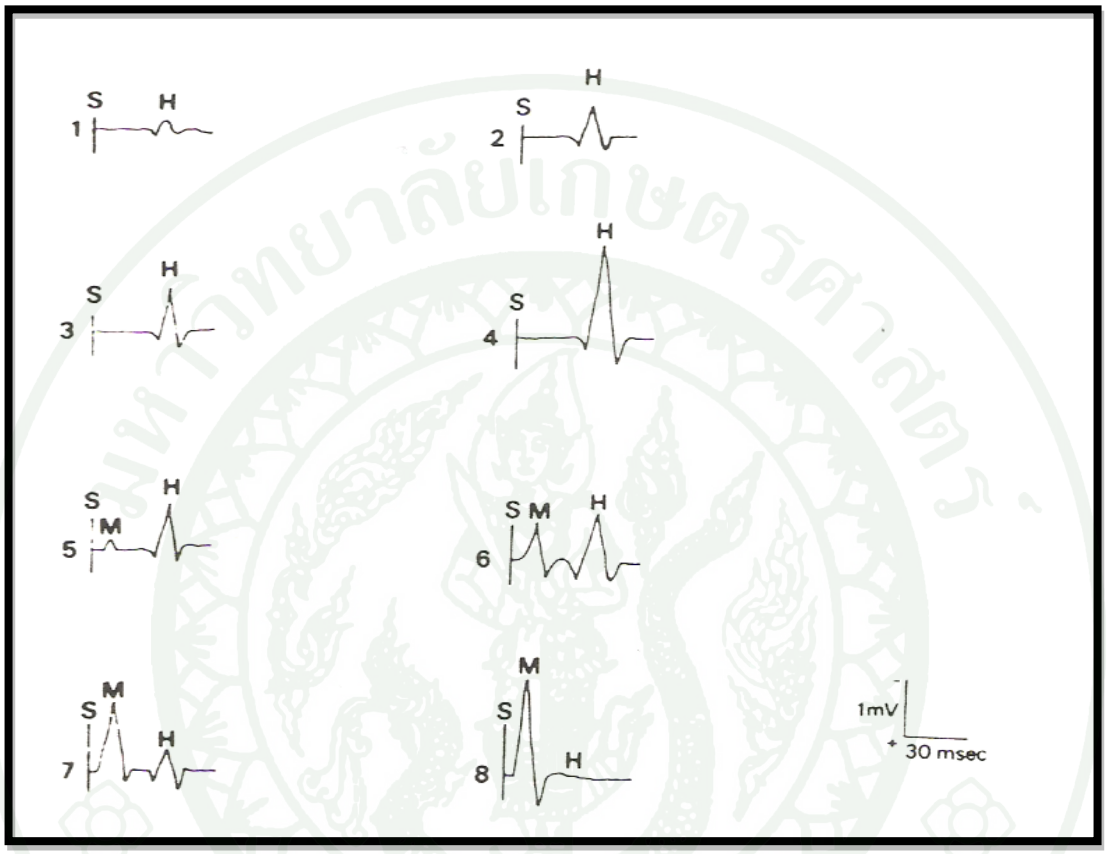
H reflex

เฮช-รีเฟล็กซ์ (Hoffmann (H) reflex) เป็นการพิจารณาการนำสัญญาณไฟฟ้าของ Stretch reflex ผ่านทาง gamma motorneurons ของ muscle spindle (Zehr, 2002) การกระตุ้น H reflex เป็นการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านไปยังไขสันหลังโดยชื่อของรีเฟล็กซ์คือ Hoffman ซึ่งตั้งตามผู้ที่เริ่มต้นการอธิบายถึงรีเฟล็กซ์นี้ในปี 1918 ซึ่งอธิบายไว้ว่าการตอบสนองของรีเฟล็กซ์ที่กล้ามเนื้อน่อง (calf muscle) ทำได้ด้วยการกระตุ้นที่เส้นประสาท posterior tibial กระแสไฟฟ้าจะกระตุ้น monosynaptic reflex ของไขสันหลัง ซึ่งเป็นเส้นทางของ mucscle spindle ของกลไกลการเหนี่ยวนำของ stretch reflex เป็นการวัดโดยทางอ้อมจาก spindle sensivity ซึ่งควบคุมโดย gamma motor sytem และเปรียบเทียบความไวในการนำสัญญาณ (latency) ถึงรีเฟล็กซ์ Achilles (Michael, 2005; Zehr, 2002)

Zehr (2002) กล่าวว่าเทคนิคการกระตุ้น H reflex ด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นการกระตุ้นทั้ง motor และ sensory axon ของเส้นประสาทส่วนปลาย โดยเป็นการกระตุ้นทั้ง afferent sensory จากจุดที่กระตุ้นไปยังสันหลัง และ efferent motor จาก alpha motoneurons ในไขสันหลังไปยัง neuromuscular junction ซึ่งเริ่มจากจุดที่กระตุ้นไปยัง neuromuscular junctipon แสดงออกมาในรูปของ M wave เมื่อทำการเพิ่มความแรงของการกระตุ้นจะเป็นการกระตุ้น Ia effefferents ซึ่งเลี้ยง sensory receptor ของ muscle spindle เนื่องจากเป็นเส้นประสาทที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

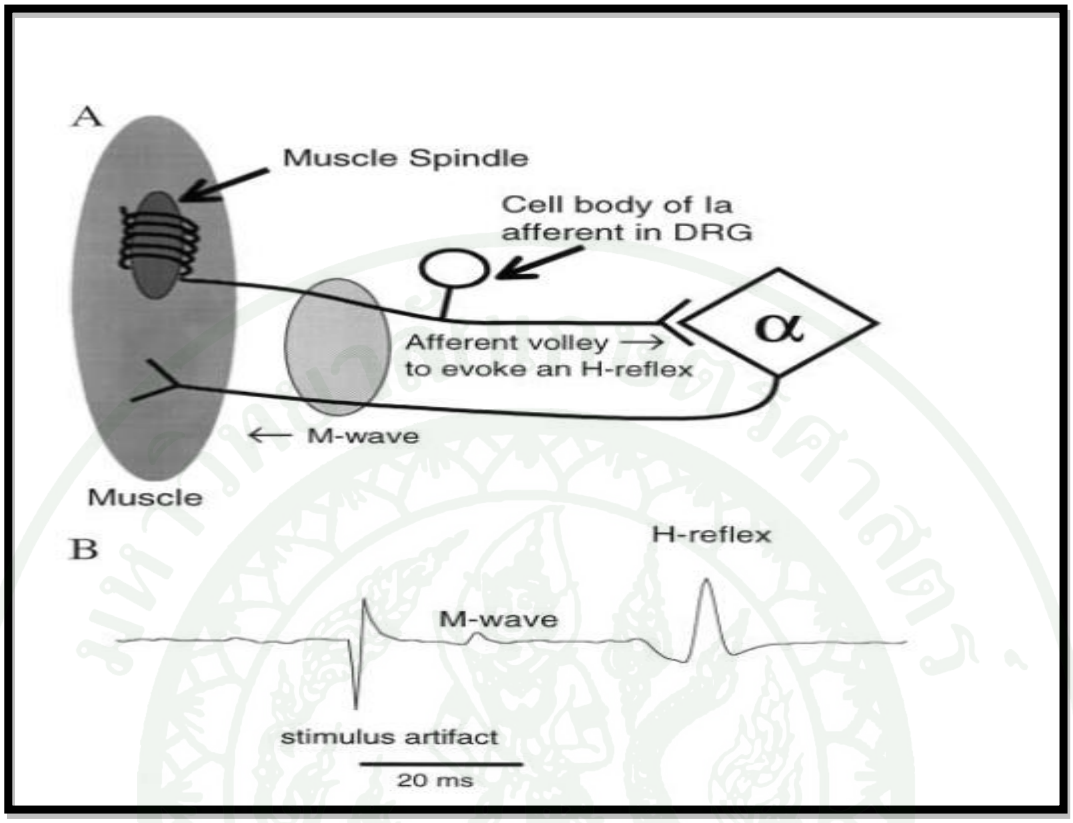
จะเกิดการสั่งการก่อน motor axon ซึ่งมีขนาดเล็ก (Erlanger and Gasser,1968; Kukulka ,1992; Bak,1976) โดยสามารถพิจารณา H reflex ร่วมกับ M wave หรือไม่ก็ได้ การบันทึกค่า H reflex ด้วยการกระตุ้นด้วยความแรงของกระแสไฟฟ้าที่ระดับสูงกว่า threshold ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงผลของความแรงในการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าต่อ H reflex
ที่มา : Rajesh (1989)

สำหรับการกระตุ้น Ia afferents และ afferent terminals เพื่อให้เกิด depolarization ที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการหลั่งสารสื่อประสาทที่ Ia afferents กับ alpha motoneuron synape การหลั่งสารสื่อประสาทที่เพียงพอจาก primary afferent terminal จะเป็นผลให้เกิด postsynaptic depolarization ของ alpha motoneurons ถ้า postsynaptic depolarization สูงกว่าระดับ threshold จะทำให้ alpha motoneuron เกิด action potential และทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาทที่ neuromuscular junction เป็นผลให้เกิด depolarizationและเกิดการหดตัวของใยกล้ามเนื้อดังภาพที่ 5

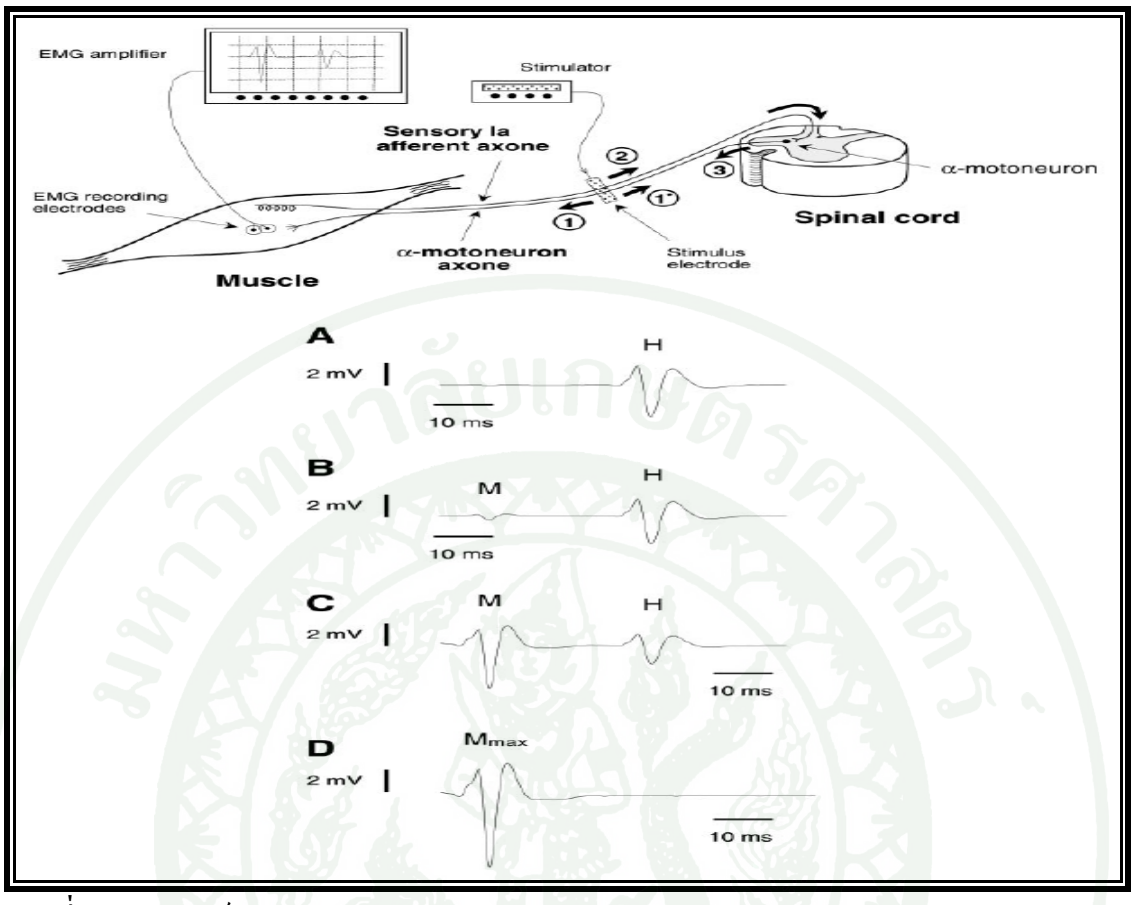
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 แสดงองค์ประกอบการทำงานของไขสันหลังแบบ monosynaptic ของ H reflex
ที่มา : Zehr (2002)

การบันทึก H reflex ของระยางค์ส่วนล่างจะทำการบันทึกจากล้ามเนื้อ soleus หลังจากการกระตุ้นที่เส้นประสาท tibial (Kimula, 1989; Rajesh, 1989; Zehr, 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 แสดงองค์ประกอบ H reflex

ที่มา : Aagaard. *et al,* (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการฝึกซ้อมกับเฮช-รีเฟล็กซ์

ความสนใจในการประเมินการปรับตัวของระบบประสาทของมนุษย์ต่อการตอบสนองต่อการฝึกด้วยการออกกำลังกายหรือแบบอื่นๆ ซึ่งมีการวิจัยที่หลากหลายที่สนใจเกี่ยวกับการทำงานของ spinal reflex ในมนุษย์ก่อนและหลังการได้รับการฝึก โดยเส้นทางของรีเฟล็กซ์ได้รับการประเมินโดยฮ็อฟแมนรีเฟล็กซ์ (Hoffmam หรือ H reflex) สำหรับการกระตุ้นในกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการประเมินนั้นมีผลต่อการแปลความหมาย ประโยชน์ของ H reflex ต่อการศึกษาการปรับตัวของระบบประสาทมนุษย์ยังมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องและวิธีการในการตรวจต้องควบคุมความแม่นยำเพื่อการแปลผลที่ถูกต้อง (Zehr,2002)

Zehr (2006) ได้ศึกษาถึงงานวิจัยของการฝึกที่จะนำไปสู่การปรับตัวของ somatosensory reflex pathways ของมนุษย์ ในการปรับตัวของกล้ามเนื้อและ cutaneous afferent reflex pathway ซึ่งเกิดจากการฝึกและการฟื้นฟู ซึ่งพบถึงความก้าวหน้าทั้งในรูปแบบของพฤติกรรมและการทำหน้าที่ที่สัมพันธ์กันทุกเงื่อนไข และ reflex pathway ภายใต้การศึกษาที่พิจารณาถึงการประเมินทั้งการปรับตัวและการเปลี่ยนแปลง โดยหลักสำคัญแล้วเพื่อที่จะพิจารณา acute task dependent reflex เพราะว่าระบบประสาทจะทำให้เกิดการทำงานของรีเฟล็กซ์ ระหว่างที่มีการระดมการทำงานของระบบประสาทยนต์อย่างหนัก (motor task) และประเมินการปรับตัวจากการฝึก ซึ่งจะกระตุ้นภายใต้เงื่อนไขเดียวกันเช่นเดียวกับการฝึกภายใต้การทำหน้าที่ภายในการศึกษาในทิศทางเช่นเดียวกัน ภายในการทำงาน ในเงื่อนไขของเหตุการณ์เพื่อจะรองรับการปรับตัวของ muscle afferent pathways จากรูปแบบของเงื่อนไข การฝึกความแข็งแรง การฝึกทักษะ และการฝึกการเคลื่อนไหวหรือฝึกซ้ำ การเปรียบเทียบเหตุการณ์ cutaneous afferent reflex pathway จะขาดหายไปจากการฝึกเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามการทำกิจกรรมที่เป็นอิสระจากกันใน cutaneous reflex pathways เป็นตัวสนับสนุนรายละเอียดในการฟื้นฟูระบบประสาทซึ่งช่วงการปรับตัวของ muscle afferent reflex pathway จะเกิดขึ้นทั้งสองทิศทางคือทั้งมี amplitude เพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งอยู่ระหว่าง 25-50 % โดยการปรับตัวของ cutaneous pathway ในปัจจุบันนั้นยังไม่แน่นอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jane (2006) ได้ทำการศึกษาการกระตุ้นวงจรของ soleus reflex ระหว่างการออกกำลังกายแบบยืดและหดสั้นแบบหนัก (intensive stretch-shortenicng cycle exercise) ในนักกีฬา 2 กลุ่ม ที่ทำฝึกพลังกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปกีฬาหลายชนิดที่ต้องใช้แรงระเบิด (explosive) ของกล้ามเนื้อเหยียดขาจะได้รับการกระแทกที่สูง ดังนั้นความต้องการของระบบประสาทกล้ามเนื้อในการพัฒนาที่เพียงพอในระยางค์ส่วนล่างเพื่อทนต่อแรงกระแทกที่สูงนั้น ดังนั้นจึงต้องทำการวัดการปรับตัวของ reflex ในระหว่างการทำกิจกรรมที่มีแรงกระแทกสูง และในกีฬาที่ต่างชนิดกัน ในการทดลอง H reflex และความเร็วของการรู้สึก relex ระยะสั้น เป็นการวัดในการออกกำลังกายแบบกระโดด (drop jump) ระหว่างการกระโดดสูง (hingh jumpers) และวิ่งเร็ว (sprint) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ peak – to – peak amplituds ของ reflex ทั้งใน H reflex และความเร็วของการรู้สึก relex ระยะสั้นลดลงอย่างมีในสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการออกกำลังกายแบบวิ่งเร็ว ในกลุ่มตัวอย่างเดียวกันพบว่ามีการเพิ่มชั้นของ serum creatine kinase (CK) หลังการกระโดด 2 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการกระโดดสูง (high jumpers) จากผลการวิจัยที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนของการปรับตัวของระบบประสาทของนักกีฬา 2 กลุ่ม การลดลงของการรับรู้ความรู้สึก H reflex และการเพิ่มชั้นของ CK ในการออกกำลังกายแบบวิ่งเร็วเป็นการแสดงให้เห็นถึงการยับยั้ง presynaptic มีสัมพันธ์กับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ ดังนั้นการฝึกด้วยการกระโดดสูงซึ่งทำให้เกิดการกระแทกที่สูงเป็นสิ่งที่คาดการได้ว่าจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเป็นการป้องกันการปรับตัวของของรีเฟล็กซ์จากการฝึก

Zehr (2007) ทำการศึกษาถึงการปั่นจักรยานขาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง amplitude ของ H reflex และการกระตุ้น corticospinal tract ซึ่งกล่าวว่าการปั่นจักรยานแขนได้ยับยั้ง H reflex ทั้งในกล้ามเนื้อแขนและขา และลดการกระตุ้น corticospinal tract ในกล้ามเนื้อกลุ่มงอแขนส่วนล่าง การปั่นจักรยานของขาจะปรับเปลี่ยนการกระตุ้นของแขนอย่างไร เขาจึงทำการศึกษาการเคลื่อนไหวของขาที่เป็นจังหวะในการเปลี่ยนแปลงของรีเฟล็กซ์ในกลุ่มที่ 1 และ การส่งผ่านสัญญาณของ corticospinal ไปยังกล้ามเนื้อแขน ในกลุ่มที่ 1 ทำการบันทึกกราฟของ H reflex ของกล้ามเนื้อ Flexor carpi radialis (FCR) ในขณะที่ขาอยู่นิ่ง และระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวของขณะที่มีการหดตัวของ FCR และผ่อนคลาย ซึ่งผลของการเคลื่อนไหวอย่างเป็นจังหวะของขาได้ทำการยับยั้ง reflex ของ FCR ทั้งขณะที่มีการหดตัวของ FCR และผ่อนคลาย แต่ผลไม่ได้เป็นอิสระต่อกัน ในกลุ่มที่ 2 เขาได้ใช้การกระตุ้นด้วยการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Transcranial magnetic stimulation,TMS) ในการกระตุ้นระบบประสาทยนต์ (motor evoked potential) ในขณะที่มีการหดตัวของ FCR และผ่อนคลาย ระหว่างที่ขาอยู่นิ่งและขณะปั่นจักรยานอย่างเป็นจังหวะ โดยการใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

TMS ในระดับ sub-threshold เพื่อใช้กระตุ้น H reflex เพื่อพิจารณาการส่งสัญญาณการกระตุ้น cortical ในระหว่างที่ขาปั่นจักรยาน พบว่าทั้งในขณะพักและหดตัวของกล้ามเนื้อแขนพบว่าการกระตุ้น corticospinal tract มีสูงมากกว่าขณะพัก ขนาดของ H reflex ขณะที่กระตุ้นด้วย TMS คล้ายคลึงกันในระหว่างที่ปั่นจักรยานและหยุดนิ่ง ซึ่งเป็นความสำคัญขององค์ประกอบของ sub-cortical ในการกระตุ้น corticospinal ผลที่แตกต่างกันของการนำสัญญาณขาเข้าและขาออกของแขนในระหว่างทำการปั่นจักรยานเกิดจากแนวความคิดที่ยังไม่ครอบคลุม แต่มีนัยสำคัญในการเชื่อมต่อของระบบประสาทระหว่างแขนและขาในขณะที่มีการเคลื่อนไหว

Cronin et *al.* (2009) ศึกษาถึงผลของการเดินเป็นเวลานานในระบบประสาทและการตอบสนองต่อการยืดในกล้ามเนื้อ soleus ซึ่งหลังการทำการยืดซ้ำๆ ในเอ็นกล้ามเนื้อ soleus เพื่อให้เกิดการคลายตัวของเอ็นกล้ามเนื้อ ในระหว่างการเคลื่อนไหว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอย่างมีความสำคัญอย่างเป็นลำดับขั้นของระบบประสาทและกลไกการตอบสนองต่อการยืด โดยศึกษาถึงการเดินสลับกลับพักเป็นเวลา 75 นาที ในผู้ที่มีสุขภาพดีเดินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงด้วยการยืดด้วยเครื่องยืดที่ขาซ้าย ทำการวัดความยาวของใยกล้ามเนื้อ soleus ด้วยเครื่อง Ultrasonography และวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ soleus และ tibialis anterior โดยทำการวัดที่แตกต่างกันคือ ก่อนการเดิน หลังการเดิน 30 นาที ด้วยการเดินที่ความชัน 3% พบว่า amplitude และความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อลดลงทั้งคู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.001$ คือ amplitude ลดลง 46 % และความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อลดลง 59% หลังสิ้นสุดการทดสอบพบว่าค่า amplitude และความเร็วในการยืดกล้ามเนื้อกลับเข้าสู่ค่าเดิมในการตรวจวัดก่อนการออกกำลังด้วยการเดิน พบว่าการยืดซ้ำและการหดสั้นของเอ็นกล้ามเนื้อสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อของเอ็นกล้ามเนื้อในระหว่างที่ทำการเดินได้ ซึ่งจากข้อมูลนี้เป็นผลที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทย้อนกลับจากการส่งสัญญาณความรู้สึกของกล้ามเนื้อ

Ishikawa and Komi (2007) ได้ทำการศึกษาถึงบทบาทของ stretch reflex ในกล้ามเนื้อ gastrocnemius ระหว่างการเคลื่อนไหวในความเร็วที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้ความยาวของใยกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ประเมินได้จาก หลากหลายระดับ ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 8 คนทำการวิ่งที่ความเร็ว 2.0, 3.5, 5.0 และ 6.5 เมตร/วินาที ทำการวัดความยาวของกล้ามเนื้อด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ทำการวิเคราะห์ amplitude และ onset latency ของ short-latency stretch reflex เพื่อวิเคราะห์ผล ในระหว่างเท้าสัมผัสพื้น คือทันทีทันใดที่กล้ามเนื้อ gastrocnemius ถูกยืดในระหว่างที่ทำการวิ่งทุกความเร็ว ซึ่งทำตามการหดสั้นของใยกล้ามเนื้อ ระยะเวลาในการยืดขึ้นกับความเร็วใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิ่งและลักษณะที่เท้าสัมผัสพื้น ในความเร็วที่ต่ำคือ 2.0, 3.5 และ 5.5 เมตร/วินาที เส้นใยกล้ามเนื้อ gastrocnemius ที่ถูกยืดและตอบสนองต่อ short-latency stretch reflex จะเกิดขึ้นในช่วงกลางของช่วงการหยุด ในการวิ่งด้วยความเร็ว 6.5 เมตร/วินาที เส้นใย gastrocnemius จะถูกยืดน้อยกว่าการวิ่งที่ความเร็วต่ำ การตอบสนองที่ต่อ short-latency stretch reflex อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติช้ากว่าในระยะสุดท้ายในการหยุดวิ่ง

Aaagarrd et *al.* (2002) พบว่าการเพิ่มการตอบสนองของเฮช-รีเฟล็กซ์ ขณะกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุดหลังการฝึกด้วยแรงต้าน เกิดร่วมกันระหว่างการเพิ่มการส่งสัญญาณของ motorneuron โดยการฝึกด้วยแรงต้าน ประกอบด้วยการปรับตัวในระดับเหนือไขสันหลังและในระดับไขสันหลัง ซึ่งเพิ่มการสั่งการของประสาทยนต์ส่วนกลาง และลดการยับยั้ง presynaptic

จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าการยืดซ้ำและการหดสั้นของเอ็นกล้ามเนื้อสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อของเอ็นกล้ามเนื้อในระหว่างที่ทำการเดินได้ ซึ่งจากข้อมูลนี้เป็นผลที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงระบบประสาทย้อนกลับ จากการส่งสัญญาณความรู้สึกของกล้ามเนื้อ (Croninet *et al.,* 2009) และความยาวของกล้ามเนื้อผลต่อ short-latency stretch reflex โดยการหดสั้นของใยกล้ามเนื้อ ระยะเวลาในการยืดขึ้นกับความเร็วในการวิ่งและลักษณะที่เท้าสัมผัสพื้น พบว่า เส้นใย gastrocnemius จะถูกยืดน้อยกว่าการวิ่งที่ความเร็วต่ำ การตอบสนองที่ต่อ short-latency stretch reflex อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติช้ากว่าในระยะสุดท้ายในการหยุดวิ่ง (Ishikawa *et al .,* 2009) และการทำกิจกรรมที่เป็นอิสระจากกันใน cutaneous reflex pathways เป็นตัวสนับสนุนรายละเอียดในการฟื้นฟูระบบประสาทซึ่งช่วงการปรับตัวของ muscle afferent reflex pathway จะเกิดขึ้นทั้งสองทิศทางคือทั้งมี amplitude เพิ่มขึ้นและลดลง ซึ่งอยู่ระหว่าง 25-50 % โดยการปรับตัวของ cutaneous pathway ในปัจจุบันนั้นยังไม่แน่นอน (Zehr , 2006) ความสมดุลย์ของรีเฟล็กสามารถส่งผลถึงศักยภาพของการเคลื่อนไหวเพื่อก่อให้เกิดทักษะและประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งกีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการวิ่งเร็วตลอดการแข่งขันและต้องใช้สมรรถภาพด้านความอดทน สำหรับการศึกษาถึงผลของการฝึก ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กและสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอล น่าจะช่วยในการส่งเสริมการพัฒนากีฬานี้ในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. ลู่วิ่ง 20 เมตร
4. กรวยยาง 3 อัน เพื่อนกำหนดจุด มีระยะห่าง 20 เมตร และ 2.5 เมตร
5. เทปวัดระยะทาง
6. แผ่น CD สัญญาณเสียงการทดสอบ
7. เครื่องตรวจกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า (EMG) ยี่ห้อ Medelec ประเทศ อังกฤษ
8. ใบบันทึกผล

วิธีการ

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 32 คน มีลักษณะดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. นักกีฬาฟุตซอลชาย อยู่ในช่วงเก็บตัวนักกีฬาซึ่งไม่ได้ทำการแข่งขัน
2. อายุระหว่าง 14-18 ปี
3. เป็นนักกีฬาฟุตซอล โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา
4. ไม่เคยมีประวัติการผ่าตัดบริเวณ หลัง ข้อเข่าหรือระยางค์ส่วนล่างมาก่อน
6. ไม่เคยมีประวัติชาและกล้ามเนื้ออ่อนแรงบริเวณระยางค์ส่วนล่าง
7. ไม่เคยมีประวัติปวดหลังและขา

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

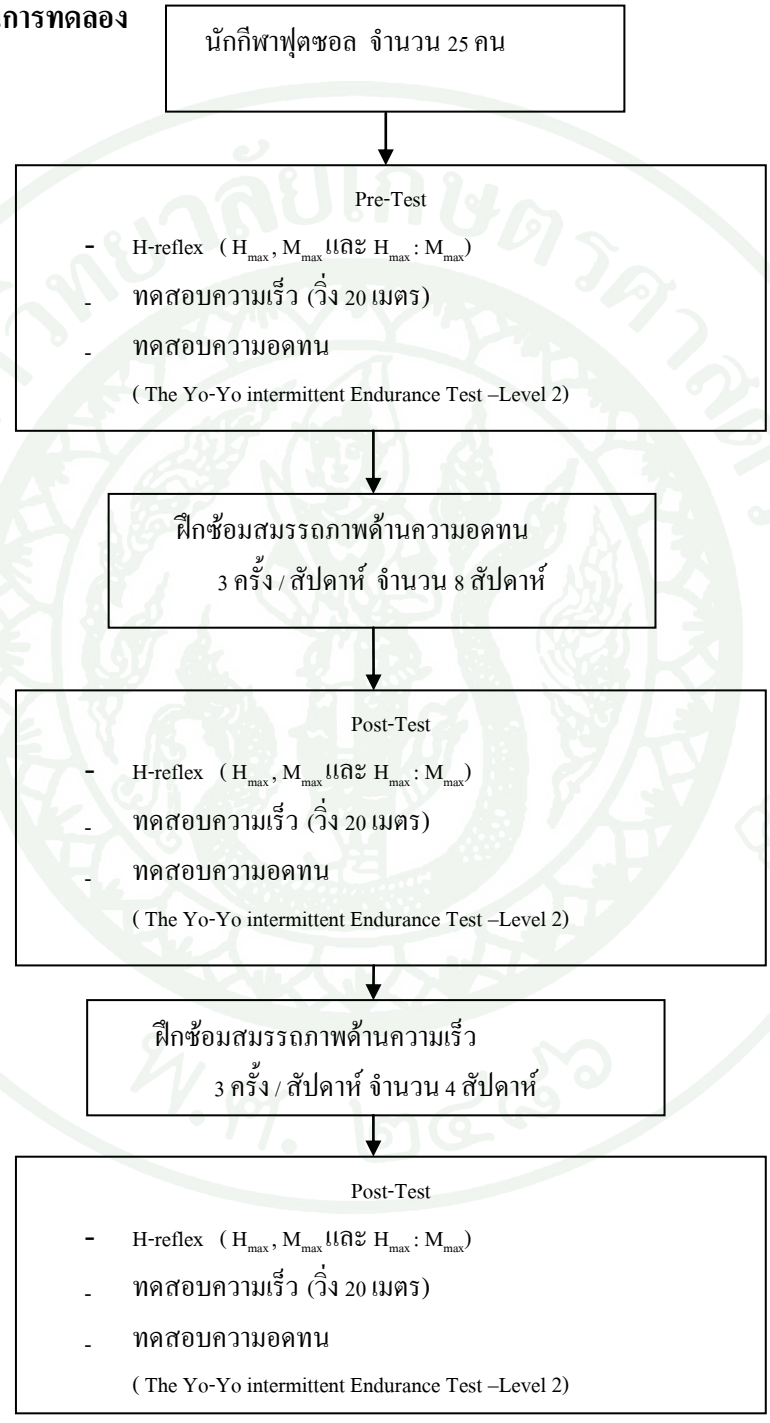
1. มีประวัติการผ่าตัดบริเวณข้อเข่าหรือระยางค์ส่วนล่างมาก่อน
2. มีประวัติชาและกล้ามเนื้ออ่อนแรงบริเวณระยางค์ส่วนล่าง
3. เคยมีประวัติปวดหลังและขา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้มาจากประชากรข้างต้นด้วยการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) จำนวน 25 คน

ขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการทดลองในกลุ่มนักกีฬาฟุตซอล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน
2. โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการจากเอกสาร ตำรา งานวิจัย วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2. จัดเตรียมอุปกรณ์และสถานที่ที่จะใช้ในงานวิจัย

3. กลุ่มตัวอย่างทุกคน ลงนามในใบยินยอมด้วยความสมัครใจในการทำงานวิจัยในมนุษย์ ได้รับการอธิบายและคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยละเอียด และมีความเข้าใจอย่างดี รวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

4. ก่อนทำการฝึกกลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้ทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ทำการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) (ตามภาคผนวก ซ) ทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตร และทดสอบความอดทน (ตามภาคผนวก ฉ) ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test – Level 2 (ตามภาคผนวก ช)

5. กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน (ตามภาคผนวก ค) จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

8. หลังจากเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนกลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้รับการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max})ทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตร และทดสอบความอดทน ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว (ตามภาคผนวก ค) จำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังสิ้นสุด โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว กลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้รับการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตรและทดสอบความอดทน ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 หลังจากเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วภายหลังการฝึกซ้อมเป็นเวลา 12 สัปดาห์

10. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง

2. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) บันทึกค่าที่ได้ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบความอดทน ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 บันทึกค่าที่ได้ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง บันทึกระยะทางที่วิ่งได้เป็นเมตร

4. กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตร บันทึกค่าที่ได้ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง เวลาเป็นวินาทีและทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง

2. คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ใช้วิเคราะห์เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ความเร็วและความอดทนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (mean) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ใช้วิเคราะห์เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ความเร็วและความอดทน ภายในกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One- way analysis of variance with repeated measures) โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หากพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธีของ Turkey

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพด้านความอดทนกับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วแก่นักกีฬาฟุตซอล

2. เพื่อทราบผลของโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพด้านความอดทนกับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วแก่นักกีฬาฟุตซอลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท

3. ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโปรแกรมการสมรรถภาพด้านความอดทนกับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถานที่บริเวณโรงยิมฝึกซ้อมนักกีฬา โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา ระยะเวลาในการทำวิจัย ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2554 – เดือนสิงหาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากประชากรด้วยการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย (Simple random sampling) จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนลงนามในใบยินยอมด้วยความสมัครใจในการทำงานวิจัยในมนุษย์ ได้รับการอธิบายและคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยละเอียด และมีความเข้าใจอย่างดี รวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นผู้ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) และเกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ของการวิจัย ทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง ทำการทดสอบเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ทดสอบความเร็วด้วยการวิ่ง 20 เมตรและทดสอบความอดทน ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ จำนวน 8 สัปดาห์ หลังจากการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ทดสอบความเร็วด้วยการวิ่ง 20 เมตรและทำการทดสอบความอดทนด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 เป็นครั้งสุดท้าย จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ จำนวน 4 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น
4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตอนที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และการผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Turkey ของค่าเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) สมรรถภาพด้านความอดทน และ สมรรถภาพด้านความเร็ว ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตอนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง เพศชาย จำนวน 25 คน

ลักษณะทางกายภาพ	$\overline{x}$ ± S.E.
อายุ (ปี)	15.84 ± 0.33
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	51.84 ±1.61
ส่วนสูง (เมตร)	1.64 ± 0.02
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	19.15 ± 0.40

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงของลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาฟุตซอลชายโรงเรียนกีฬานครนนวิทยา 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./$ม^2$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 0.40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และH_{max} : M_{max}) ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว ก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

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

จากตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

พบว่าก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและความเร็ว ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ H_{max} ก่อนการฝึกคือ 0.62$\pm$ 0.08 ไมโครโวลต์ จากนั้นพบว่าสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นเป็น 1.60 $\pm$ 0.51 ไมโครโวลต์ และในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 0.53 $\pm$ 0.07 ไมโครโวลต์ M_{max} ก่อนการฝึกคือ 3.60 $\pm$ 0.34 ไมโครโวลต์ จากนั้นพบว่าสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นเป็น 3.81 $\pm$ 0.32 ไมโครโวลต์ และในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.92 $\pm$ 0.37 ไมโครโวลต์ และค่า H_{max} : M_{max} ในก่อนการฝึกคือ 23.32 $\pm$ 4.7 เปอร์เซนต์ จากนั้นพบว่าสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นเป็น 44.54 $\pm$ 9.53 เปอร์เซนต์ และในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 13.81 $\pm$ 2.78 เปอร์เซนต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

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

พบว่า หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและ สมรรถภาพด้านความเร็ว และทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งสมรรถภาพด้านความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันคือดีขึ้น โดยสมรรถภาพด้านความอดทน มีค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ในก่อนการฝึกคือ 1385 ± 67.17 เมตร จากนั้นพบว่าสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นเป็น 1932 ± 73.59 เมตร และในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2896 ± 51.56 เมตร ส่วนสมรรถภาพด้านความเร็ว ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ก่อนการฝึกคือ 3.34 ± 0.03 วินาที จากนั้นเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 เป็น 3.36 ± 0.41 วินาที และในสัปดาห์ที่ 12 มีค่าลดลงเป็น 2.99 ± 0.03วินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และการผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยใช้วิธี Turkey ของค่าเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) สมรรถภาพด้านความอดทน และ สมรรถภาพด้านความเร็ว ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max} (ไมโครโวลต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max} (ไมโครโวล์) ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
H_{max} (ไมโครโวลต์)	2	17.77	8.88	3.84	.03*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และ H_{max} (ไมโครโวลต์)	48	110.79	2.31		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max} เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max} ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า H_{max} อย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ต่างจากสัปดาห์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ H_{max} (ไมโครโวลต์) โดยใช้วิธี Turkey

		ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
H_{max} (ไมโครโวลต์)	$\bar{x}$	0.62	1.60	0.53
0	0.62	-	- 0.99	0.08
8	1.60	-	-	1.07*
12	0.53	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ H_{max} (ไมโครโวลต์) ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ M_{max} (ไมโครโวลต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง M_{max} (ไมโครโวลต์) ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
Mmax (ไมโครโวลต์)	2	24.85	12.42	5.98	.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและ Mmax (ไมโครโวลต์)	48	99.74	2.07		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ M_{max} เพื่อทดสอบความแตกต่าง M_{max} ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า M_{max} อย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ต่างจากสัปดาห์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ M_{max} (ไมโครโวลต์) โดยใช้วิธี Turkey

		ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
M_{max} (ไมโครโวลต์)	$\overline{x}$	3.60	3.81	4.92
0	3.60	-	- 0.21	- 1.31*
8	3.81	-	-	1.10*
12	4.92	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ M_{max} (ไมโครโวลต์)ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าก่อนการฝึกแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max}: M_{max} (เปอร์เซนต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)	2	12380.35	6190.17	6.31	.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก และ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)	48	47074.06	980.71		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์) เพื่อทดสอบความแตกต่าง H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์) ในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)อย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ต่างจากสัปดาห์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)โดยใช้วิธ Turkey

สัปดาห์ที่ประเมิน		ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์)	$\overline{x}$	23.32	44.54	13.81
0	23.32	-	-21.22	9.51
8	44.54	-	-	30.74*
12	13.81	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์) ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยสัปดาห์ที่ 8 มีค่า H_{max}:M_{max} (เปอร์เซนต์) สูงกว่าสัปดาห์ที่ 12

ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ สมรรถภาพด้านความอดทน เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านความอดทนในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
สมรรถภาพความอดทน	2	2.92	1.46	139.94	.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและสมรรถภาพความอดทน	48	5020554.66	104594.88		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ สมรรถภาพด้านความอดทน เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านความอดทนในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่าสมรรถภาพด้านความอดทนอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ต่างจากสัปดาห์อื่นๆ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความอดทน (เมตร) โดยใช้วิธี Turkey

สัปดาห์ที่ประเมิน		ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
สมรรถภาพด้านความอดทน (เมตร)	$\overline{x}$	1385	1932	2896
0	1385	-	-547*	-1511*
8	1932	-	-	-964*
12	2896	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความอดทน (เมตร) สมรรถภาพด้านความอดทนก่อนการฝึก แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 ก่อนการฝึก แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย สัปดาห์ที่ 12 สูงกว่า สัปดาห์ที่ 8 และสูงกว่าก่อนการฝึก

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของ สมรรถภาพด้านความเร็ว เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านความเร็วในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
สมรรถภาพความเร็ว	2	2.25	1.13	57.35	.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและสมรรถภาพความเร็ว	48	0.94	0.02		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของสมรรถภาพด้านความเร็ว เพื่อทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพด้านเร็วในกลุ่มตัวอย่างก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่าสมรรถภาพด้านความเร็วอย่างน้อยหนึ่งสัปดาห์ต่างจากสัปดาห์อื่นๆ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความเร็ว (วินาที)โดยใช้วิธี Turkey

สัปดาห์ที่ประเมิน		ก่อนการฝึก	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
สมรรถภาพด้านความเร็ว (วินาที)	$\overline{x}$	3.34	3.36	2.99
0	3.34	-	- 0.02	0.36*
8	3.36	-	-	0.38*
12	2.99	-	-	-

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติท่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพด้านความเร็ว (วินาที) พบว่าก่อนการฝึก แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 และสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยในสัปดาห์ที่ 12 นักกีฬาสามารถทำความเร็วได้ดีกว่าสัปดาห์ที่ 8 เนื่องจากสามารถวิ่งในระยะเวลาที่น้อยกว่าในระยะทางที่เท่าเดิม

ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยและความคาดเคลื่อนมาตรฐาน เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ระหว่างเฮช-รีเฟล็กซ์ ซึ่งแสดงถึงการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทและสมรรถภาพทางกาย ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของนักกีฬาภายหลังการฝึกซ้อม โดยพบว่าผลการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกมีผลดังนี้

เฮช-รีเฟล็กซ์ ค่า H_{max} และ H_{max} : M_{max} ในสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสัปดาห์ที่ 12 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน ในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าสูงกว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งแสดงว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทที่สูงขึ้นมากกว่าหลังจากการฝึกด้วยความอดทนและสูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว

ผลการเปลี่ยนแปลงเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ $H_{max} : M_{max}$) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลหลังจากฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าเฮช-รีเฟล็กซ์ ค่า M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

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

สมรรถภาพด้านความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึก และสัปกาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพด้านความเร็วของนักกีฬาฟุตซอลมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความเร็ว เนื่องมาจากก่อนการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว นักกีฬาฟุตซอลยังไม่ได้รับการฝึกอย่างเฉพาะเจาะจง ส่วนหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 เป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงด้านความอดทน ซึ่งเมื่อนักกีฬาได้รับความฝึกด้านสมรรถภาพความอดทนแล้วซึ่งถือเป็นพื้นฐานทั่วไปของการฝึกสมรรถภาพด้านความเร็วจึงทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพด้านความเร็วที่สูงขึ้นมากกว่าช่วงอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว ในกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน โดยทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และทำการประเมินค่าสมรรถภาพด้านความอดทน สมรรถภาพด้านความเร็ว เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และH_{max}:M_{max}) ก่อนการฝึก หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วเป็นเวลา 4สัปดาห์พร้อมทั้งทำการประเมินในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งผู้วิจัยทำการวิจารณ์ผลตามลำดับดังนี้

1. ผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

2. ผลเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

ผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

จากผลการทดลองค่าเฉลี่ยและความคาดเคลื่อนมาตรฐาน เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็วก่อนการฝึก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ระหว่างเฮช-รีเฟล็กซ์ ซึ่งแสดงถึงการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทและสมรรถภาพทางกายซึ่งแสดงถึงศักยภาพของนักกีฬาภายหลังการฝึกซ้อม โดยพบว่าผลการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกมีผลต่อ เฮช-รีเฟล็กซ์ เมื่อพิจารณา ค่า H_{max} และ H_{max} : M_{max} ในสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับสัปดาห์ที่ 12 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน ในสัปดาห์ที่ 8 มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าสูงกว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็วในสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งแสดงว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทที่สูงขึ้นมากกว่าหลังจากการฝึกด้วยความอดทนและสูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรม การฝึกความเร็ว

ผลการเปลี่ยนแปลงเฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลหลังจากฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 พบว่าเฮช-รีเฟล็กซ์ ค่า M_{max} ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและสัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากโดยทั่วไปค่าของ H_{max} เป็นค่าสูงสุดจากกราฟของ เฮช-รีเฟล็กซ์ ที่เป็นสัญญาณรีเฟล็กซ์ ของการระดมหน่วยยนต์จากการตอบสนองของการเคลื่อนที่ของพลังประสาทไปในทิศทางเดียวกันโดยเป็นการกระตุ้นตรงตามการนำสัญญาณประสาทปกติคือจากส่วนต้นไปยังส่วนปลาย (orthodromic afferent) ซึ่งเดินทางใน Ia fiber ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ใน muscle spindles การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อกลุ่มที่หดตัวช้า (slow twitch motor unit) M_{max} ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของ Mwave ที่แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าจากทั้งกล้ามเนื้อและใยประสาทที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั้น (compound muscle action potential หรือ CMAP) จากภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้น (depolarization) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความแรงของไฟฟ้าที่กระตุ้นมากถึงระดับสูงสุด (Threshold) ของ α motoneurons ซึ่งประกอบด้วยเป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อกลุ่มที่หดตัวเร็ว (fast twitch unit) และ อัตราส่วนระหว่าง H_{max} : M_{max} เป็นตัวแสดงถึงอัตราสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG ratio) ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ส่วนปลาย (peripheral reflex) (Maffiuletti *et al*., 2001; Scaglioni, 2003) และแสดงให้เห็นถึงระดับของการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ ซึ่งอย่างไรก็ตามจะขึ้นอยู่กับการกระตุ้นส่งผ่าน Ia fiber และ α motoneurons โดยผลหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน H_{max} : M_{max} มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน มีผลให้สัญญาณรีเฟล็กซ์ของการระดมหน่วยยนต์จากการตอบสนองของ 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 เฮช-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รีเฟล็กซ์ จากการฝึกความอดทนระยะสั้นและการฝึกความแข็งแรง พบว่าหลังการฝึกด้วยความอดทน $H_{max} : M_{max}$ มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการฝึกด้วยความแข็งแรง จากวงจรรีเฟล็กว์ที่มีความแข็งแรงมากขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับการฝึกความอดทน โดยจากการศึกษาของ Komi และ Kyröläinen (1994) ถึงศักยภาพของระบบประสาทกล้ามเนื้อของระยางค์ส่วนล่าง ภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจและรีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบพลัง และการฝึกความอดทน ด้วยการแบ่งนักกีฬาเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้ทำการฝึกพลังและกลุ่มที่ทำการฝึกความอดทน โดยพบว่ากลุ่มที่ทำการฝึกพลังมีแรงจากการทำงานภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจมีแรงที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มที่ฝึกความอดทนพบว่ามีการทำงานของรีเฟล็กซ์ที่สูงขึ้นจากการกระตุ้น เช่นแอมปิจูด ซึ่งเป็นสาเหตุให้อัตราของพัฒนาการของแรงจากรีเฟล็กซ์สูงขึ้น และรีเฟล็กซ์แอมปิจูดมีความสัมพันธ์กับความเร็วเชิงมุม (angular velocity) ซึ่งเขาได้อธิบายว่าความแตกต่างของโครงสร้างของระบบประสาทและการกระจายตัวของ muscle spindle ทำให้เกิดการทำงานของรีเฟล็กซ์จากการฝึกทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน อีกทั้งสนธยา (2547) ได้กล่าวไว้ว่าการฝึกซ้อมของกล้ามเนื้อเป็นการเพิ่มความสามารถของนักกีฬาในการทำงานภายใต้ความเมื่อยล้าในขณะทำงานเป็นเวลานาน ซึ่งการฝึกซ้อมจะใช้ความหนักประมาณ 50% ของความแข็งแรงสูงสุด จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ยาวขึ้น โดยปราศจากการเพิ่มขึ้นของขนาดกล้ามเนื้อ การฝึกซ้อมความอดทนของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วด้วยความหนักระดับต่ำ จะทำให้มีเพียงหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องเท่านั้นที่เข้ามามีบทบาทในการทำงาน ส่วนหน่วยยนต์อื่น จะอยู่ในภาวะพักและจะเข้ามามีบทบาทเพียงเมื่อการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดการหดตัวช้า (slow twist) มีการเมื่อยล้า รวมทั้งจากการศึกษาของ Babult *et al.*, 2001 เพื่อศึกษาถึงกระแสไฟฟ้าและกลไกของ $H_{max} : M_{max}$ ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบพลังและแบบความอดทน พบว่า $H_{max} : M_{max}$ ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบพลังมีค่าต่ำกว่าการฝึกแบบอดทน ซึ่งในการฝึกแบบอดทนแสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นเพื่อให้เกิดการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำการหดตัวช้ามากกว่าการออกแรงและการใช้กำลังในกลุ่มอื่น สำหรับการเปรียบเทียบกับระดับของแรงและการทำงานในรูปแบบอื่น โดยเฉพาะ Biro, et al. (2006) ได้มีการศึกษาถึง การระดมรีเฟล็กซ์ ในวงจรของ muscle spindle ระหว่างที่มีความล้า เพื่อพิจารณาผลของความล้าบนความไวของ Ia afferents ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อจะพิจารณาวงจรรีเฟล็กซ์ของไขสันหลังทุกรูปแบบเมื่อมีความล้า พบว่าระดับการระดมหน่วยยนต์ ภายใต้การทำงานของจิตใจไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงขณะที่มีความล้า อัตราส่วนของการตอบสนองด้วยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการกระตุ้นเอ็นกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขณะที่มีความล้า ซึ่งพวกเขาพบว่า การลดลงของระดับการระดมหน่วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยนต์ ภายใต้การทำงานของจิตใจในการตอบสนองถึงความสั่น และการเพิ่มขึ้นของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างที่มีการกระตุ้นเอ็นกล้ามเนื้อตามระดับความล้า นั่นคือการส่งสัญญาณ Ia afferent เพื่อเพิ่มการระดมการทำงานของหน่วยควบคุมระบบประสาทยนต์ ซึ่งมีการลดลงสัญญาณฟ้ากล้ามเนื้อภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ ในระหว่างที่สัญญาณประสาทขาลง (descending) เป็นตัวทำงานทดแทน จากผลของการศึกษานี้ ทำให้พบว่ามีการเพิ่มการระดมการสั่งการของประสาทยนต์ (gamma loop) ที่เพิ่มขึ้นขณะที่มีความล้า ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการทำงานทดแทนของระบบประสาทส่วนปลาย เพื่อให้ระดมการทำงานของหน่วยควบคุมระบบประสาทยนต์ในการรักษาระดับแรงที่ออกมา

หลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนสัปดาห์ที่ 8 พบว่า H_{max} สูงกว่าสัปดาห์ที่ 12 นั้น เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าการฝึกความอดทนถือเป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อความล้าให้กับกล้ามเนื้อ โดยการเพิ่มองค์ประกอบและปริมาณให้กับไมโทรคอนเดรียและความจุของการเกิดอ็อกซิเดทีฟของใยกล้ามเนื้อทุกชนิด (Booth FW and Holloszy JO. 1976; Classen. *et al*. 1985) และเพิ่มใยกล้ามเนื้อชนิด I (Goubel and Marini, 1987) และจากการศึกษา ของ Clakson *et al*. (1985) พบว่ากลุ่มนักกีฬาที่มีการฝึกความอดทนจะมีเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Slow twist หรือเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด I สูงกล่าวกลุ่มนักกีฬาที่ทำการฝึกแบบพลัง รวมทั้งการศึกษาของBabault *et al*. (2001) ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาที่มีการฝึกความอดทนกับนักกีฬาที่ทำการฝึกแบบพลัง ก็พบผลเช่นกัน ดังนั้นค่า H_{max} ซึ่งเป็นค่าสูงสุดจากกราฟของ เฮช-รีเฟล็กซ์ ที่เป็นสัญญาณรีเฟล็กซ์ ของการระดมหน่วยยนต์จากการตอบสนองของการเคลื่อนที่ของพลังประสาทไปในทิศทางเดียวกันโดยเป็นการกระตุ้นตรงตามการนำสัญญาณประสาทปกติคือจากส่วนต้นไปยังส่วนปลาย (orthodromic afferent) ซึ่งเดินทางใน Ia fiber ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ใน muscle spindles การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อกลุ่มที่หดตัวช้า (slow twitch motor unit) (Maffiuletti *et al*., 2001; Scaglioni, 2003) จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่ม Slow twist หลังจากการฝึกความอดทน (Buchthal and Schmalbruch. 1970; Hugon. 1973; Nardone and Schieppati. 1988; Calancie and Bawa. 1990; Babault *et al*. 2001)

หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว พบว่าเฮช-รีเฟล็กซ์ ค่า H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่า สัปดาห์ที่ 12 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทสูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความเร็ว และ M_{max}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่ง Larsen and Voigt (2004) ได้ทำการศึกษาของ ถึงการแปลี่ยนแปลงระดับของเฮช-รีเฟล็กซ์ กับการเปลี่ยนแปลงการระดมหน่วยประสาทยนต์ และความเร็วในการเคลื่อนไหว พบว่าค่าของรีเฟล็กซ์ลดลง 54% เมื่อมีการเพิ่มความเร็วเป็น 2 เท่า โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของล้ามเนื้อ soleus และ ค่าของ เฮช-รีเฟล็กซ์ลดลง 40% ขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 47% โดยปราศจากการเปลี่ยนความเร็วของการเคลื่อนไหว ซึ่งเขาได้สรุปว่าความเร็วของการเคลื่อนไหวและระดับของการระดมประสาทยนต์ มีอิทธิพลต่อ เฮช-รีเฟล็กซ์ ทั้งนี้การออกกำลังกายที่แตกต่างกันจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของเส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน การออกกำลังกายประเภทความอดทน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเป็นชนิดหดตัวช้า (สนธยา, 2547) และจากการศึกษาของ Ishikawa and Komi (2007) ถึงบทบาทของรีเฟล็กซ์ในกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน โดยทำการวัดรีเฟล็กซ์ก่อนออกตัววิ่งและวิ่งที่ระดับความเร็วที่แตกต่างกัน พบว่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในช่วงที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงมีค่าต่ำกว่าความเร็วปานกลางของการวิ่ง แอมปิจูดของรีเฟล็กซ์ ในช่วงของการวิ่งด้วยความเร็วปานกลางมีค่าสูงกว่าช่วงอื่นๆ

การฝึกซ้อมด้วยความเร็วถือเป็นสมรรถภาพทางกลไกลอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการแสดงความสมบูรณ์ทางกายของนักกีฬา ความเร็วเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะหดตัวซ้ำๆ ติดต่อกันอย่างรวดเร็วเพื่อก่อให้เกิดแรงการขับเคลื่อนร่างกายไปยังตำแหน่งที่ต้องการในระยะเวลาที่สั้นที่สุด ความเร็วถือเป็นสมรรถภาพทางกลไกพื้นฐานที่สำคัญของนักกีฬาฟุตซอลและเกือบทุกประเภท การฝึกซ้อมความเร็วปกติของนักกีฬาจะมีการฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงสุดจำนวนหลายๆ เที่ยวจึงจำเป็นที่นักกีฬาจะต้องได้รับการพัฒนาความอดทนทั้งทางด้านแอโรบิก (Aerobic) และแอนแอโรบิก (Anaerobic) มาเป็นอย่างดีเพื่อที่จะช่วยให้นักกีฬาทำการฝึกซ้อมได้จำนวนหลายเที่ยวและสามารถรักษาระดับความเร็วสูงสุดไว้ได้นานขึ้นและมีการฟื้นสภาพอย่างรวดเร็วระหว่างการฝึกปฏิบัติในแต่ละเที่ยวหลังการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (สนธยา, 2547) ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความเร็วจะมีผลจากองค์ประกอบหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง การพัฒนาความเร็วก็เหมือนกับการพัฒนาความแข็งแรง พลัง และความอดทน ซึ่งความเร็วเป็นผลจากการหดตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อ ความเร็วจึงขึ้นอยู่กับความแข็งแรง พลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสำคัญ นอกจากนี้การเพิ่มความเร็วยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อและความอ่อนตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของข้อต่อต่างๆภายในร่างกายเช่นกัน การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นผลมาจากการส่งสัญญาณประสาทจากระบบประสาทส่วนกลาง การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสัญญาณประสาทที่มาควบคุม การที่นักกีฬาจะมีความเร็วขึ้นได้จึงควรฝึกสมองและระบบประสาทให้เร็วก่อน การทำงานต้องเป็นไปอย่างอัตโนมัติทั้งระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ การทำงานของระบบประสาทมีความสัมพันธ์กับระบบกล้ามเนื้อ ขณะเดียวกันกล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่ (Agonist) จะต้องมีการหดตัวคลายตัวที่สัมพันธ์กับการหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonist) การเคลื่อนไหวของนักกีฬาภายใต้อำนาจจิตใจหรือการตอบสนองอย่างฉับพลัน นั่นคือการทำงานของรีเฟล็กซ์ ซึ่งจะทำงานได้ง่ายหรือยากจะเป็นผลต่อของการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งอาจทำหน้าที่สนับสนุนการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ หรือยับยั้งการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม การเคลื่อนไหวที่ยากนักกีฬาจะไม่สามารถปฏิบัติได้อย่างอัตโนมัติ จะถูกจำกัดโดยปัจจัยทางด้านระบบประสาท โดยเฉพาะการขาดความสัมพันธ์ของระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราส่วนของการทำงานของกล้ามเนื้อที่หดตัวเพื่อทำงานนั้น และกล้ามเนื้อที่หดตัวต้านการทำงานของการหดตัวเพื่อทำงานนั้นเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ที่เกี่ยวข้อง กระบวนการพัฒนาระบบประสาทในการกระตุ้น (excitation) และ การยับยั้ง (Inhibition) จะมีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้การเคลื่อนไหวมีความมั่นคง มีความสัมพันธ์กันอย่างดี มีประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดการปรับปรุงของทักษะตามมา การฝึกซ้อมความเร็วปกตินักกีฬาจะมีการฝึกด้วยความหนักสูงสุดจำนวนหลายเที่ยวจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความอดทนทั้งทางด้านแอโรบิค และแอนแอโรบิคมาเป็นอย่างดี เพื่อที่จะช่วยให้นักกีฬาทำการฝึกซ้อมได้จำนวนหลายเที่ยวและสามารถรักษาระดับความเร็วสูงสุดเอาไว้ได้นานขึ้นและมีการฟื้นสภาพอย่างรวดเร็วระหว่างการฝึกปฏิบัติในแต่ละเที่ยวและหลังการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง

ดังนั้นการฝึกด้านความอดทนจึงถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการฝึกด้วยความเร็ว ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนเป็นการฝึกเพื่อเพิ่มการทำงานของรีเฟล็กซ์ที่สูงกว่าการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยความเร็วจากค่าของ H_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ในสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่า สัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พบว่า M_{max} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าจากทั้งกล้ามเนื้อและใยประสาทที่อยู่ในกล้ามเนื้อนั้น (compound muscle action potential หรือ CMAP) จากภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้น (depolarization) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อความแรงของไฟฟ้าที่กระตุ้นมากถึงระดับสูงสุด (Threshold) ของ α motoneurons ซึ่งประกอบด้วยเป็นการกระตุ้นหน่วยประสาทยนต์ของกล้ามเนื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มที่หดตัวเร็ว (fast twitch unit) มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยความเร็ว

ผลเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว

สมรรถภาพด้านความอดทน ก่อนการฝึกแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 8 สูงกว่าก่อนการฝึก และสมรรถภาพด้านความอดทน ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่าค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สมรรถภาพด้านความอดทนมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความอดทน และแสดงให้เห็นว่าหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน มีการเปลี่ยนแปลงของการทำงานและการประสานงานกันของระบบประสาทที่สูงขึ้นหลังจากการฝึกด้วยความอดทน ด้วยการกระตุ้นการทำงานของรีเฟล็กซ์ที่สูงขึ้น (Babult *et al.*, 2001; Biro, et al. 2006; Correia *et al*. 2011; Komi and Kyröläinen 1994 ; Maffiuletti *et al*., 2011; Scaglioni, 2003) รวมทั้ง จากการอธิบายถึงผลการทดลองถึงผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ ในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงการทำงานชดเชยการควบคุมการสั่งการควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อภายใต้การควบคุมของอำนาจจิตใจ และทำให้สมรรถภาพทางกายด้านความอดทนยังคงอยู่และสูงขึ้นหลังจากได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทน

สมรรถภาพด้านความเร็ว ในสัปดาห์ที่ 12 แตกต่างกับก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 โดยสัปดาห์ที่ 12 สูงกว่าก่อนการฝึก และสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมรรถภาพด้านความเร็วของนักกีฬาฟุตซอลมีศักยภาพที่สูงขึ้นหลังได้รับโปรแกรมการฝึกความเร็ว เนื่องมาจากก่อนการฝึก นักกีฬาฟุตซอลยังไม่ได้รับการฝึกอย่างเฉพาะเจาะจง ส่วนหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 8 เป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงด้านความอดทน ซึ่งเมื่อนักกีฬาได้รับความฝึกด้านสมรรถภาพความอดทนแล้วซึ่งถือเป็นพื้นฐานทั่วไปของการฝึกสมรรถภาพด้านความเร็วจึงทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพด้านความเร็วที่สูงขึ้นมากกว่าช่วงอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการรายงานถึงการใช้ เฮช-รีเฟล็กซ์ ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อจากการฝึกซ้อมด้วยการออกกำลังกาย การประเมินการเปลี่ยนแปลงได้มีการศึกษาในหลายรูปแบบ ความสามารถของไขสันหลังถึงประสบการณ์การเรียนรู้ได้มีการศึกษามาหลายปี (Zehr, 2001) ซึ่ง H-reflex เป็นเหมือนเครื่องมือในการศึกษาการทำงานของวงจรประสาทและการยับยั้งการทำงานผ่านไขสันหลัง ทั้งในระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวในทางสุขภาพ และ ระบบประสาทด้านพยาธิสภาพของโรค ขนาดของรีเฟล็กซ์จะเปลี่ยนแปลงตามการหดตัวหรือการยืดของกล้ามเนื้อที่ทำการหดตัวเพื่อการทำงาน และกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม ซึ่งการฝึกการเหนี่ยวนำการเปลี่ยนแปลงในระบบ รีเฟล็กซ์ ของมนุษย์ อย่างไรก็ตามขนาดของรีเฟล็กซ์สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาขณะที่มีการหดตัวหรือมีการยืดของกล้ามเนื้อ ที่ทำการหดตัวเพื่อการทำงาน และกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม ซึ่งมีความแตกต่างในการควบคุมในระดับสมองของการยับยั้ง interneuron ในระดับไขสันหลัง ซึ่งรีเฟล็กซ์สามารถทำได้โดยการฝึกและการฟื้นฟู (Zehr and Paul E. 2006)

จากการทดลองในครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมในการฝึกความอดทนและความเร็วในการทดลองในครั้งนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรีเฟล็กซ์ที่สูงขึ้นพร้อมกับสมรรถภาพทางกายที่มากขึ้นตามความเฉพาะเจาะจงของการฝึก เนื่องมาจากกล้ามเนื้อมีการทำงานได้หลายแบบ มีศูนย์สั่งการหลายแห่งแต่ละแห่งมีหน้าที่ที่เด่นในการควบคุมการทำงานแต่ละอย่าง ดังนั้นศูนย์สั่งการจึงกระจายอยู่ในหลายละดับของระบบประสาทส่วนกลาง ตั้งแต่ระดับไขสันหลัง ก้านสมอง (brain stem) สมองน้อย (cerebellum) และสมองใหญ่ (cerebrum) ซึ่งศูนย์สั่งการบริเวณต่างๆเหล่านี้ติดต่อและทำงานประสานกันตลอดเวลา ผลรวมสุดท้ายขอการทำงานร่วมกัน จึงออกมาเป็นคำสั่งให้กล้ามเนื้อโครงร่างหดตัวจนเกิดการเคลื่อนไหว โดยคำสั่งสุดท้ายที่ออกจากประสาทส่วนกลาง จะไปที่ α motoneuron ซึ่งส่งสัญญาณประสาทไปเลี้ยงกล้ามเนื้อโดยตรง ดังนั้นหน่วยที่ทำงานจริงตามคำสั่งของศูนย์สั่งการ คือ α motoneuron และกล้ามเนื้อที่เลี้ยงทั้งหมด ซึ่งรวมเป็นหน่วยประสาทยนต์ (motor unit) การประมวลการเคลื่อนไหวต่างๆให้เป็นไปตามการควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจตามเป้าหมายการควบคุมการเคลื่อนไหวไปในทิศทางต่างๆ เช่น ทิศทางการเคลื่อนไหว ความเร็ว ความแรง มุมข้อต่อและการหดตัวที่ประสานกันของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกันในแต่ละข้อต่อ โดยไปควบคุมขนาดและลำดับการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดต่างๆ ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว ลักษณะพื้นผิวที่สัมผัส ข้อมูลเหล่านี้ส่วนหนึ่งถูกส่งไปสมองทำให้เกิดการรับรู้ข้อมูลการสัมผัส ตำแหน่งข้อต่อ และการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น อีส่วนหนึ่งถูกส่งไปศูนย์สั่งการที่อยู่ในไขสันหลัง ก้านสมอง และสมอง สัญญาณประสาทจากเส้นใยประสาทรับการรับรู้ตำแหน่งของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อต่อ (proprioceptive afferent fiber) เหล่านี้บางส่วนถูกส่งไปกระตุ้นโดยตรงที่นิวรอนของประสาทยนต์ที่ไขสันหลัง (spinal motoneuron) หรือนิวรอนที่เชื่อมต่อระบบประสาท (interneuron) โดยนิวรอนของประสาทยนต์ที่ไขสันหลัง และนิวรอนที่เชื่อมต่อระบบประสาทเดียวกันนี้จะได้รับคำสั่งการหลายแห่ง จึงทำให้แต่ละนิวรอนได้รับข้อมูลรวมมากมาย บางครั้งข้อมูลจากการรับสัญญาณประสาทส่วนปลาย เพียงอย่างเดียวอาจมีแรงมากพอที่กระตุ้นให้นิวรอนของประสาทยนต์ส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกิดการเคลื่อนไหวแบบรีเฟล็กซ์ขึ้น ระบบสั่งการเมื่อได้ข้อมูลป้อนกลับจากตัวรับในกล้ามเนื้อ ผิวหนัง และข้อต่อ จะให้ข้อมูลเหล่านี้ในการเลือกการตอบสนองที่เหมาะสมและปรับการเคลื่อนไหวที่กำลังทำอยู่ให้เหมาะกับสิ่งแวดล้อม ทำให้สามารถทรงตัวและเคลื่อนที่ได้ ทั้งยังออกแรงให้เหมาะกับงานที่ทำ (กนกวรรณและคณะ ,2548)

ดังนั้นการฝึกเพื่อเพิ่มศักยภาพในนักกีฬาจึงพบว่าเป็นการฝึกการทำงานของระบบประสาทเพื่อให้เกิดการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเคลื่อนไหวตามต้องการและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลจากการศึกษาทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลชาย โรงเรียนกีฬานครนนวิทยา อายุระหว่าง 14-18 ปี จำนวน 25 คน จากเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ จำนวน 8 สัปดาห์ หลังจากการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ (H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}) ทดสอบความเร็ว ด้วยการวิ่ง 20 เมตรและทดสอบความอดทน ด้วยวิธี The Yo-Yo intermittent Endurance Test –Level 2 จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็วจำนวน 3 ครั้ง / สัปดาห์ จำนวน 4 สัปดาห์ และรับการทดสอบเดิมอีกครั้งสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลเปลี่ยนแปลงของเฮช-รีเฟล็กซ์ หลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนสมรรถภาพด้านความอดทน และทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 8 สมรรถภาพด้านความอดทน H_{max} และ H_{max}:M_{max} มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันคือมีค่าที่สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หลังจากการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความความเร็ว และทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 12 พบว่า สมรรถภาพด้านความอดทนพบการเปลี่ยนแปลง ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน M_{max} เปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก และหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนสัปดาห์ที่ 8 และพบว่าสมรรถภาพด้านความอดทนและสมรรถภาพด้านความความเร็วมีสมรรถภาพที่ดีขึ้นภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 โดยสูงกว่าสัปดาห์ที่ 0 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

2. ผลเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอลก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนและความเร็ว พบว่าสมรรถภาพทางกายความอดทนและความเร็ว มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปได้ว่าโปรแกรมการฝึกมีผลต่อนักกีฬาฟุตซอล ทั้งทางด้านสมรรถภาพทางกายและระบบประสาท ซึ่งจากการฝึกพบว่านักกีฬาฟุตซอลมีสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนและความเร็วดีขึ้นและระบบประสาทที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาและกลุ่มที่ไม่เป็นนักกีฬา

2. การศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเพศชายและเพศหญิง

3. การศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกีฬาที่ต่างชนิดกัน

4. การศึกษาต่อไปน่าจะมีการศึกษาถึงการวัดรีเฟล็กซ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกนักกีฬา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ ติลสกุลชัย และ ชัยเลิศ พิชิตพรชัย. 2548. **สรีรวิทยา 3**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณาธิป จิระสัญญาณสกุล. 2548. **คู่มือกีฬาฟุตซอล.** โอเดียนสโตร์.กรุงเทพฯ.

ดิถี จึงเจริญ, ธงชัย โคละทัต, ปรีชา เจตนะศิลปิน, ปิยนันท์ สิทธิคู, พัชรา วิสุตกุล, วัฒนา ผลากรกุล, สุพรพิมพ์ เจียสกุล, สพัตรา โล่ห์สิริวัฒน์, สุวรรณา หังสพฤกษ์ และ อัญเชิญ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2532. **สรีรวิทยา 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สนธยา ลีลามาด. 2547. หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Aagaard, P., B.S. Erik, L.A. Jesper, M. Peter and P.D. Poul. 2002. Neural adaptation to resistance training:changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **J Appl Physiol.** 92:2309–2318.

Adkins, D.L. , B. Jeffery , S.R. Michale and A. K. Jeffrey. 2006. Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. **J Appl Physiol.** 101:1776–1782.

Alvarez, J.C., V.M. Soto and J.G. Vera. 2007. Match analysis and heart rate of futsal players during compettition. **Jurnal of Sports.** 26: 63-73.

Balso, D.C., and E. Cafarelli. 2007. Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. **J Appl Physiol.** 103(1):402–411.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Biro, A., E. Cafarelli and L. Griffin. 2007. Reflex gain of muscle spindle pathways during fatigue. **Exp Brain Res.** 177:157-166.

Booth, F.W. and J.O. Holloszy. 1976. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. **Annu Rev Physio**. l 38: 273–291.

Buchthal, F. and H. Schmalbruch. 1970. Contraction times of twitches evoked by H-reflex. **Acta Physiol Scand.** 80: 378–382,

Calancie and Bawa. 1990. Motor unit recruitment in humans. In: **The Segmental Motor Systems.** Binder MD and Mendell LM. United Kingdom.

Casabona, A. , M.C. Polizzi, and V. Perciavalle. 1990. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. **Eur J Appl Physiol**. 61:26-32

Castagna, C., S. Ottavio, G.V. J and B.A. Jucer. 2009. Match demands of professional Futsal: A case study. **Journal of Science and Medicine in Sport. 12(14)** : 490-494.

Classen, H., H. Hoppeler , H. Howald, O. Mathieu , and R. Straub. 1985. Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. **Pflu¨ gers Arch**. 403:369–376.

Correia, M.V., D. Falla, D. Farina and C.V. Chã. 2012. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training. **J Appl Physiol.** 112:54-63.

De, C.P., W.B. Huttner, W. Schiebler and P. Greengrad. 1983. Synapsin I (protein I), a nerve-terminal-specific **phosphoprotein**. II. Its specific association with synaptic vesicles demonstrated by immunocytochemistry in agorose-embedded synaptomes**. J. Cell Biol.** 96(5): 1355.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Duchteau, J., J.G. Semmler and R.M. Enoka. 2006. Training adaptation in the behavior of human motor units. **J Appl Physiol**. 101: 1766–1775.

Gardiner, P., Y. Dai and C.J. Heckman. 2006. Effects of exercise training on α-motoneuron. **J Appl Physiol**. 101: 1228–1236.

Geertsen, S.S., L. Jensen and J.B. Nielsen. 2007. Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. **J Appl Physiol**. 105(3): 915–922.

Gorostia, E.M., I. Llodio, J. Ibanez, C. Granados, I. Navarro, M. Ruesta, H. Bonnabau and M. Izquirerdo. 2009. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. **Eur J Appl Physiol**. 106(4):483-491.

Goubel, F. and J.F. Marini. 1987. Fibre type transition and stiffness modifications of soleus muscle of trained rats. **Pflu gers Arch**. 410(3):321–325.

Gore, C.J. 2000. **The Physiological test for Elite Athletes**. Champaign, Illinois.

Hodson, E.F. and J.M. Wakeling. 2009 . Motor unit recruitment for dynamic task: current undetstanding and future directions**. J Comp Physiol B**. 179(1): 57-66.

Hugon. 1973. Methodology of the Hoffmann reflex in man. In: **New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology**. Desmedt JE. Basel.

Ishikawa, M. and P.V. Komi. 2007. The role of the stretch reflex in the gastrocnemius muscle during human locomotion at various speeds. **J Appl Physiol**. 103: 1030–1036.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kyrolainen, H. and K.V. Paavo. 1994. Neuromuscular performance of lower limbs during voluntary and reflex activity in power- and endurance-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**. 3: 233-239.

Larsen, B. and M. Voigt. 2004. 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**. 93(1-2):19-29.

Maffiuletti, N.A. , A. Martin , M. Pensini, B. Lucas and M. Schieppati. 2001. Electrical and mechanical Hmax-to-Mmax ratio in power- and endurance-trained athletes**. J Appl Physiol.** 90: 3–9.

Maffiuletti, N.A., A. Martin, M.V. Narici, M. Pensini and G. Schieppati. 2002. Effect of ageing on the electrical and mechanical properties of human soleus motor units activated by the H rflex and M wave. **J Appl Physiol.** 548 : 649–661.

McArdle, W.D., F.I. Katch and V.L. Katch. 1996. **Exercise Physiology: Energy, System of Energy Delivery and Utilization.** 4 th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Maryland.

Mccarthy, J.P., M.A. Pozniak and J.C. Agre. 2002. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. **Medicine & Sciencein Sports & Exercise.** 34(3): 511-519.

Nardone, A. and M. Schieppati . 1988. Shift of activity from slow to fast muscle during voluntary lengthening contractions of the triceps surae muscles in humans. **J Physiol (Lond).** 395: 363–381.

Pérot, C., F. Goubel and I. Mora . 1991. Quantification of T- and H-responses before and after a period of endurance training **. J Appl Physiol. 63 :** 378- 375.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Reilly, T. 1997. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. **J Sports Sci.** 15:257-263.

Zehr, E.P. 2001. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. **J Appl Physiol**. 86: 455–468.

Zehr, E.P. 2006. Training-induced adaptive plasticity in human somatosensory reflex pathways. **J Appl Physiol.** 101: 1783–1794.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

\

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกความอดทนและความเร็วต่อเฮช-รีเฟล็กซ์และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Endurance and Speed Training on H-reflex and Physical Fitness in Futsal Players

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย.....อายุ.....ปี

ที่อยู่.....ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่ ..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางการใช้วิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และไม่ได้การชดเชยจากผู้สนับสนุนการวิจัย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลและการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของผู้เข้าร่วมวิจัยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัย เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

....ลงนาม

พยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การประเมินสุขภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประเมินสุขภาพ

1. ข้อมูลทั่วไป

รหัสที่ .....อายุ.....ปี

น้ำหนัก .....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

การศึกษา.....

2. ข้อมูลทางด้านสุขภาพ

2.1 ประวัติโรคประจำตัว

☐ ไม่มี

☐ มีระบุ .....

2.2 ท่านเคยมีอาการชาและกล้ามเนื้ออ่อนแรงบริเวณระยางค์ส่วนล่าง (ขาทั้ง 2 ข้าง)

☐ ไม่เคย

☐ เคย เมื่อ……..

ปัจจุบันท่านยังมีอาการนี้

☐ ไม่มี

☐ มี

2.3 ท่านเคยมีประวัติปวดหลังและขา

☐ ไม่เคย

☐ เคย เมื่อ……...

ปัจจุบันท่านยังมีอาการนี้

☐ ไม่มี

☐ มี ระบุลักษณะของอาการ……

2.4 ท่านเคยมีการเจ็บป่วยและการผ่าตัดในอดีต

☐ ไม่มี

☐ มีระบุ .....

2.5 ครอบครัวของท่านมีประวัติเจ็บป่วยเกี่ยวกับโรคระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด

☐ ไม่มี

☐ มีระบุ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 ครอบครัวของท่านมีประวัติการตรวจพบหรือมีความผิดปกติของร่างกาย เช่น เสียงหัวใจเต้น ผิดปกติ เจ็บ แน่นหน้าอก ขากรรไกรหรือหัวไหล่และแขน หัวใจเต้นเร็วหายใจตื้น เป็นต้น

☐ ไม่เคย

☐ เคยระบุ .....

3. พฤติกรรมสุขภาพ

3.1 ท่านเป็นนักกีฬาหรือไม่

☐ ไม่เป็น

☐ เป็น

ระบุชนิดกีฬา .....

3.2 ท่านการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ

☐ ไม่สม่ำเสมอ

☐ สม่ำเสมอ

ระบุชนิดของการออกกำลังกาย.....

ประมาณ .....ครั้ง/สัปดาห์ ครั้งละ ..... นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและความเร็ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค1

โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน

ช่วงการฝึก	Pre-competition
จุดมุ่งหมาย	ความอดทนแบบ Aerobic และ Anaerobic
ระยะเวลาของโปรแกรม	8 สัปดาห์
ความถี่ในการฝึก	3 ครั้ง/สัปดาห์
กิจกรรมการฝึก	Continuous Training, Interval Training และ Small-Side Game

ตารางผนวกที่ ค1 โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน

สัปดาห์ที่ 1	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (2x15 นาที)
วันจันทร์	ความหนัก	60-75% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	10 นาที/เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (3x12 นาที)
วันพุธ	ความหนัก	60-75% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	12 นาที/เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (4x10 นาที)
วันศุกร์	ความหนัก	60-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	10 นาที/เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่ 2	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (20 นาที)
วันจันทร์	ความหนัก	70-80% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	1 เที่ยว
	ระยะเวลา	20 นาที/เซต
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (30 นาที)
วันพุธ	ความหนัก	70-80% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	1 เที่ยว
	ระยะเวลา	30 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	-
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (40 นาที)
วันศุกร์	ความหนัก	70-80% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	1 เที่ยว
	ระยะเวลา	40 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	-
สัปดาห์ที่ 3	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (6x5 นาที)
วันจันทร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	ระยะเวลา	5 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (8x4 นาที)
วันพุธ	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	8 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วต่อเนื่อง (10x3 นาที)
วันศุกร์	ความหนัก	85-90% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	10 เที่ยว
	ระยะเวลา	40 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
สัปดาห์ที่ 4	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วระดับต่าง ๆ (ลู่วิ่ง 400 เมตร)
วันจันทร์		- เที่ยวที่ 1 วิ่งระยะทาง 1200 เมตร (3x400m)
		ไม่เกิน 4 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.20 นาที)
		- เที่ยวที่ 2 วิ่งระยะทาง 800 เมตร (2x400m)
		ไม่เกิน 2.20 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.10 นาที)
		- เที่ยวที่ 3 วิ่งระยะทาง 400 เมตร (1x400m)
		ไม่เกิน 1 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1 นาที)
	จำนวนเที่ยว	2400 เมตร
	ระยะเวลา	3 เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 90-100)
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วระดับต่าง ๆ (ลู่วิ่ง 400 เมตร)
วันพุธ		- เที่ยวที่ 1 วิ่งระยะทาง 1600 เมตร (4x400m)
		ไม่เกิน 6 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.30 นาที)
		- เที่ยวที่ 2 วิ่งระยะทาง 1200 เมตร (3x400m)
		ไม่เกิน 4 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.20 นาที)
		- เที่ยวที่ 3 วิ่งระยะทาง 800 เมตร (2x400m)
		ไม่เกิน 2.20 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.10 นาที)
	จำนวนเที่ยว	3600 เมตร
	ระยะเวลา	3 เที่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 90-100)
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งด้วยความเร็วระดับต่าง ๆ (ลู่วิ่ง 400 เมตร)
วันศุกร์		- เที่ยวที่ 1 วิ่งระยะทาง 1600 เมตร (4x400m)
		ไม่เกิน 6 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.30 นาที
		- เที่ยวที่ 2 วิ่งระยะทาง 1200 เมตร (3x400m)
		ไม่เกิน 4 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.20 นาที)
		- เที่ยวที่ 3 วิ่งระยะทาง 800 เมตร (2x400m)
		ไม่เกิน 2.20 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1.10 นาที)
		- เที่ยวที่ 4 วิ่งระยะทาง 400 เมตร (1x400m)
		ไม่เกิน 1 นาที (เฉลี่ยรอบละ 1 นาที)
	ระยะทาง	4000 เมตร
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	4 นาที (HR 90-100)
สัปดาห์ที่ 5	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 4:4 ขนาดสนาม 20X30 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 3:3 ขนาดสนาม 15X20 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

วันที่ 3	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 2:2 ขนาดสนาม 10X15 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	3 นาที (HR 120-130)
สัปดาห์ที่ 6	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 4:4 ขนาดสนาม 20X30 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 3:3: ขนาดสนาม 15X20 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 3	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 2:2 ขนาดสนาม 10X15 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
สัปดาห์ที่ 7	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 3:3 ขนาดสนาม 20X30 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 2:2 ขนาดสนาม 15X20 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 3	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 1:1 ขนาดสนาม 10X15 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	3 เที่ยว
	ระยะเวลา	4 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
สัปดาห์ที่ 8	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 3:3 ขนาดสนาม 20X30 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)
วันที่ 2	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 2:2 ขนาดสนาม 15X20 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

วันที่ 3	กิจกรรม	ฝึกสนามเล็ก 1:1 ขนาดสนาม 10X15 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	80-85% ของHRmax
	จำนวนเที่ยว	4 เที่ยว
	ระยะเวลา	3 นาที/ เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	2 นาที (HR 120-130)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค2

โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความความเร็ว

ช่วงการฝึก	Specific-competition
จุดมุ่งหมาย	ความเร็วและการสังเคราะห์พลังงานแบบ Anaerobic Alactic
ระยะเวลาของโปรแกรม	4 สัปดาห์
ความถี่ในการฝึก	3 ครั้ง/สัปดาห์
กิจกรรมการฝึก	Maximum Speed, Acceleration Speed, Reaction Speed และ Speed with changing directions

ตารางผนวกที่ ค2 โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว

สัปดาห์ที่ 1	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งระยะ 5-10 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	8 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 5 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ 10 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งระยะ 10-15 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	8 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 10 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ15 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งระยะ 15-20 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	8 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 15 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ 20 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
สัปดาห์ที่ 2	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งกลับตัวระยะ 5-10 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 5 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ 10 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งกลับตัวระยะ 10-15 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 10 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ 15 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งกลับตัวระยะ 15-20 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1-2 ใช้ระยะ 15 เมตร
		เซตที่ 3-4 ใช้ระยะ 20 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
สัปดาห์ที่ 3	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งระยะ 5-10 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1 วิ่งระยะ 5 เมตร
		เซตที่ 2 วิ่งกลับตัว 5 เมตร
		เซตที่ 3 วิ่งระยะ 10 เมตร
		เซตที่ 4 วิ่งกลับตัว 10 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งระยะ 10-15 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1 ใช้ระยะ 10 เมตร
		เซตที่ 2 วิ่งกลับตัว 10 เมตร
		เซตที่ 3 วิ่งระยะ 15 เมตร
		เซตที่ 4 วิ่งกลับตัว 15 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งระยะ 15-20 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1 วิ่งระยะ 15 เมตร
		เซตที่ 2 วิ่งกลับตัว 15 เมตร
		เซตที่ 3 วิ่งระยะ 20 เมตร
		เซตที่ 4 วิ่งกลับตัว 20 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
สัปดาห์ที่ 4	รายละเอียด	
วันที่ 1	กิจกรรม	วิ่งระยะ 5-20 เมตร
วันจันทร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1 วิ่งระยะ 5 เมตร
		เซตที่ 2 วิ่งระยะ 10 เมตร
		เซตที่ 3 วิ่งระยะ 15 เมตร
		เซตที่ 4 วิ่งระยะ 20 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 2	กิจกรรม	วิ่งระยะ 5-20 เมตร
วันพุธ	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเที่ยว	6 เที่ยว
	จำนวนเซต	4 เซต
		เซตที่ 1 วิ่งกลับตัว 5 เมตร
		เซตที่ 2 วิ่งกลับตัว 10 เมตร
		เซตที่ 3 วิ่งกลับตัว 15 เมตร
		เซตที่ 4 วิ่งกลับตัว 25 เมตร
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที
วันที่ 3	กิจกรรม	วิ่งระยะ 5-20 เมตร
วันศุกร์	ความหนัก	ความเร็วสูงสุด
	จำนวนเซต	เซตที่ 1 วิ่งระยะ 5 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		วิ่งกลับตัว 5 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		เซตที่ 2 วิ่งระยะ 10 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		วิ่งกลับตัว 10 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		เซตที่ 3 วิ่งระยะ 15 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		วิ่งกลับตัว 15 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		เซตที่ 4 วิ่งระยะ 20 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
		วิ่งกลับตัว 20 เมตร จำนวน 3 เที่ยว
	พักระหว่างเที่ยว	30 วินาที
	พักระหว่างเซต	3 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน และด้านความเร็ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน และด้านความเร็ว

1. นายนิรอมลี มะกาเจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผศ.อภิลักษณ์ เทียนทอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. นายสุพล เสนาเพ็ง บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
4. นายรักษ์พล สายเนตรงาม มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต
5. นายณรงค์ศักดิ์ คงแก้ว มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

แบบประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน
และด้านความเร็วสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

แบบประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็วฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยความคิดเห็นของท่านจะมีความสำคัญยิ่งและนำมาซึ่งคุณภาพของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็วในนักกีฬาฟุตซอล อันจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ต่อไป

แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นในการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ
ตำแหน่ง
สถานที่ทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นในการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยการแสดงความคิดเห็นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

เหมาะสม หมายถึง ข้อความในแบบประเมินมีความสอดคล้องและเป็นองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว

ไม่เหมาะสม หมายถึง ข้อความในแบบประเมินไม่มีความสอดคล้องและไม่เป็นองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง หมายถึง ข้อความในแบบประเมินควรมีการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะที่ได้ระบุไว้เพื่อให้เกิดความสอดคล้องและเป็นองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทนและด้านความเร็ว

ตารางภาคผนวกที่ จ1 โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความอดทน

ที่	รายการ	ความคิดเห็น		
		เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง (ระบุ)
1	ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก (4 สัปดาห์)			
2	ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)			
3	กิจกรรม			
4	ความหนัก			
5	จำนวนเที่ยว			
6	ระยะเวลา/ระยะทางในการฝึก			
7	ระยะเวลาพัก			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ จ2 โปรแกรมการฝึกซ้อมสมรรถภาพด้านความเร็ว

ที่	รายการ	ความคิดเห็น		
		เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง (ระบุ)
1	ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก (4 สัปดาห์)			
2	ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)			
3	รูปแบบกิจกรรม			
4	ความหนัก			
5	จำนวนเที่ยว			
6	จำนวนเซท			
7	ระยะเวลา/ระยะทางในการฝึก			
8	ระยะเวลาพัก			

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

...../...../.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบความเร็ว โดยวิธีการวิ่ง 20 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบความเร็ว โดยวิธีการวิ่ง 20 เมตร

วัตถุประสงค์ เพื่อวัดสมรรถภาพด้านความเร็วในการวิ่งสูงสุด

อุปกรณ์ 1. นาฬิกาจับเวลา

2. ลู่วิ่ง 20 เมตร

วิธีการ 1. เมื่อผู้ปล่อยตัวให้สัญญาณ “เข้าที่” ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืน ให้ปลายเท้าข้างใดข้างหนึ่งจรดเส้นเริ่ม ย่อตัวเล็กน้อย (แต่ไม่ใช่การย่อตัวในท่าออกวิ่ง)

2. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณปล่อยตัวให้ผู้รับการทดสอบวิ่งเร็วเต็มที่ ไปตามทางที่กำหนดจนถึงเส้นชัย

การบันทึก บันทึกเวลาเป็นวินาทีและทศนิยมสองตำแหน่ง

ที่มา: Gore (2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ช

การทดสอบความอดทน โดย The YO-YO Intermittent Endurance Test-Level 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบความอดทน โดย The YO-YO Intermittent Endurance Test-Level 2

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินสมรรถภาพด้าน Intermittent Endurance

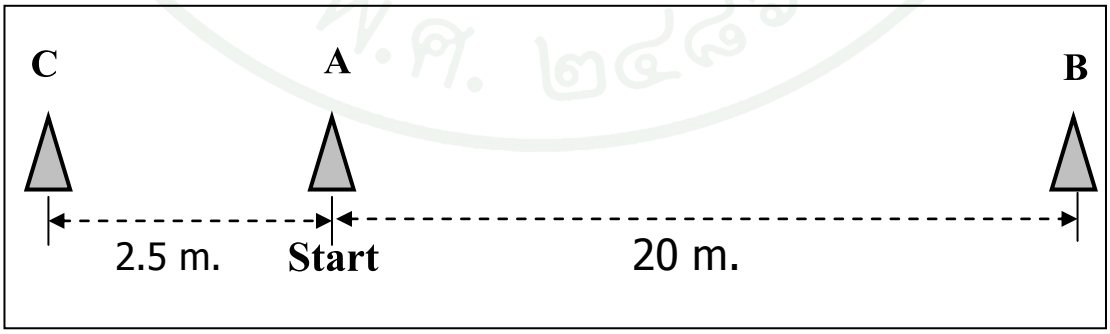
อุปกรณ์

1. กรวยยาง 3 อัน เพื่อนกำหนดจุด มีระยะห่าง 20 เมตร และ 2.5 เมตร
2. เทปวัดระยะทาง
3. แผ่น CD สัญญาณเสียงการทดสอบ
4. ใบบันทึกระยะทางการวิ่ง

วิธีการ

1. นักกีฬาจะต้องวิ่งไป-กลับในระยะทาง 2×20 เมตร แต่ละเที่ยวจะพัก 5 วินาที โดยจะเริ่มวิ่งจากจุดเริ่มต้น A ไปยังจุด B ให้พอดีสัญญาณ “ตื๊ด” ดังขึ้น (ถ้าถึงก่อนสัญญาณให้หยุดรอเสียงสัญญาณ) แล้ววิ่งกลับมายังจุดเริ่มต้น A ให้พอดีสัญญาณ “ตื๊ด” จะดังขึ้นอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นให้นักกีฬาทุกคนวิ่งช้าๆ อยู่ในบริเวณจุด C เพื่อเป็นการพัก ในระยะ 2.5 เมตร ที่กำหนดไว้ให้ (ระยะนี้มีเวลาพักให้ 5 วินาที)
2. ความเร็วในการวิ่งควบคุมโดยสัญญาณเสียงที่บันทึกจากเทปหรือซีดี
3. ผู้ทดสอบจะต้องวิ่งให้ทันตามสัญญาณเสียงที่จะเพิ่มเร็วขึ้นเรื่อย ๆ จนผู้ทดสอบหมดแรงหรือไม่สามารถที่จะวิ่งทันตามจังหวะเสียงที่กำหนดได้

การบันทึก บันทึกระยะทางที่วิ่งได้ หน่วยเป็นเมตร



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ ช 1 ใบบันทึกผลการทดสอบ ความอดทน โดย The YO-YO Intermittent Endurance Test-Level 2

Speed Level		**Intervals**							
Level	**km/h**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	8.0	40	80						
2	10.5	120	160						
3	12.0	200	240						
4	13.0	280	320	360	400	440	480	520	560
5	13.5	600	640	680	720	760	800	840	880
6	14.0	920	960	1000	1040	1080	1120	1160	1200
7	14.5	1240	1280	1320					
8	15.0	1360	1400	1440					
9	15.5	1480	1520	1560	1600	1640	1680		
10	16.0	1720	1760	1800	1840	1880	1920		
11	16.5	1960	2000	2040	2080	2120	2160		
12	17.0	2200	2240	2280	2320	2360	2400		
13	17.5	2440	2480	2520	2560	2600	2640		
14	18.0	2680	2720	2760	2800	2840	2880		
15	18.5	2920	2960	3000	3040	3080	3120		
16	19.0	3160	3200	3240	3280	3320	3360		
17	19.5	3400	3440	3480	3520	3560	3600		
18	20.0	3640	3680	3720	3760	3800	3840		
19	20.5	3880	3920	3960	4000	4040	4080		
20	21.0	4120	4160	4200	4240	4280	4320		

ที่มา: Gore (2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ซ

วิธีการทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์

<u>วัตถุประสงค์</u> เพื่อทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ เพื่อหาค่า H_{max}, M_{max} และ $H_{max} : M_{max}$

<u>อุปกรณ์</u>

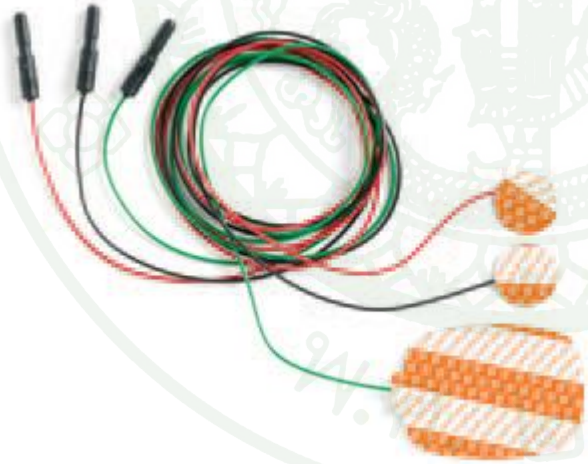
1. แอลกอฮอล์
2. สำลี
3. อิเล็คโทรดวัดสัญญาณกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า
4. เจลตัวกลางในการกระตุ้นกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า
5. เครื่องตรวจกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า (EMG) ยี่ห้อ Medelec ประเทศ อังกฤษ ดังภาพผนวกที่ ซ1

<u>วิธีการ</u>

1. ผู้รับการทดสอบอยู่ในท่านอนคว่ำแบบผ่อนคลาย พักก่อนการทดสอบ 30 นาที
2. ทำความสะอาดบริเวณข้อพับด้านหลังเข่า กล้ามเนื้อ soleus และ gastrocnemius ด้วยแอลกอฮอล์
3. ติดอิเล็คโทรดวัดสัญญาณกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า ดังภาพผนวกที่ ซ2
4. กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ที่บริเวณเส้นประสาท Tibia ในบริเวณข้อพับด้านหลังเข่า (popliteal fossa) โดยการเพิ่มจนกระแสไฟฟ้าครั้งละ 1 มิลลิแอมแปร์ จนได้ Hwave และเพิ่มกระแสไฟขึ้นเรื่อยจนได้ Mwave ที่มีค่าสูงสุด ดังภาพผนวกที่ ซ3
5. บันทึกค่า H_{max}, M_{max} และ $H_{max} : M_{max}$ ตามหน้าจอแสดงการบันทึกผล ดังภาพผนวกที่ ซ4 และภาพผนวกที่ ซ5

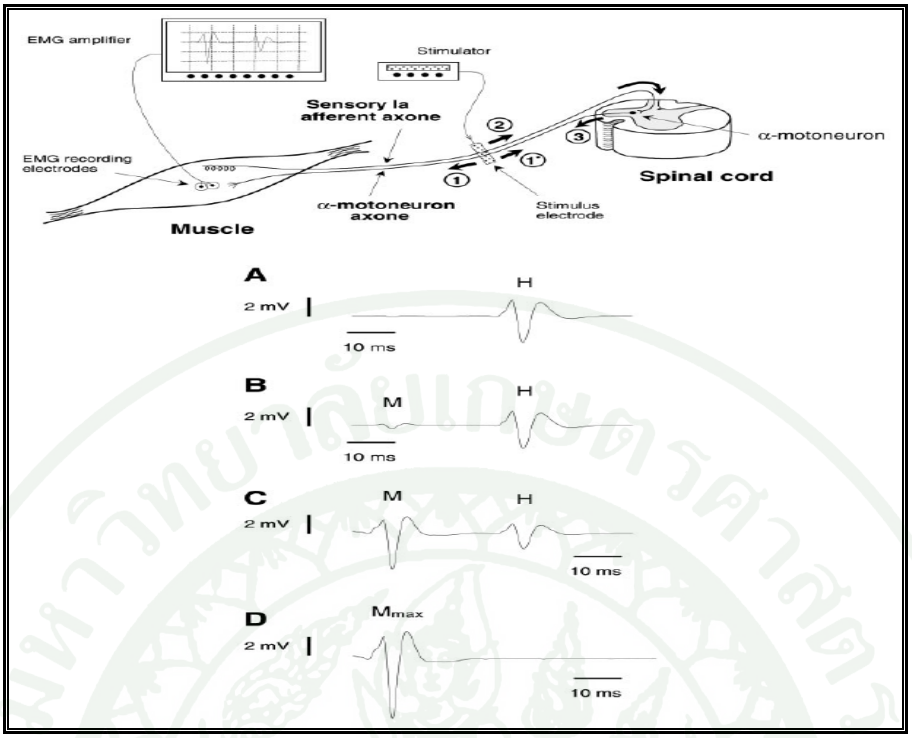
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ซ1 เครื่องตรวจกล้ามเนื้อและระบบประสาทด้วยกระแสไฟฟ้า (EMG) ยี่ห้อ Medelec ประเทศ อังกฤษ เพื่อทดสอบ เฮช-รีเฟล็กซ์ เพื่อหาค่า H_{max}, M_{max} และ $H_{max} : M_{max}$



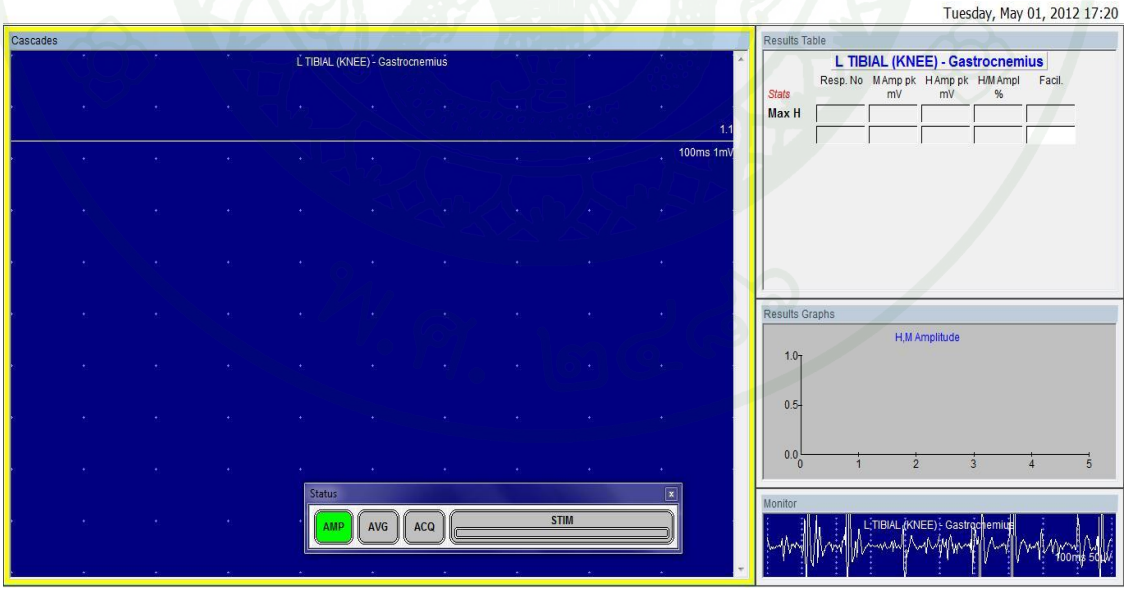
ภาพผนวกที่ ซ2 อิเล็คโทรดวัดสัญญาณกล้ามเนื้อและระบบประสาท (Disposable electrode set for nerve conduction studies)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ซ4 แสดงองค์ประกอบ H reflex

ที่มา : Aagaard. *et al,* (2001)



ภาพผนวกที่ ซ5 แสดงหน้าจอการบันทึกผล H_{max} , M_{max} และ H_{max} : M_{max}

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวหฤทัย จันธรรม
เกิดวันที่	10 มีนาคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด)
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2541
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายขายแผนกเครื่องมือแพทย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัทเบอร์ลี่ ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน)
	กรุงเทพมหานคร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์