



ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อ
ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี
พ.ศ. 2569

ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อ
ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี

พ.ศ. 2569

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ

EFFECT OF PERCEPTUAL AND NEUROMUSCULAR COORDINATION
TRAINING ON MOTOR SKILL PERFORMANCE IN
YOUNG FOOTBALL PLAYERS



THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS, FACULTY OF EDUCATION
THAILAND NATIONAL SPORTS UNIVERSITY UDONTANI CAMPUS

2026

ALL RIGHTS RESERVED BY THAILAND NATIONAL SPORTS UNIVERSITY

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อ
ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน
ชื่อ สกุลผู้วิจัย นายอภิสิทธิ์ สีทา
สาขาวิชา คณะ พลศึกษาและกีฬา ศึกษาศาสตร์
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ)

..... ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมพร ศรีอีสาน)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี อนุมัติให้วิทยานิพนธ์
ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจนา ป่องนุ)

รักษาราชการแทนรองคณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ประจำวิทยาเขตอุดรธานี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษณพาส สมนิล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศักดรินทร์ ธรรมวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมพร ศรีอีสาน)

Thesis Title Effect of Perceptual and Neuromuscular Coordination Training
on Motor Skill Performance in Young Football Players

Researcher's name Mr. Aphisit Sitha

Disciplines, Faculty Physical Education and Sports, Faculty of Education

Advisor Committee

.....Advisor

(Asst. Prof. Thanyawat Homsombat, Ph.D.)

.....Co-advisor

(Asst. Prof. Patumporn Sri-E-San, Ph.D.)

Faculty of Education, Thailand National Sports University Udonthani Campus

Approved this Thesis in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of
Education

.....
(Asst. Prof. Rotjana Pongnoo, Ed.D.)

Acting Deputy Dean of Faculty of Education for Udonthani Campus

Examination Committee

.....Chairman

(Asst. Prof. Poosanapas Somnil, Ph.D.)

.....Committee

(Assoc. Prof. Wipoj Chansem, Ph.D.)

.....Committee

(Sakdarin Thammawong, Ph.D.)

.....Committee

(Asst. Prof. Thanyawat Homsombat, Ph.D.)

.....Committee

(Asst. Prof. Patumporn Sri-E-San, Ph.D.)

บทคัดย่อ

อภิสิทธิ์ สีทา. (2569). ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน (ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมพร ศรีอีสาน

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชายอายุไม่เกิน 13 ปี จำนวน 62 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง ที่ได้รับโปรแกรมฝึก และกลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกซ้อมฟุตบอลโปรแกรมปกติ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ แบบทดสอบการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว วิเคราะห์ข้อมูลโดยร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบวัดซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบทักษะกลไกการเคลื่อนไหวด้วยสถิติทดสอบ Independent t-test และการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของการทรงตัวทั้งขาขวาและขาซ้าย ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ดีขึ้นภายหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ขณะที่กลุ่มควบคุมพบว่ามีค่าเฉลี่ยของการทรงตัวทั้งขาขวาและขาซ้าย ความคล่องแคล่วว่องไว และพลังระเบิดดีขึ้นภายหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลองมีการทรงตัวทั้งขาขวาและขาซ้าย ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์เท่านั้นที่กลุ่มทดลองมีผลการทดสอบด้านความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง และความเร็วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทางตรงกันข้าม ตัวแปรด้านการทรงตัว เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิดไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถช่วยพัฒนาการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วของกลุ่มทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยภายหลังการฝึกครบ 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีผลการทดสอบด้านความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง และความเร็วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ตัวแปรด้านการทรงตัว เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิดไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การฝึกการรับรู้ การประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว นักกีฬาฟุตบอลเยาวชน



ABSTRACT

Aphisit Sitha. (2026). *Effect of Perceptual and Neuromuscular Coordination Training on Motor Skill Performance in Young Football Players*. (Master of Education), Thailand National Sports University Udon Thani campus.

Advisors

1. Asst. Prof. Dr. Thanyawat Homsombat
2. Asst. Prof. Dr. Patumporn Sri-E-San

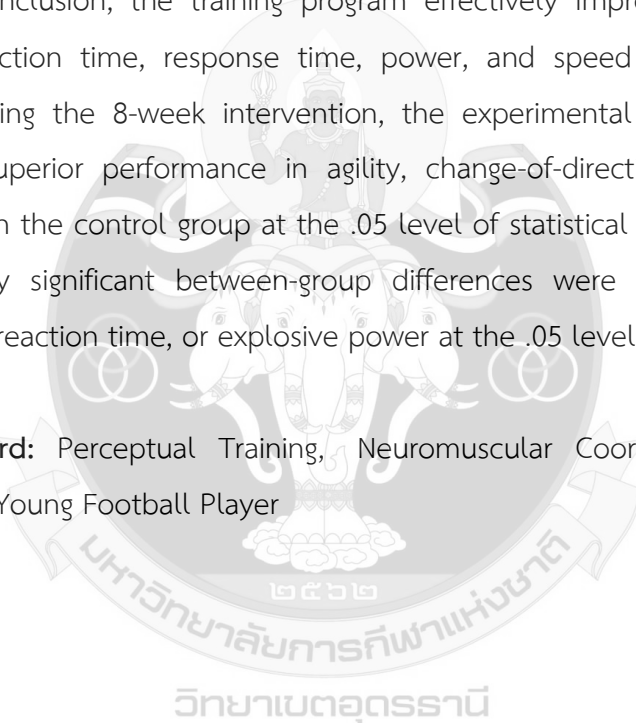
This experimental study aimed to investigate and compare the effects of perceptual and neuromuscular coordination training on motor movement skills in youth football players. The participants consisted of 62 male football players under 13 years of age, who were randomly assigned into an experimental group (n = 31), which participated in the training program, and a control group (n = 31), which continued their regular football training program. The intervention was conducted over a period of 8 weeks. The research instruments included a perceptual and neuromuscular coordination training program, as well as assessments of balance, agility, change-of-direction time, response time, power, and speed. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was employed to examine differences across testing periods, while the Independent t-test was used to compare mean scores of motor movement skills between groups. Pairwise comparisons were further conducted using the Bonferroni method. Statistical significance was set at the .05 level.

The results revealed that the experimental group demonstrated improvements in the mean scores of balance in both the right and left legs, agility, change-of-direction time, response time, power, and speed following 4 and 8 weeks of training. Similarly, the control group showed improvements in the mean scores of balance in both the right and left legs, agility, and power after 4 and 8 weeks of training. When comparing within-group differences among the pre-training assessment, the 4-week post-training assessment, and the 8-week post-training assessment, the experimental group demonstrated statistically significant differences

at the .05 level in balance of both the right and left legs, agility, change-of-direction time, response time, power, and speed. Furthermore, comparisons between the experimental and control groups revealed that only after the completion of the 8-week training program did the experimental group demonstrate significantly superior performance in agility, change-of-direction time, and speed compared with the control group at the .05 level of statistical significance. In contrast, no statistically significant between-group differences were observed in balance, response time, and power at the .05 level.

In conclusion, the training program effectively improved balance, agility, change-of-direction time, response time, power, and speed in the experimental group. Following the 8-week intervention, the experimental group demonstrated significantly superior performance in agility, change-of-direction time, and speed compared with the control group at the .05 level of statistical significance. However, no statistically significant between-group differences were observed in balance performance, reaction time, or explosive power at the .05 level.

Keyword: Perceptual Training, Neuromuscular Coordination, Motor Skill Performance, Young Football Player



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญาวัฒน์ หอมสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปทุมพร ศรีอีสาน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการทำ วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อีกทั้งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษณพาส สมนิล ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม และอาจารย์ ดร.ศักดรินทร์ ธรรมวงศ์ ที่ได้ กรุณาเป็นคณะกรรมการร่วมพิจารณา ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ อันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อ การปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือทุกท่าน ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษา บริญญาโท สาขาวิชาพลศึกษาและกีฬาทุกคน ที่คอยช่วยเหลือแนะนำ สนับสนุนข้อมูลด้านการวิจัย และให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการศึกษา

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ และผู้ที่อยู่เบื้องหลังแห่งความสำเร็จครั้งนี้ คอยช่วยเหลือและให้ กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่พระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในการทำวิทยานิพนธ์ จวบจนผู้วิจัยประสบความสำเร็จในครั้งนี้

อภิสิทธิ์ สี่ทา

วิทยาเขตอุดรธานี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
สมมติฐานการวิจัย	6
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	6
กรอบแนวคิดการวิจัย	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
แนวคิดเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล	8
องค์ประกอบของกีฬาฟุตบอล	9
ทักษะของกีฬาฟุตบอล.....	10
สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล	11
หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย	14
ความหมายของสมรรถภาพทางกาย.....	14
องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย	16
สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์เพื่อสุขภาพ	16
สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ.....	18
หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับทักษะกลไกการเคลื่อนไหว.....	26
การจำแนกการเคลื่อนไหว.....	27
ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่.....	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2	
ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็ก.....	29
หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับฝึกกีฬา	30
หลักความเฉพาะเจาะจง	31
หลักความก้าวหน้า	34
หลักความสม่ำเสมอ	37
หลักการพักและฟื้นฟู	39
หลักความหลากหลาย	42
หลักการย้อนกลับ.....	45
หลักการเป็นรายบุคคล.....	47
ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา	49
หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ	56
การรับรู้.....	57
ความหมายโปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ.....	58
องค์ประกอบโปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ.....	61
การรับรู้ทางประสาทสัมผัส	61
การประมวลผลของสมอง.....	64
การควบคุมกล้ามเนื้อ	66
การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหว.....	69
การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด.....	71
ความเร็วในการตอบสนอง.....	74
การรับรู้เชิงสถานการณ์.....	76
ระบบประสาทกล้ามเนื้อ	79
การฝึกการรับรู้.....	82
กลไกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย	83
สมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรมความสัมพันธ์	
ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ.....	85
ความหมายสมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรม	
ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ.....	85

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	สมรรถภาพทางกายของระบบประสาทกล้ามเนื้อ 88	88
	วิธีการวัดสมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรม	
	ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ 89	89
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 99	99
	งานวิจัยในประเทศ 99	99
	งานวิจัยในต่างประเทศ 102	102
3	วิธีดำเนินการวิจัย 108	108
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 108	108
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 111	111
	เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง 111	111
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 111	111
	ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ 112	112
	วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ 112	112
	การเก็บรวบรวมข้อมูล 112	112
	การวิเคราะห์ข้อมูล 115	115
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 116	116
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 116	116
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 140	140
	สรุปผลการวิจัย 140	140
	อภิปรายผลการวิจัย 146	146
	สรุปผลการทดลอง 155	155
	ข้อเสนอแนะ 155	155
	บรรณานุกรม 156	156
	ภาคผนวก 211	211
	ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 212	212
	ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 219	219
	ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 234	234
	ภาคผนวก ง เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย 241	241

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

ภาคผนวก จ เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย	248
ภาคผนวก ฉ ภาพกิจกรรม	250
ภาคผนวก ช ใบรับรองจริยธรรม	258
ประวัติผู้วิจัย.....	260



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา.....	56
4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง	117
4.2 อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	117
4.3 ผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-wilk test.....	118
4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8.....	120
4.5 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลัง การฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	122
4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	122
4.7 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง	123
4.8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	123
4.9 ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง	124
4.10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni ความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	124
4.11 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง	125
4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	125
4.13 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง	126
4.14 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni เวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง.....	126

สารบัญตาราง(ต่อ)

[illegible]

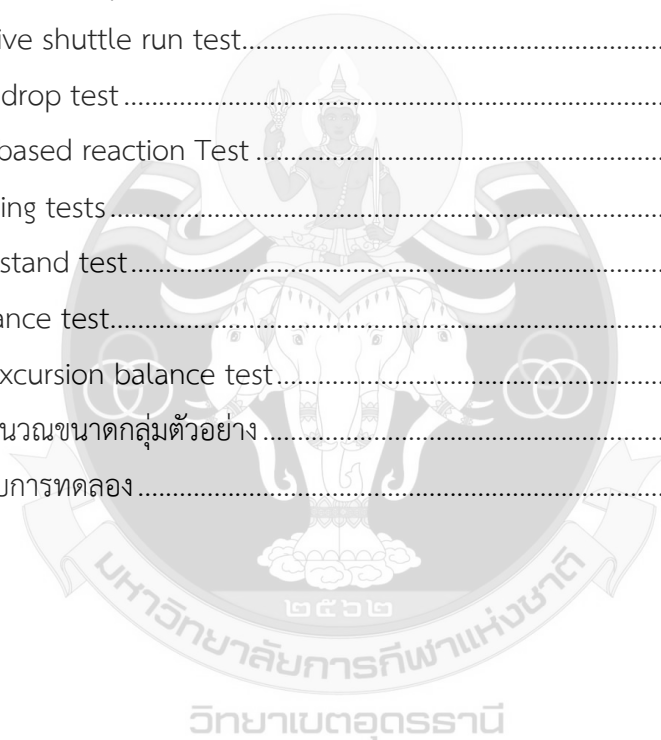
สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.29 ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม.....	134
4.30 ผลการเปรียบเทียบก่อนการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	135
4.31 ผลการเปรียบเทียบหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	137
4.32 ผลการเปรียบเทียบหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	138



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดความคิดในการวิจัย	7
2.1 Illinois agility test	90
2.2 t-test	90
2.3 505 test	91
2.4 Reactive y-shaped agility test	91
2.5 Reactive shuttle run test.....	92
2.6 Ruler drop test	93
2.7 Light-based reaction Test	93
2.8 Stepping tests	94
2.9 Stork stand test.....	95
2.10 Y-balance test.....	96
2.11 Star excursion balance test.....	96
3.1 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง	109
3.2 รูปแบบการทดลอง	114



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตบอล (Football หรือ Soccer) เป็นกีฬาประเภททีมที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก โดยมีผู้เล่นฝ่ายละ 11 คน แข่งขันกันในสนามหญ้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำประตูให้ได้มากกว่าคู่แข่งภายในเวลาที่กำหนด (Fédération Internationale de Football Association; FIFA., 2022, Online) ทักษะที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมลูกฟุตบอลและการปฏิบัติการต่าง ๆ ระหว่างการแข่งขัน เช่น การเลี้ยงบอล (Dribbling) การส่งบอล (Passing) การยิงประตู (Shooting) การหยุดบอล/ควบคุมบอล (Controlling) การโหม่ง (Heading) หรือการเล่นบอลด้วยศีรษะในจังหวะบุกหรือป้องกัน และการเข้าสกัด (Tackling) (Vaughan et al. 2021, pp. 1-13) ซึ่งทักษะที่ซับซ้อนและรวดเร็ว ทั้งในด้านการเคลื่อนไหว ความคล่องแคล่วว่องไว การตัดสินใจ และการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในสนาม นักฟุตบอลจึงต้องมีการพัฒนาการด้านสมรรถภาพทางกายที่หลากหลาย รวมถึงการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว (Wang et al., 2024, pp. 148-155)

การฝึกการรับรู้ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Perceptual and neuromuscular coordination training) เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการทำงานร่วมกันอย่างสอดคล้องระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและกล้ามเนื้อ เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำ รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนทิศทาง การตัดสินใจที่รวดเร็ว และการตอบสนองที่เฉียบคม เช่น ฟุตบอล (Wan et al., 2025, pp. 1-13) การฝึกในลักษณะนี้ช่วยเสริมสร้างทักษะการเคลื่อนไหวที่เฉพาะเจาะจงในนักกีฬาฟุตบอลที่สำคัญ ได้แก่ การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการเล่นในสนาม (Zemková and Zapletalová, 2022, pp. 76–83) งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าการทรงตัว (Balance) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบประสานงานประสาทกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการทรงตัวแบบไดนามิกที่ต้องอาศัยกล้ามเนื้อแกนกลางและ

กล้ามเนื้ออย่างครึ่งล่างในการควบคุมเสถียรภาพของร่างกายขณะเคลื่อนไหว (Wang et al., 2024, pp. 148-155) นอกจากนี้การฝึกการทรงตัวยังสามารถพัฒนาการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจน (Wang et al., 2025, pp. 1-14) ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บที่ข้อเท้าและเข่า ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการควบคุมท่าทางในสถานการณ์ไม่มั่นคง (Su et al., 2025, pp. 1-11) องค์ประกอบอีกประการหนึ่งคือ ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) และเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction time) ซึ่งต้องอาศัยการประสานงานระหว่างระบบรับรู้และระบบกล้ามเนื้อ โดยมีความสัมพันธ์กับการกระตุ้นของระบบประสาทส่วนกลางและการสั่งงานของหน่วยมอเตอร์ (Motor unit recruitment) (Sun et al., 2025, pp. 1-13) และการฝึกในรูปแบบความคล่องแคล่วว่องไวและเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง อย่างสม่ำเสมอสามารถกระตุ้นระบบประสาทให้เกิดการตอบสนองที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Lloyd et al., 2020, pp. 33-39) จากการศึกษาของ Morral-Yepes et al. (2023, pp. 1-14) ชี้ให้เห็นว่าความคล่องแคล่วว่องไวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง โดยนักฟุตบอลเยาวชนที่มีคะแนนความคล่องแคล่วว่องไวสูงจะสามารถเปลี่ยนทิศทางได้รวดเร็วกว่า แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นของการฝึกพัฒนาทั้งสององค์ประกอบควบคู่กัน ส่วนเวลาในการตอบสนอง (Response time) เป็นอีกองค์ประกอบที่มีบทบาทสำคัญในด้านการรับรู้และการเคลื่อนไหว ซึ่งแสดงถึงความสามารถของระบบประสาทในการตรวจจับสิ่งเร้าและสั่งการไปยังกล้ามเนื้ออย่างแม่นยำและรวดเร็ว โดยมีความสัมพันธ์กับการทำงานของสมองส่วน Motor cortex Cerebellum และ Prefrontal cortex (Ren et al., 2025, pp. 1-18) โดยการฝึกที่ผสมผสานสิ่งเร้าเสมือนจริง ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสำหรับความรู้สึกและส่งผลให้เวลาในการตอบสนองเร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Cariati et al., 2025, pp. 1-10) จะเห็นว่าการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะพื้นฐานของนักกีฬาฟุตบอล ทั้งในด้านการทรงตัว ความคล่องตัว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง และเวลาในการตอบสนอง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเล่นและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บในระยะยาว ซึ่งการศึกษาของ Stergiou et al. (2025, pp. 1-16) ได้ยืนยันว่าการฝึกที่เน้นการประสานงานร่วมกับการฝึกการทรงตัวอย่างเป็นระบบ สามารถส่งเสริมการควบคุมท่าทางของร่างกายและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Matsutake et al. (2024, pp. 1-15) ซึ่งระบุว่า การฝึกในรูปแบบผสมผสานระหว่างการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วกับการควบคุมกล้ามเนื้ออย่างแม่นยำ ส่งผลให้ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาเพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และทักษะการเคลื่อนไหวที่

เฉพาะเจาะจงในนักกีฬาฟุตบอล อีกด้านหนึ่งที่มีส่วนสำคัญที่ส่งผลให้นักกีฬาประสบความสำเร็จสูงสุดคือ เวลาในการตอบสนอง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในสถานการณ์การแข่งขันที่ต้องอาศัยการตัดสินใจอย่างฉับพลัน จากการศึกษาของ Chen et al. (2025, pp. 1-16) ได้แสดงให้เห็นว่า การฝึกที่กระตุ้นระบบประสาทส่วน รับรู้ร่วมกับการเคลื่อนไหวในลักษณะของ Reflex-based training มีส่วนช่วยลดระยะเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างมีนัยสำคัญ อันส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเล่นในสภาวะการแข่งขันจริง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Wan et al. (2025, pp. 1-13) ให้การสนับสนุนว่าการฝึกประสานงาน ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในระยะยาวนั้น มีบทบาทสำคัญต่อการเสริมสร้างความมั่นคงของ การเคลื่อนไหว และช่วยพัฒนาสมรรถภาพพื้นฐานของนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงวัยที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จากหลักฐานเชิงประจักษ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า เวลาในการตอบสนองไม่เพียงเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสมรรถภาพทางกาย แต่ยังมีบทบาทสำคัญใน ฐานะตัวแปรเชิงทำนายที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติภารกิจทางการกีฬาโดยตรง

แม้ว่าจะมีหลักฐานทางวิชาการจำนวนมากที่สนับสนุนประโยชน์ของการฝึกการประสานงาน ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการส่งเสริมสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะในด้านการ ทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และ ความเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยบางส่วนที่รายงานผลลัพธ์ที่ขัดแย้งหรือไม่ชัดเจนเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพของการฝึกดังกล่าว เช่น การศึกษาของ Morral-Yepes et al. (2023, pp. 1-14) พบว่า แม้ นักกีฬางานรายจะมีพัฒนาการด้านความคล่องแคล่วว่องไวภายหลังการฝึก แต่ความสามารถในการทรงตัว และเวลาในการตอบสนองกลับไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผล การศึกษาของ Trajković et al. (2020, pp. 1-10) แม้จะใช้โปรแกรมฝึกที่เข้มข้นในนักกีฬาวอลเลย์บอล เยาวชน แต่กลับพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในความคล่องแคล่วว่องไว และไม่พบความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญในเวลาการตอบสนอง สะท้อนถึงความแตกต่างเฉพาะบุคคลในการตอบสนองต่อรูปแบบ การฝึก นอกจากนี้ การศึกษาของ Friebe et al. (2024, pp. 276-288) ชี้ให้เห็นว่าการฝึกประสานงาน ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้นักกีฬาฟุตบอลสมัครเล่นยกระดับ ความสามารถด้านความคล่องตัวหรือความเร็วในการตัดสินใจในสถานการณ์แข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เท่ากับการฝึกเชิงเทคนิคหรือเชิงแทคติก ขณะที่การศึกษาของ Broodryk et al. (2025, pp. 1-13) ได้ สรุปว่านักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่ได้รับการฝึกในลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลเชิงบวกเฉพาะต่อการควบคุม การเคลื่อนไหวในบริบทของห้องปฏิบัติการ แต่การถ่ายทอดผลของการฝึกไปสู่สถานการณ์การแข่งขันจริง

ยังมีข้อจำกัดอย่างมาก จากข้อค้นพบที่หลากหลายและบางส่วนยังมีความขัดแย้งดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิผลของการฝึกการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการส่งเสริมการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วในนักกีฬาฟุตบอล ยังคงเป็นประเด็นที่อยู่ระหว่างการอภิปรายและต้องการการพิสูจน์เพิ่มเติม โดยเฉพาะด้านความสามารถในการทรงตัวและเวลาในการตอบสนอง (Morrall-Yepes et al. 2023, pp. 1-14 ; Friebe et al. 2024, pp. 276–288) ความคล่องแคล่วว่องไว (Trajković et al. 2020, pp. 1-10 ; Friebe et al. 2024, pp. 276–288) เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นในการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักกีฬาฟุตบอลชาย อายุไม่เกิน 13 ปี จากอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักกีฬาฟุตบอลชาย อายุไม่เกิน 13 ปี จากอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี จำนวน 62 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 31 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน ดังนี้

1. **กลุ่มทดลอง** ฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
2. **กลุ่มควบคุม** ฝึกซ้อมฟุตบอลโปรแกรมปกติ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. **ตัวแปรอิสระ** คือ การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
2. **ตัวแปรตาม** คือ ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ประกอบด้วย การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว

สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ สโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี

นิยามศัพท์เฉพาะ

การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ หมายถึง การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬาฟุตบอล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทรงตัวหรือความสมดุล ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว

ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน หมายถึง ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวที่ส่งเสริมให้นักกีฬาฟุตบอลเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

1. **การทรงตัวหรือความสมดุล (Balance)** หมายถึง ความสามารถในการควบคุมและรักษาเสถียรภาพของร่างกายขณะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหว
2. **ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)** หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางหรือเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
3. **เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction time)** หมายถึง ระยะเวลาที่ผู้ปฏิบัติใช้ในการเคลื่อนที่จากทิศทางหนึ่งไปยังอีกทิศทางหนึ่งตามที่กำหนดไว้ โดยประกอบด้วยช่วงเวลา

ในการเบรก (Deceleration phase) การควบคุมจุดศูนย์ถ่วง (Stabilization phase) และการเร่งความเร็วออกตัวไปในทิศทางใหม่ (Acceleration phase)

4. เวลาในการตอบสนอง (Response time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าหลังจากได้รับการกระตุ้น

5. พลังระเบิด (Power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุดในระยะเวลาที่สั้นที่สุด เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว

6. ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ในระยะทาง 30 เมตร โดยใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ให้น้อยที่สุด

นักกีฬาฟุตบอลเยาวชน หมายถึง นักกีฬาฟุตบอลชายอายุไม่เกิน 20 ปี (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2550, น. 1-19) ซึ่งในการศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายอายุไม่เกิน 13 ปี ที่ผ่านการคัดเลือกและขึ้นทะเบียนเป็นนักกีฬายาวได้สังกัดสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี โดยมีสถานภาพเป็นนักกีฬาที่เข้ารับการฝึกซ้อมและแข่งขันตามเกณฑ์ของสโมสรอย่างเป็นทางการ

สมมติฐานของการวิจัย

1. การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อส่งผลให้ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกัน

2. นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่ได้รับการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ จะมีการพัฒนาความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลของเยาวชน แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกซ้อมฟุตบอลโปรแกรมปกติ

ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

1. ได้รูปแบบโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

2. ได้แนวทางในการวางแผนและออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาฟุตบอล โดยเน้นการพัฒนาความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

3. ได้แนวทางในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและทักษะทางกีฬา โดยการฝึกที่เน้น การทรงตัวหรือความสมดุล ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุในกีฬา ส่งเสริมการใช้โปรแกรมฝึกที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในวงการกีฬา และเป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงสำหรับการพัฒนาศักยภาพนักกีฬาระดับเยาวชนและงานวิจัยในอนาคต

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



ภาพ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล
2. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย
3. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว
4. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับฝึกกีฬา
5. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภททีมที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานและได้รับความนิยมสูงสุดในระดับโลก จุดเริ่มต้นของกีฬาฟุตบอลสามารถสืบย้อนไปได้ถึงกิจกรรมการเล่นลูกบอลในอารยธรรมโบราณ เช่น ประเทศจีน กรีก และโรมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "ซูจู" (Cuju) ในประเทศจีนโบราณ ซึ่งจัดว่าเป็นรูปแบบของกีฬาฟุตบอลที่เก่าแก่ที่สุดในโลก (Fédération Internationale de Football Association; FIFA., 2022, Online) กีฬาประเภทนี้ได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนเข้าสู่ยุโรปในยุคกลาง และได้รับความนิยมในประเทศอังกฤษอย่างรวดเร็วในช่วงศตวรรษที่ 19

ในปี ค.ศ. 1863 สมาคมฟุตบอลแห่งอังกฤษ (The football association; FA) ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ และมีการกำหนดกติกามาตรฐานของกีฬาฟุตบอลเป็นครั้งแรก ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของฟุตบอลสมัยใหม่ นับแต่นั้นมาก็กีฬาฟุตบอลได้ขยายตัวไปทั่วโลกอย่างรวดเร็วและมีการจัดการ

แข่งขันในระดับนานาชาติ เช่น การแข่งขันฟุตบอลโลก (Fifa world cup) ซึ่งเริ่มครั้งแรกในปี ค.ศ. 1930 ที่ประเทศอูรุกวัย

ปัจจุบันกีฬาฟุตบอลไม่ได้เป็นเพียงกิจกรรมเพื่อการพักผ่อนหรือความบันเทิงเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทในด้านเศรษฐกิจ วัฒนธรรม และสุขภาพของประชากรทั่วโลก กีฬานี้ยังถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะทางสังคม การเรียนรู้การทำงานเป็นทีม และการสร้างเสริมสุขภาวะทางกายและจิตใจในหมู่เยาวชนอีกด้วย (Eliason et al., 2023, pp. 749–761)

องค์ประกอบของกีฬาฟุตบอล

กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภททีมที่มีความซับซ้อนในเชิงโครงสร้างและการปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญหลายประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเล่น ทั้งในด้านทักษะพื้นฐาน สมรรถภาพทางกาย กลยุทธ์การเล่น และปัจจัยทางจิตวิทยา

1. ทักษะพื้นฐาน (Technical skills) ทักษะพื้นฐานของกีฬาฟุตบอลประกอบด้วย การส่งบอล (Passing) การเลี้ยงบอล (Dribbling) การยิงประตู (Shooting) การหยุดบอล (Controlling) และการโหม่ง (Heading) ซึ่งล้วนเป็นทักษะที่นักกีฬาจำเป็นต้องฝึกฝนให้มีความชำนาญสูงเพื่อใช้ในการแข่งขันจริง (Ferraz et al., 2025, pp. 206–225)

2. สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) องค์ประกอบทางกายภาพ เช่น ความเร็ว (Speed) ความคล่องตัว (Agility) ความแข็งแรง (Strength) ความทนทาน (Endurance) และพลังระเบิด (Power) ล้วนมีความสำคัญต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวและตอบสนองในสถานการณ์แข่งขันที่มีความเข้มข้นสูง (Clemente et al., 2025, pp. 1-15)

3. กลยุทธ์และแทคติก (Tactical knowledge) ความเข้าใจในกลยุทธ์การเล่นทั้งระดับทีมและรายบุคคล เช่น การวางตำแหน่ง (Positioning) การเคลื่อนที่โดยไม่ถือบอล (Off-the-ball movement), และการประสานงานกับเพื่อนร่วมทีม ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเล่น (Low et al., 2020, pp. 343–385)

4. ปัจจัยทางจิตวิทยา (Psychological factors) คุณลักษณะทางจิตวิทยา เช่น สมาธิ ความมั่นใจในตนเอง การควบคุมอารมณ์ และแรงจูงใจ มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมศักยภาพของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเผชิญกับสถานการณ์กดดันในระหว่างการแข่งขัน (Tosti et al., 2024, pp. 1-14)

5. การทำงานร่วมกันเป็นทีม (Team cohesion) ความสามารถในการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างสมาชิกในทีม เช่น การสื่อสาร การสนับสนุนซึ่งกันและกัน และการปรับตัวตามบทบาท เป็นองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จของทีมในภาพรวม

สรุปได้ว่า องค์ประกอบทั้ง 5 ด้านนี้ คือทักษะทางเทคนิค สมรรถภาพทางกาย ทักษะทางจิตใจ การประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อ และการทำงานเป็นทีม ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาฟุตบอลให้มีศักยภาพและสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกฝนและพัฒนาองค์ประกอบเหล่านี้อย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักกีฬาฟุตบอลทุกระดับ

ทักษะของกีฬาฟุตบอล

ทักษะของกีฬาฟุตบอลหมายถึงความสามารถเฉพาะตัวของนักกีฬาในการควบคุมลูกบอลและปฏิบัติกิจกรรมในสถานการณ์ต่าง ๆ ของเกมการแข่งขันอย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะเหล่านี้สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ทักษะพื้นฐาน (Basic skills) และทักษะเฉพาะทาง (Advanced or specific skills) ซึ่งมีความสำคัญทั้งในด้านการพัฒนาและการประเมินสมรรถภาพของนักกีฬาในทุกระดับ ดังนี้

1. การส่งบอล (Passing) การส่งบอลเป็นทักษะที่สำคัญที่สุดในเกมฟุตบอล เนื่องจากการสื่อสารและเชื่อมโยงการเล่นระหว่างเพื่อนร่วมทีม การส่งบอลที่แม่นยำช่วยสร้างโอกาสในการบุกและลดความเสี่ยงจากการเสียบอล (Tappan et al., 2025, pp. 1-10)

2. การเลี้ยงบอล (Dribbling) การเลี้ยงบอลเป็นทักษะที่ช่วยให้นักกีฬาสามารถควบคุมลูกบอลภายใต้แรงกดดันจากฝ่ายตรงข้าม โดยทักษะนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการควบคุมมอเตอร์ขั้นละเอียด (Fine motor control) และการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว (Igonin et al., 2024, pp. 418-426)

3. การยิงประตู (Shooting) ทักษะการยิงประตูต้องอาศัยความแม่นยำ ความแรง และจังหวะที่เหมาะสม เป็นหนึ่งในทักษะที่มีผลต่อผลการแข่งขันโดยตรง นักเตะที่มีทักษะการยิงประตูดี มักมีการประสานงานระหว่างสายตา สมอง และร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ (Clemente et al., 2023, pp. 111-147)

4. การหยุดบอลและควบคุมบอล (Controlling) การควบคุมบอลเป็นทักษะพื้นฐานที่ใช้ในการรับบอลจากการส่งของเพื่อนร่วมทีมหรือจากจังหวะรีบาวน์ ทักษะนี้เป็นรากฐานของการเล่นฟุตบอลอย่างมีประสิทธิภาพในทุกระดับของการแข่งขัน (Clemente et al., 2023, pp. 111-147)

5. การโหม่ง (Heading) การโหม่งเป็นทักษะเฉพาะที่ใช้ในการป้องกัน การส่งบอล หรือการทำประตู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ลูกกลางอากาศ ซึ่งต้องอาศัยความแม่นยำและการประสานงานของการกระโดด การเคลื่อนไหว และการใช้ศีรษะ (McCunn et al., 2021, pp. 2147-2163)

สรุปได้ว่า ทักษะต่างๆ ในกีฬาฟุตบอลเป็นองค์ประกอบที่นักกีฬาต้องพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่น โดยทักษะการส่งบอล การเลี้ยงบอล การยิงประตู การหยุดบอลควบคุมบอล และการโหม่ง ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อนักฟุตบอล การฝึกฝนทักษะเหล่านี้เหมาะสมจึงเป็นหัวใจของการพัฒนานักกีฬาฟุตบอลทุกระดับ

สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล

สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลหมายถึงความสามารถของร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายภาพที่สัมพันธ์กับทักษะเฉพาะของกีฬา ความสามารถทางร่างกายที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมเพื่อให้สามารถปฏิบัติทักษะฟุตบอลได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพการแข่งขันที่เข้มข้นและต่อเนื่อง (Zouhal et al., 2020, pp. 987–1007) สมรรถภาพทางกายเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะในการเล่น ลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บ และส่งผลต่อความสำเร็จในระดับการแข่งขันสูงสุด ซึ่งประกอบด้วย

ความแข็งแรง (Strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อในการสร้างแรงสูงสุดเพื่อต่อต้านแรงต้านภายนอก ทั้งในลักษณะอยู่กับที่ (Isometric) และการเคลื่อนไหว (Dynamic) ซึ่งมีความสำคัญต่อการปะทะกับคู่ต่อสู้ การรักษาความมั่นคงขณะเคลื่อนที่ และการสร้างแรงระเบิดในการยิงหรือส่งบอลอย่างมีประสิทธิภาพในกีฬาฟุตบอล

พลังระเบิด (Power) หมายถึง ความสามารถของระบบกล้ามเนื้อในการสร้างแรงสูงสุดในช่วงเวลาสั้นที่สุด หรือเป็นผลคูณระหว่างแรง (Force) และความเร็ว (Velocity) ของการเคลื่อนไหว ในกีฬาฟุตบอล พลังระเบิดเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักกีฬาสามารถกระโดดโหม่งบอล วิ่งออกตัวอย่างรวดเร็ว และยิงบอลด้วยความแรงสูงสุดในจังหวะสำคัญของเกม

ความทนทาน (Endurance) หมายถึง ความสามารถของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ และระบบกล้ามเนื้อ ในการทำงานหรือออกแรงในระดับปานกลางถึงหนักอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานโดยไม่เกิดความเหนื่อยล้าจนเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานในกีฬาฟุตบอล ความทนทานมีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวตลอดเกม การวิ่งซ้ำ ๆ และการรักษาความเข้มข้นของการแข่งขันสิ้นสุดการแข่งขัน

ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในเวลาอันสั้นที่สุด โดยรวมถึงทั้งความเร็วในการวิ่งเป็นเส้นตรง (Linear speed) และความเร็วในการเคลื่อนที่แบบเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction speed) ในกีฬาฟุตบอล ความเร็วมีความสำคัญต่อการวิ่งไล่บอล การหนีตัวประกบ และการสร้างโอกาสในเก็กรุกอย่างมีประสิทธิภาพ

การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาศูนย์ถ่วงของร่างกายให้อยู่ภายในฐานการรองรับ ทั้งในสภาวะอยู่กับที่ (Static balance) และระหว่างการเคลื่อนไหว (Dynamic balance) โดยไม่สูญเสียสมดุลหรือหกล้มในกีฬาฟุตบอล การทรงตัวเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักกีฬาสามารถควบคุมท่าทางในระหว่างการเลี้ยงบอล การเปลี่ยนทิศทาง หรือการปะทะกับคู่ต่อสู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หรือ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางหรือเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วและควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในการแข่งขัน โดยประกอบด้วยองค์ประกอบของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction speed) และความสามารถในการรับรู้และตัดสินใจ (Perceptual and decision-making ability) ในกีฬาฟุตบอล ความคล่องแคล่วว่องไวนี้สำคัญต่อการเลี้ยงหลบลูกต่อสู่ การเปลี่ยนทิศทางเพื่อสร้างพื้นที่ หรือการเข้าสกัดบอลอย่างแม่นยำ

เวลาในการตอบสนอง (Response time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่การได้รับสิ่งเร้าภายนอก (Stimulus) จนถึงการเริ่มต้นตอบสนองด้วยการเคลื่อนไหว (Response initiation) โดยเป็นตัวบ่งชี้ความเร็วของระบบประสาทในการประมวลผลและส่งคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อ ในกีฬาฟุตบอล เวลาในการตอบสนองมีความสำคัญต่อการตัดสินใจและการปฏิบัติในสถานการณ์การแข่งขัน เช่น การหยุดบอล การเลี้ยงหลบลูก หรือการยิงประตูอย่างแม่นยำและรวดเร็ว

ความยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ช่วงการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อหรือกลุ่มข้อต่อสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างเต็มที่โดยไม่เกิดความเจ็บปวดหรือบาดเจ็บ ความยืดหยุ่นมีความสำคัญต่อการลดความเสี่ยงการบาดเจ็บและเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว เช่น ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อต้นขาและสะโพกที่มีบทบาทสำคัญต่อการเตะบอลในกีฬาฟุตบอล

การประสานงาน (Coordination) หมายถึง ความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการทำงานร่วมกันอย่างสอดคล้องและมีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องแม่นยำ และเหมาะสมกับสถานการณ์ โดยส่งผลให้การปฏิบัติทักษะต่าง ๆ เป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิผล ในกีฬาฟุตบอล การประสานงานมีบทบาทสำคัญในการควบคุมทักษะการเลี้ยงบอล การส่งบอล และการยิงประตูอย่างแม่นยำ

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลหมายถึงความสามารถทางร่างกายที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง พลังระเบิด ความทนทาน ความเร็ว การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง ความยืดหยุ่น และการประสานงาน ซึ่งทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมเพื่อรองรับการปฏิบัติทักษะฟุตบอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพภายใต้สภาพการแข่งขันที่เข้มข้นและต่อเนื่อง สมรรถภาพทางกายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มสมรรถนะ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และส่งเสริมความสำเร็จในระดับการแข่งขันสูงสุดของนักกีฬา

การพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการแข่งขัน ทั้งนี้ การศึกษาและวิเคราะห์สมรรถภาพในแต่ละตำแหน่งของผู้เล่นสามารถนำไปสู่การออกแบบโปรแกรมฝึกที่เหมาะสมเฉพาะบุคคล ซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจากการศึกษาของ Clemente et al. (2023, pp. 111–147) ซึ่งได้วิเคราะห์โปรไฟล์สมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลในแต่ละตำแหน่ง พบว่านักฟุตบอลแต่ละตำแหน่งมีลักษณะความสามารถทางกายภาพที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ตำแหน่งกองกลางจำเป็นต้องมีความทนทานในระดับสูง ขณะที่ตำแหน่งกองหน้าจำเป็นต้องมีความเร็วและความคล่องตัวสูงกว่า ในทำนองเดียวกัน Zouhal et al. (2020, pp. 987–1007) ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางกายกับผลการแข่งขันฟุตบอล โดยพบว่าระดับสมรรถภาพทางกายที่สูงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความสำเร็จในการแข่งขัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสมรรถภาพทางกายเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของนักกีฬา นอกจากนี้ Praça et al. (2022, pp. 163–176) ได้ศึกษาผลของการฝึกซ้อมแบบ Small-sided games ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่เน้นการเล่นในพื้นที่จำกัด โดยผลการศึกษาชี้ว่า การฝึกในลักษณะนี้สามารถพัฒนาความเร็ว ความคล่องตัว และความทนทานของนักฟุตบอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับงานวิจัยในบริบทของประเทศไทย วิรัตน์ สนธิจันทร์ (2567, น. 44–55) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบ High-intensity interval training (HIIT) ต่อความทนทานของนักฟุตบอลระดับมัธยมศึกษา โดยพบว่าผู้เข้าร่วมการฝึกมีความสามารถของระบบหัวใจและปอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการฝึกแบบเข้มข้นเป็นช่วงในการพัฒนาความทนทาน ขณะเดียวกัน พนมพร พวงมะลัย (2566, น. 64–70) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ซึ่งเน้นการใช้พลังจากการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว พบว่าการฝึกดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มพลังกล้ามเนื้อและความเร็วของนักฟุตบอลระดับเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Kaewmee and Thongrod (2025, pp. 155–158) ได้ทำการเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างนักฟุตบอลในตำแหน่งกองหลังและกองหน้า โดยผลการศึกษาระบุว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านพลัง ความเร็ว และความคล่องตัว ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของบทบาทและหน้าที่เฉพาะในแต่ละตำแหน่ง ในส่วนของการฝึกเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทาง ทศน์ไธ คำชาย และ ต่อศักดิ์ แก้วจรัสวิไล (2567, น. 52–60) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการฝึกความคล่องแคล่วกับผลการเล่นฟุตบอล โดยพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความคล่องแคล่วเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของนักกีฬา ขณะเดียวกัน Sarkukaew et al., (2024, pp. 55–66) ได้ศึกษาผลของการฝึกเวทเทรนนิ่งแบบวงจร (Circuit weight training) ต่อสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอลเยาวชน โดยผลการศึกษาชี้ว่าการฝึกในลักษณะนี้สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ธนากร เสถียรพูนสุข และคณะ (2566, น. 85–98) ได้พัฒนาแบบฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักฟุตบอล โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการฝึกมีพัฒนาการที่ดีขึ้นในหลายองค์ประกอบ ได้แก่ ความแข็งแรง ความทนทาน และความคล่องตัว สุดท้าย Dedthonglang et al. (2023, pp. 285–299) ได้ศึกษาผลของการฝึกการทรงตัวโดยใช้อุปกรณ์เฉพาะทาง ซึ่งผลการศึกษาระบุว่าการฝึกในลักษณะดังกล่าวสามารถช่วยพัฒนาการควบคุมร่างกายและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาความต่อเนื่องของการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬา

จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า สมรรถภาพทางกายเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาฟุตบอลอย่างครบถ้วน การฝึกซ้อมที่ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย ไม่ว่าจะเป็นความแข็งแรง ความทนทาน ความคล่องแคล่วว่องไว หรือการประสานงาน จะช่วยส่งเสริมทักษะเฉพาะทางที่จำเป็นต่อการแข่งขัน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงออกทางกายภาพในเกมการแข่งขันอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในระยะยาว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรักษาความต่อเนื่องของการพัฒนาศักยภาพและการรักษาสุขภาพของนักกีฬาในระยะยาวด้วย

หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับสมรรถภาพทางกาย

ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) คือความสามารถที่พัฒนาขึ้นผ่านการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่ง Isath et al. (2023, pp. 44–52) ชี้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตโดยรวม ทำให้บุคคลสามารถดำรงชีวิตและปฏิบัติกิจกรรมประจำวันรวมถึงการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเนื่องโดยไม่เหน็ดเหนื่อย และยังเป็นการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ รวมถึงช่วยเสริมสร้างสุขภาวะทางจิตใจ ด้วยการลดความเครียดและภาวะซึมเศร้า ดังนั้นสมรรถภาพทางกายจึงสะท้อนถึงความสุขของสุขภาพองค์รวมทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม นอกจากนี้ประโยชน์ในวัยผู้ใหญ่แล้ว Wilhite et al. (2023, pp. 665–679) เน้นย้ำว่าสมรรถภาพทางกายที่ดีใน วัยเด็ก มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการลด

ความเสี่ยงจากโรคในอนาคต เพราะเป็นช่วงเวลาสำคัญของการพัฒนาทางกายภาพและสรีรวิทยาของร่างกาย การมีสมรรถภาพที่เหมาะสมจึงช่วยสนับสนุนการพัฒนากล้ามเนื้อ กระดูก และระบบหัวใจและหลอดเลือดให้เป็นไปอย่างสมดุล และยังส่งผลต่อพฤติกรรมและการเคลื่อนไหวในระยะยาว ทำให้เด็กมีแนวโน้มที่จะรักษาการออกกำลังกายสม่ำเสมอไปจนถึงวัยรุ่นและผู้ใหญ่ ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคอ้วน เบาหวาน และโรคหัวใจ An et al. (2024, pp. 1-12) ได้ขยายความถึงกลไกที่สมรรถภาพทางกายส่งผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ โดยอธิบายว่า การออกกำลังกายสม่ำเสมอช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้ หัวใจ สูบฉีดเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพและลำเลียง ออกซิเจน ไปยังกล้ามเนื้อและอวัยวะต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้สมรรถภาพของกล้ามเนื้อพัฒนาอย่างเหมาะสมทั้งในด้านความแข็งแรง ความทนทาน และความยืดหยุ่น นอกจากนี้ ยังมีบทบาทในการลดภาวะเครียด ภาวะวิตกกังวล และช่วยเพิ่มสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับความสุข ในบริบทของช่วงวัยที่สูงขึ้น Valenzuela et al. (2023, pp. 247–256) ชี้ว่าสมรรถภาพทางกายเป็นปัจจัยสำคัญในการ พยากรณ์สุขภาพ ในวัยผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ เนื่องจากระดับสมรรถภาพที่เหมาะสมสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง และยังมีบทบาทในการรักษาความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวัน ลดภาวะฟุ้งฟิง และป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของสุขภาวะโดยรวมและเป็นรากฐานของการมีอายุยืนอย่างมีสุขภาพดี สุดท้ายนี้ Rollo et al. (2020, pp. 493–510) กล่าวถึง การวัดสมรรถภาพทางกาย ว่าสามารถทำได้ผ่านการทดสอบมาตรฐาน เช่น การวิ่งระยะทาง การวัดแรงบีบมือ หรือการทดสอบความยืดหยุ่น ซึ่งช่วยประเมินสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด กล้ามเนื้อ และระบบการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการวินิจฉัยภาวะสุขภาพ การติดตามผลการออกกำลังกาย และการออกแบบโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพ นอกจากนี้ สมรรถภาพทางกายยังสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพที่ดี เช่น การมีกิจกรรมทางกายที่เพียงพอ การควบคุมน้ำหนักตัว และการหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยง ทำให้สมรรถภาพทางกายเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของสุขภาวะในมิติที่ครอบคลุมทั้งทางร่างกายและพฤติกรรม

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายเป็นความสามารถของร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายหรือกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดความเหนื่อยล้าจนเกินไป และสามารถฟื้นตัวได้รวดเร็ว ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบทางสุขภาพ เช่น ความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่น และองค์ประกอบของร่างกาย และองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับทักษะ เช่น ความคล่องแคล่ว ความสมดุล การประสานงาน การตอบสนอง และพลังกล้ามเนื้อ

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) เป็นภาวะของร่างกายที่สัมพันธ์กับความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดความเหนื่อยล้าจนเกินไป และสามารถฟื้นตัวได้ภายหลังการใช้แรง สมรรถภาพทางกายมีองค์ประกอบหลักที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์เพื่อสุขภาพ (Health-related physical fitness)

สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ (Health-related physical fitness) ตามคำนิยามของ Isath et al. (2023, pp. 44–52) คือความสามารถของร่างกายในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มศักยภาพ โดยไม่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าหรือบาดเจ็บ ทั้งยังมีความพร้อมในการป้องกันโรคหรือความผิดปกติต่าง ๆ องค์ประกอบหลักของสมรรถภาพทางกายประเภทนี้ ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานของหัวใจและปอด ความยืดหยุ่น และองค์ประกอบร่างกายที่เหมาะสม เช่น อัตราส่วนไขมันและมวลกล้ามเนื้อ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและลดความเสี่ยงโรคเรื้อรัง สอดคล้องกับแนวคิดข้างต้น Ali et al. (2021, pp. 2445–2455) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพหมายถึง ความสามารถของบุคคลในการดำรงสุขภาพร่างกายที่ดี ผ่านองค์ประกอบหลักเดียวกัน ได้แก่ ความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่น และองค์ประกอบของร่างกาย โดยเน้นย้ำว่าองค์ประกอบเหล่านี้ทำงานร่วมกันเพื่อสนับสนุนการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายช่วยป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง และส่งเสริมให้สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การพัฒนาสมรรถภาพทางกายในองค์ประกอบเหล่านี้จึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิตโดยรวม ในมิติของพัฒนาการ Sui et al. (2022, pp. 1-11) ชี้ให้เห็นว่าสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพใน วัยเด็ก มีความสำคัญต่อพัฒนาการทางกายภาพและการป้องกันโรคในระยะยาว เนื่องจากเป็นช่วงที่ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาทกำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว การส่งเสริมสมรรถภาพทางกายในวัยนี้จึงเป็นการสร้างพื้นฐานที่แข็งแรงสำหรับการเจริญเติบโตและการทำงานของร่างกายในอนาคต พร้อมทั้งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคอ้วน เบาหวาน และโรคหัวใจ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิตในระยะยาว สำหรับช่วงวัยรุ่น Brand et al. (2021, pp. 843–850) เสริมว่าสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพส่งเสริมทั้งสุขภาพกายและจิตใจ โดยเฉพาะในวัยรุ่นซึ่งร่างกายและสมองกำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว การมีสมรรถภาพที่ดีไม่เพียงแต่ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อเท่านั้น แต่ยังช่วย ลดภาวะความเครียด

วิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า ผ่านกระบวนการหลังสารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับความสุขและความผ่อนคลาย ทำให้สมรรถภาพทางกายเป็นปัจจัยสำคัญที่สนับสนุนพัฒนาการทางร่างกายและจิตใจในวัยนี้ยังมีประสิทธิภาพ ตอกย้ำถึงคุณประโยชน์ด้านการป้องกันโรค De Sousa et al. (2021, pp. 3853–3862) เน้นย้ำว่า สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคอ้วน เบาหวาน และโรคหัวใจ เนื่องจากช่วย เพิ่มประสิทธิภาพของระบบเผาผลาญพลังงาน และช่วยควบคุมน้ำหนักตัวให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ลดความดันโลหิต และปรับสมดุลระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น สมรรถภาพทางกายจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังและส่งเสริมสุขภาพโดยรวมอย่างยั่งยืน

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางกายกับสุขภาพจิตในกลุ่มวัยรุ่น โดยพบว่า ผู้ที่มีระดับสมรรถภาพทางกายสูงมีแนวโน้มที่จะมีภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลในระดับต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะเดียวกัน Agredo-Zuñiga et al. (2024, pp. 1-11) ได้ศึกษาการประเมินสมรรถภาพทางกายในวัยรุ่นโดยใช้แบบทดสอบมาตรฐาน เช่น Shuttle run และ Sit-and-reach เพื่อกำหนดเกณฑ์สุขภาพ ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แบบประเมินเหล่านี้มีความสอดคล้องกับความเสี่ยงทางสุขภาพในอนาคตอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Virgara et al. (2021, pp. 927–934) ซึ่งรายงานว่ สมรรถภาพทางกายในช่วงวัยเด็กและวัยรุ่นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเสี่ยงของโรคเมตาบอลิก เช่น เบาหวานชนิดที่ 2 และความดันโลหิตสูง อีกทั้งยังพบว่า สมรรถภาพทางกายสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดสุขภาพในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Sui et al., (2022, pp. 1-11) ได้ศึกษาบทบาทของสมรรถภาพทางกายต่อสุขภาพหัวใจและหลอดเลือดในผู้ใหญ่ โดยพบว่า สมรรถภาพทางกายในระดับสูงสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจขาดเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกัน Drozdz et al. (2021, pp. 1-20) ได้วิจัยเพื่อกำหนดค่าเป้าหมายของ Healthy fitness zone ในเด็ก โดยผลการศึกษาระบุว่า เด็กที่มีสมรรถภาพทางกายตามเกณฑ์จะมีความเสี่ยงต่อภาวะเมตาบอลิกในระดับต่ำ ในด้านการทบทวนวรรณกรรม Bull et al. (2020, pp. 1451–1462) ได้รวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การมีกิจกรรมทางกายอย่างสม่ำเสมอส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ และสามารถลดความเสี่ยงจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Faigenbaum et al. (2009, pp. 60–79) ได้ศึกษาการฝึกสมรรถภาพแบบต้านทานในเด็ก ซึ่งพบว่า การฝึกดังกล่าวช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และส่งเสริมพัฒนาการของกระดูกในช่วงวัยเจริญเติบโต ในทำนอง

เดียวกัน Schneider et al. (2025, pp. 1-15) ได้รายงานว่สมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุมิ่บพาทสำคัญในการรักษาการทรงตัว การป้องกันการหกล้ม และช่วยให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างอิสระ ด้านผลการศึกษาในบริบทการศึกษา Visier-Alfonso et al. (2022, pp. 452–464) พบว่าการส่งเสริมสมรรถภาพทางกายในวัยเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยกลุ่มที่มีสมรรถภาพสูง มักมีผลการเรียนเฉลี่ยที่ดีกว่ากลุ่มอื่น ขณะเดียวกัน Phoemsapthawee et al. (2021, pp. 468–479) ได้ศึกษาในกลุ่มวัยรุ่นที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยพบว่า การฝึกแบบแอโรบิกและแรงต้านสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาที่ผ่านมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพมีบทบาทสำคัญในทุกช่วงวัย ตั้งแต่วัยเด็ก วัยรุ่น วัยทำงาน ไปจนถึงวัยสูงอายุ โดยส่งผลต่อทั้งสุขภาพกาย สุขภาพจิต และความสามารถในการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในระยะยาว สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพเป็นรากฐานสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน การส่งเสริมองค์ประกอบหลักทั้งห้า ได้แก่ ความคล่องตัว ความเร็ว พลัง การทรงตัว และการประสานงาน ผ่านการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกล้ามเนื้อ รวมถึงส่งเสริมสุขภาพจิตและความเป็นอยู่ที่ดีในระดับบุคคลและสังคมโดยรวม ยิ่งไปกว่านั้น การพัฒนาสมรรถภาพทางกายในแต่ละช่วงวัย โดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก วัยทำงาน และผู้สูงอายุ ยังมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง และลดภาระทางสุขภาพของประชากรในระยะยาวอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness)

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related physical fitness) หมายถึง ความสามารถทางกายที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและการปฏิบัติงานในกิจกรรมกีฬาหรือกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะเฉพาะ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพการเล่นกีฬาและการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน สมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะช่วยให้นักกีฬาสามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รวมถึงสามารถควบคุมร่างกายและอุปกรณ์กีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะประกอบด้วย

2.2.1 ความคล่องตัว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางหรือเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วพร้อมการควบคุมที่แม่นยำ เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางหรือฝ่ายตรงข้ามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความคล่องตัวถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวในกีฬาหรือกิจกรรมที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำ การ

พัฒนาความคล่องตัวเกี่ยวข้องกับการฝึกทั้งด้านระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและซับซ้อนในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Caldemeyer et al., 2020, pp. 363–369)

2.2.2 ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในเวลาที่สั้นที่สุด ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในกีฬาหลายประเภท เช่น ฟุตบอล กรีฑา และเทนนิส ที่ต้องการการตอบสนองและการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขัน ความเร็วไม่ได้หมายถึงเพียงการวิ่งเร็วเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการเริ่มต้นเคลื่อนที่ การเร่งความเร็ว และการรักษาความเร็วสูงสุดอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาความเร็วจึงเน้นการฝึกฝนทั้งระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มความสามารถในการตอบสนองและประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวในสถานการณ์การแข่งขันที่แตกต่างกัน (McBurnie et al., 2022, pp. 15–33)

2.2.3 พลัง (Power) หมายถึง ความสามารถในการใช้แรงสูงสุดในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความรวดเร็วและแรง เช่น การกระโดด การวิ่งแบบเร่งความเร็ว และการเตะลูกบอล พลังรวมถึงการประสานงานระหว่างความเร็วและแรงที่กล้ามเนื้อสามารถผลิตได้ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพและทรงพลัง การพัฒนาพลังจึงเน้นการฝึกทั้งในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความรวดเร็วของการหดตัว เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพที่เหมาะสมกับความต้องการทางกายภาพในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (Oliver et al., 2024, pp. 623–643)

2.2.4 การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาท่าทางของร่างกายให้อยู่ในตำแหน่งที่มั่นคง ไม่ว่าจะขณะเคลื่อนไหวหรืออยู่กับที่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการล้มและการบาดเจ็บ โดยการทรงตัวที่ดีต้องอาศัยการประสานงานระหว่างระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบประสาทสัมผัส การฝึกพัฒนาการทรงตัวจึงเน้นการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและการรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย (Proprioception) เพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับสมดุลในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย (Schedler et al., 2020, pp. 1–10)

2.2.5 การประสานงาน (Coordination) หมายถึง ความสามารถในการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายร่วมกันอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำและสอดคล้องกัน เช่น การประสานมือและตา หรือมือและเท้า การประสานงานที่ดีเป็นผลมาจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทส่วนปลาย และระบบกล้ามเนื้อ การพัฒนาการประสานงานจึงเน้นการฝึกทักษะที่ช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ทาง

ประสาทและการตอบสนองทางกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดในกิจกรรมต่าง ๆ (Giuriato et al., 2022, pp. 1-14)

2.2.6 เวลาในการตอบสนอง (Response time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหัน เช่น การรับลูกบอลหรือการตอบโต้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้าม ความรวดเร็วของเวลาตอบสนองมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและการตัดสินใจในกิจกรรมที่ต้องการความแม่นยำและความเร็ว การพัฒนาเวลาตอบสนองสามารถทำได้ผ่านการฝึกฝนที่เน้นการกระตุ้นระบบประสาทให้ตอบสนองอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จในการเล่นกีฬาและการป้องกันการบาดเจ็บจากการตอบสนองช้า

จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า มีการศึกษาจำนวนมากให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะในกลุ่มวัยต่าง ๆ เช่น จากการศึกษาของ Zheng et al. (2025, pp. 1-20) ที่ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบพลัยโอเมตริก (Plyometric training) ที่มีต่อความแข็งแรงแบบระเบิด (Explosive strength) และความเร็ว (Speed) ในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน โดยมีการดำเนินการฝึกอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ การฝึกพลัยโอเมตริกซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่เน้นการหดและยืดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว เช่น การกระโดดขึ้นลงจากกล่อง (Box jumps) กระโดดสลับขา (Split squat jumps) และการวิ่งเร่งความเร็ว (Sprint drills) มีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อแรงได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่า การฝึกอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาดังกล่าวส่งผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะกีฬา (Skill-related physical fitness) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความเร็วในการเคลื่อนที่และความสามารถในการสร้างแรงระเบิดของกล้ามเนื้อ เช่น ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น และพลังในการกระโดด ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเล่นฟุตบอล ทั้งในด้านการหลบหลีกคู่ต่อสู้ การเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว และการเร่งสปีดในช่วงเวลาสำคัญของการแข่งขัน จากผลการวิจัยนี้ ชี้ให้เห็นว่า การฝึกพลัยโอเมตริกเป็นกลยุทธ์การฝึกที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างศักยภาพทางกายภาพที่สำคัญสำหรับนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโปรแกรมฝึกซ้อมประจำทีม เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านความเร็วและแรงระเบิดให้ดียิ่งขึ้น อันส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Zhang (2025, pp. 1-18) ที่รายงานผลการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) โดยใช้รูปแบบการฝึกที่มีโครงสร้าง (Structured agility training program) ในกลุ่มนักกีฬาสเกตบอลเยาวชน การฝึกดังกล่าวไม่ได้เน้นเพียงแค่ทักษะทางกายภาพ เช่น การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง

หรือหยุด-ออกตัวอย่างรวดเร็วเท่านั้น แต่ยังผสมผสานองค์ประกอบของการตัดสินใจ (Decision-making) การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Stimulus-response) และสถานการณ์จำลองของเกม (Game-specific context) เข้าด้วยกัน ผลการศึกษาพบว่า นักกีฬาที่เข้าร่วมโปรแกรมดังกล่าวมีพัฒนาการด้าน ความคล่องแคล่วว่องไว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วและแม่นยำในทิศทางต่าง ๆ ที่ซับซ้อน อันเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญสำหรับกีฬาบาสเกตบอล นอกจากนี้ ยังพบว่า การรับรู้สถานการณ์ในการแข่งขัน (Situational awareness) ของนักกีฬาก็ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น การประเมินตำแหน่งของคู่ต่อสู้ การวางแผนการเคลื่อนไหวในเวลาจำกัด และการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในสถานการณ์จริง การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การฝึก Agility ที่มีโครงสร้างและมีความซับซ้อนในมิติของการรับรู้และการตัดสินใจ ไม่เพียงช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกาย แต่ยังส่งเสริมกระบวนการทางปัญญาที่สำคัญต่อการเล่นกีฬาในระดับการแข่งขัน โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องการการเคลื่อนไหวฉับไวและการคิดวิเคราะห์ภายใต้แรงกดดันอย่างบาสเกตบอล นอกจากนี้ Schedler et al. (2020, pp. 1-10) ได้ดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับผลของโปรแกรมการฝึกสมดุล (Balance training) ในเด็กระดับชั้นประถมศึกษา โดยมุ่งเน้นการฝึกที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทรงตัวของร่างกายในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งในขณะอยู่กับที่ (Static balance) และขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เด็กที่ได้รับการฝึกสมดุลอย่างเป็นระบบมีพัฒนาการที่ชัดเจนในด้าน การประสานงานของร่างกาย (Coordination) และ ความสามารถในการรักษาสมดุล (Balance ability) ซึ่งทั้งสองด้านนี้ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของ สมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะ (Skill-related physical fitness) การฝึกสมดุลช่วยให้เด็กสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้แม่นยำและมีเสถียรภาพมากขึ้น ลดความเสี่ยงในการหกล้ม และช่วยเพิ่มความมั่นใจในการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการวิ่ง กระโดด หมุนตัว หรือการเล่นกีฬาเบื้องต้น ส่งผลให้พัฒนาการด้านทักษะพื้นฐานทางการเคลื่อนไหว (Fundamental movement skills) ของเด็กมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการส่งเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางกายในระยะยาว ผลการวิจัยนี้จึงสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การฝึกสมดุลตั้งแต่วัยเด็กเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายเชิงทักษะ และควรถูกบูรณาการเข้าไปในหลักสูตรพลศึกษาและกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพของเด็กในระดับประถมศึกษาอย่างเหมาะสม รวมทั้งการศึกษาของ Ureña Ortín et al. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถในการประสานงานของร่างกาย (Motor coordination) กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) ในกลุ่มนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยเน้นการวิเคราะห์ว่าทักษะทางกายภาพมีบทบาทอย่างไรต่อกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียน

ผลการวิจัยพบว่า เด็กที่มีระดับการประสานงานของร่างกายที่ดี เช่น ความสามารถในการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ สัมพันธ์กันระหว่างมือและตา และความคล่องแคล่วในการจัดการกับการเคลื่อนไหวซับซ้อน มักมีความสามารถในการเรียนรู้ที่รวดเร็ว และมี ผลการเรียนรู้ในรายวิชาหลัก เช่น คณิตศาสตร์และภาษา สูงกว่ากลุ่มที่มีความสามารถด้านการประสานงานต่ำ การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางกายกับพัฒนาการทางสติปัญญา โดยเฉพาะในช่วงวัยประถมซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สมองมีความยืดหยุ่นสูง และกำลังพัฒนาเครือข่ายการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การฝึกกิจกรรมที่ส่งเสริมการประสานงาน เช่น เกมเคลื่อนไหวแบบใช้มือ-ตา การวิ่งสลับทิศ หรือกิจกรรมแบบ Cross-lateral อาจมีผลกระทบเชิงบวกต่อกระบวนการคิด การจดจำ และการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ ซึ่งล้วนเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ ผลการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการบูรณาการกิจกรรมทางกายในหลักสูตรการศึกษา โดยเฉพาะกิจกรรมที่เน้นการพัฒนาทักษะการประสานงานของร่างกาย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างรอบด้านทั้งทางกายและทางปัญญา ในขณะที่การศึกษาของ Stern et al. (2020, pp. 2105–2111) ได้ศึกษาผลของการฝึกแรงต้านด้วยความเร็วสูง (High-velocity resistance training; HVRT) ในนักกีฬาฟุตบอล โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาความสามารถด้านพลังกำลังระเบิด (Explosive power) และเวลาในการตอบสนอง (Response time) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะในกีฬาที่ต้องอาศัยความเร็วและความแม่นยำในการเคลื่อนไหว รูปแบบการฝึก HVRT ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการออกแรงยกหรือดันน้ำหนักด้วยความเร็วสูงในช่วงที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบฉับพลัน (Concentric phase) เช่น การฝึก Squat jump, Squat bench press และ leg press ด้วยน้ำหนักที่พอเหมาะต่อการเร่งความเร็วสูงสุด จุดเด่นของ HVRT คือการมุ่งพัฒนาอัตราการผลิตแรง (Rate of force development) ซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับการเคลื่อนไหวที่ต้องการความเร็วและแรงในช่วงเวลาสั้น ๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การฝึก HVRT อย่างต่อเนื่องมี ผลเพิ่มพลังกล้ามเนื้อแบบระเบิด เช่น การกระโดดในแนวตั้ง (Vertical jump height) และการเร่งความเร็วในการวิ่งระยะสั้น รวมทั้งยังพบว่า เวลาในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Response time) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความสำคัญต่อสถานการณ์การแข่งขันจริงในฟุตบอล เช่น การเปลี่ยนทิศทางเพื่อป้องกันคู่ต่อสู้ หรือการตอบสนองต่อการจ่ายบอล จากผลวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า การฝึกแรงต้านด้วยความเร็วสูงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับทักษะเฉพาะทางของนักฟุตบอล โดยเฉพาะในด้านความเร็ว พลัง และการตอบสนองที่รวดเร็ว ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนฝึกซ้อมเชิงยุทธศาสตร์ของทีมฟุตบอลในระดับแข่งขัน Broodryk et al. (2025, pp. 1-13) ได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรม (Literature review) ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของ ความเร็ว (Speed) และ

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ในกลุ่มนักกีฬาเยาวชน โดยมุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางกายทั้งสองด้านกับ ประสิทธิภาพการเล่นกีฬาในสถานการณ์จริง จากการทบทวนงานวิจัยจำนวนมาก พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งหมายถึงความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางหรือความเร็วของการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สถานการณ์ที่มีตัวกระตุ้น (เช่น การตอบสนองต่อคู่ต่อสู้ ลูกบอล หรือคำสั่งจากโค้ช) นั้น เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่มี ความสัมพันธ์เชิงบวกกับการแสดงทักษะกีฬา ในบริบทการแข่งขันจริงอย่างมีนัยสำคัญ ต่างจากความเร็วในลักษณะเส้นตรง (Linear speed) ที่เน้นเพียงการวิ่งเร็วในทิศทางเดียว ความคล่องแคล่วว่องไวมีลักษณะซับซ้อนมากกว่า เพราะต้องอาศัยทั้งพลังกำลัง ความยืดหยุ่น การควบคุมกล้ามเนื้อ และที่สำคัญคือ กระบวนการรับรู้และตัดสินใจ (Perception and decision-making) ในเวลาจำกัด ผลการศึกษาทบทวนยังเน้นย้ำว่า ความสามารถด้านความคล่องแคล่วว่องไวนั้นสามารถฝึกฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านโปรแกรมการฝึกเฉพาะทางที่ผสมผสานทั้งองค์ประกอบทางกายภาพและองค์ประกอบทางปัญญา เช่น การฝึก Agility drills ที่มีสิ่งเร้า (Reactive agility) การฝึกเปลี่ยนทิศทางภายใต้ความกดดัน หรือการฝึกตอบสนองต่อสัญญาณภาพและเสียง ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถของนักกีฬาเยาวชนให้เหมาะสมกับสถานการณ์การแข่งขันจริง ในขณะการศึกษาของ Spring et al. (2024, pp. 1-15) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกทักษะการเคลื่อนไหวในเด็กก่อนวัยเรียน โดยเน้นรูปแบบการฝึกแบบเจาะจง (Targeted motor skill training) ที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาทักษะพื้นฐานทางการเคลื่อนไหว (Fundamental motor skills) เช่น การวิ่ง (Running) การกระโดด (Jumping) และ การรับลูกบอล (Catching) ซึ่งถือเป็นทักษะหลักที่เป็นรากฐานของสมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะ (Skill-related physical fitness) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เด็กที่ได้รับการฝึกแบบเจาะจงมีพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในด้านทักษะพื้นฐานเหล่านี้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งในด้านคุณภาพการเคลื่อนไหว ความแม่นยำ และความมั่นใจในการใช้ทักษะ นอกจากนี้ยังพบว่า การฝึกในช่วงวัยก่อนเข้าเรียน (Preschool age) ซึ่งเป็นช่วงที่ระบบประสาทและกล้ามเนื้อกำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว จะส่งผลเชิงบวกต่อความสามารถในการเรียนรู้ทักษะที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นในอนาคต เช่น ทักษะการเล่นกีฬา หรือการเข้าร่วมกิจกรรมทางกายอย่างมั่นใจ การศึกษานี้จึงเน้นย้ำถึงความสำคัญของการวางรากฐานที่มั่นคงผ่านการฝึกทักษะการเคลื่อนไหวตั้งแต่วัยเด็กตอนต้น ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งเสริมสมรรถภาพทางกายเท่านั้น แต่ยังเชื่อมโยงกับพัฒนาการด้านสังคม อารมณ์ และการเรียนรู้ โดยเฉพาะเมื่อได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับพัฒนาการของเด็กในแต่ละช่วงวัย รวมทั้ง Ke et al. (2025, pp. 757-766) ได้ศึกษาการใช้ เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual reality: VR) เพื่อพัฒนา เวลาในการตอบสนอง (Response time) ของกลุ่มวัยรุ่น โดยเน้น

การออกแบบสภาพแวดล้อมการฝึกที่เสมือนจริงและสามารถควบคุมได้ เพื่อจำลองสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการแข่งขันหรือกิจกรรมทางกีฬาในชีวิตจริง ผลการศึกษาพบว่า การฝึกด้วยเทคโนโลยี VR ช่วยกระตุ้นทั้งระบบประสาทรับรู้ (Sensory system) และกระบวนการตัดสินใจ (Decision-making process) ซึ่งนำไปสู่การ เพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ไม่ว่าจะเป็นทางสายตา เสียง หรือการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นฉับพลัน การฝึกดังกล่าวยังช่วยให้ผู้ฝึกมีโอกาสฝึกซ้ำในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย และสามารถปรับระดับความยากง่ายของสถานการณ์ได้ตามความสามารถของผู้ฝึกแต่ละคน นอกจากนี้ ยังพบว่า ทักษะทางกีฬา (Sport-specific skills) ของผู้เข้าร่วมมีแนวโน้มพัฒนาในทางที่ดีขึ้น โดยเฉพาะในด้านการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว การคาดการณ์ทิศทางของคู่ต่อสู้ หรือการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำ ซึ่งล้วนเป็นทักษะที่สำคัญในกีฬาที่มีความเข้มข้นทางการรับรู้และการตอบสนอง เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล หรือเทนนิส การศึกษานี้จึงสะท้อนให้เห็นว่า VR ไม่เพียงเป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีเพื่อความบันเทิง แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือฝึกฝนที่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางประสาทและจิต (Neurocognitive performance) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนานักกีฬาเยาวชนในศตวรรษที่ 21 การศึกษาของ Zhang et al. (2025, pp. 1-18) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรม การฝึกเปลี่ยนทิศทางและความคล่องแคล่ว (Agility and change of direction training) ในกลุ่มนักกีฬาเยาวชน โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์ผลของการฝึกต่อการเคลื่อนไหวในบริบทของการแข่งขันจริง การฝึกที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วยแบบฝึกที่หลากหลาย เช่น การวิ่งเปลี่ยนทิศทางในมุมต่าง ๆ การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Reactive agility) และการฝึกในรูปแบบกีฬาจำลอง (Sport-specific agility drills) ซึ่งล้วนเน้นการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การฝึก Agility อย่างต่อเนื่องช่วย เพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction speed) และ พัฒนาความคล่องแคล่วโดยรวม (Overall agility performance) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ เนื่องจากการฝึกดังกล่าวสามารถเสริมสร้างการรับรู้เชิงสถานการณ์ (Situational awareness) การควบคุมร่างกาย (Body control) และการตอบสนองอย่างแม่นยำในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการฝึก Agility สำหรับนักกีฬาเยาวชน ไม่เพียงแต่ในแง่ของการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย แต่ยังรวมถึงการเตรียมความพร้อมต่อสถานการณ์การแข่งขันจริงที่ต้องใช้การตัดสินใจรวดเร็ว การหลบหลีกคู่ต่อสู้ หรือการปรับตำแหน่งร่างกายเพื่อความได้เปรียบในการเล่นกีฬา และ Zhou et al. (2023, pp. 1-19) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบ Multi-component training ซึ่งเป็นโปรแกรมฝึกที่รวมหลายองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายเพื่อทักษะ (Skill-related physical fitness) เช่น ความเร็ว (Speed) ความสมดุล (Balance) และการประสานงาน

ของร่างกาย (Coordination) ในกลุ่มเด็กประถมศึกษา โปรแกรมฝึกนี้ออกแบบมาโดยผสมผสาน กิจกรรมหลากหลายประเภทที่เน้นการพัฒนาความสามารถด้านต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น การวิ่งเร็ว, การทรงตัวบนอุปกรณ์ต่าง ๆ, และการฝึกเคลื่อนไหวที่ต้องการการประสานมือ-ตา-เท้า ซึ่งช่วยกระตุ้น ระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้ทำงานประสานกันได้ดีขึ้น ผลการศึกษาพบว่า การฝึกแบบ Multi-component training ส่งผลให้เด็กมีพัฒนาการที่ชัดเจนในด้านความเร็ว ความสมดุล และการ ประสานงาน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก หรือฝึกในรูปแบบที่เน้นเพียงองค์ประกอบใด องค์ประกอบหนึ่งเพียงอย่างเดียว การพัฒนาเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเตรียมความพร้อม ของเด็กในการเข้าร่วมกิจกรรมทางกายที่ซับซ้อนและกีฬาในอนาคต งานวิจัยนี้จึงเน้นย้ำถึงความ จำเป็นในการจัดโปรแกรมฝึกที่ครอบคลุมหลายองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย เพื่อส่งเสริม พัฒนาการรอบด้านและยั่งยืนในวัยเด็ก

จากการศึกษาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะเป็น ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทางกายและสมรรถนะในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในกลุ่มเยาวชน ที่อยู่ในช่วงพัฒนาการ ซึ่งการฝึกอย่างเป็นระบบสามารถส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะเฉพาะที่จำเป็น ต่อการเล่นกีฬาและกิจกรรมทางกายต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สรุปได้ว่าสมรรถภาพทางกายเพื่อ ทักษะเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับนักกีฬาที่ต้องการพัฒนาศักยภาพการแข่งขัน การฝึกฝนและ การประเมินสมรรถภาพทางกายในด้านทักษะเหล่านี้ช่วยให้สามารถวางแผนการฝึกซ้อมที่เหมาะสม และตอบสนองต่อความต้องการของกีฬาแต่ละประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยเหล่านี้ สะท้อนให้เห็นว่าสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทาง กายและสมรรถนะในกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในกลุ่มเยาวชนที่อยู่ในช่วงพัฒนาการ ซึ่งการฝึกอย่าง เป็นระบบสามารถส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะเฉพาะที่จำเป็นต่อการเล่นกีฬาและกิจกรรมทางกาย ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นและมี บทบาทสำคัญสำหรับนักกีฬาที่ต้องการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันในระดับสูง การฝึกฝนและการ ประเมินสมรรถภาพทางกายในด้านทักษะ เช่น ความคล่องตัว ความเร็ว การประสานงาน และเวลา ตอบสนอง ช่วยให้นักกีฬาสามารถปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวตาม ลักษณะเฉพาะของกีฬาแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม การวางแผนการฝึกซ้อมที่อิงข้อมูลจากการ ประเมินเหล่านี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาทักษะอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนใน ระยะยาว

หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skills)

ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skills) คือความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ร่างกายสามารถปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและแม่นยำ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาพฤติกรรมทางกายที่ซับซ้อน และการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ โดยสามารถแบ่งออกเป็นทักษะกลไกการเคลื่อนไหวแบบหยาบและแบบละเอียดตามขนาดของกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งาน

ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของพัฒนาการทางร่างกายที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและการเรียนรู้ของมนุษย์ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดย Bolger et al. (2021, pp. 717–753) อธิบายว่า ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวหมายถึงความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ครอบคลุมทั้งการเคลื่อนไหวแบบหยาบ (Gross motor skills) และการเคลื่อนไหวแบบละเอียด (Fine motor skills) ของเด็กในวัยก่อนเข้าเรียน ซึ่งทักษะเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินพัฒนาการและช่วยระบุความล่าช้าในการพัฒนาทางการเคลื่อนไหวของเด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Sutapa et al. (2021, pp. 1–11) ที่ให้ความหมายของทักษะการเคลื่อนไหวว่าเป็นกระบวนการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวของบุคคลอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยมุ่งเน้นถึงเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นลำดับขั้น และความก้าวหน้าของการเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงวัย ซึ่งทักษะเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ การปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางกายภาพต่าง ๆ ในทำนองเดียวกัน Shi and Feng (2022, pp. 1–14) ได้ให้ความหมายของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวว่าเป็นพฤติกรรมทางกายที่เกิดขึ้นจากการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อหลายกลุ่ม เพื่อให้บุคคล โดยเฉพาะเด็ก สามารถปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะดังกล่าวสะท้อนถึงความสามารถในการควบคุมร่างกายและการปรับตัวต่อความท้าทายทางกายภาพในชีวิตประจำวัน ขณะที่ Jorgić et al. (2024, pp. 149–160) ได้เน้นย้ำว่าทักษะการเคลื่อนไหวเป็นความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเลือกและปรับเปลี่ยนรูปแบบการกระทำให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย สิ่งแวดล้อม และภารกิจที่ต้องปฏิบัติ ซึ่งสะท้อนถึงความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการประสานงานระหว่างการรับรู้กับการตอบสนองทางกายภาพของบุคคล

กล่าวโดยสรุป ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวมิได้เป็นเพียงความสามารถทางกายเท่านั้น แต่ยังเป็นกระบวนการพัฒนาทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เชื่อมโยงกับการรับรู้ การคิด และการปรับตัว ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิต การเรียนรู้ และการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในทุกช่วงวัยของมนุษย์

การจำแนกการเคลื่อนไหว (Movement classification)

การจำแนกการเคลื่อนไหว (Movement classification) เป็น กระบวนการวิเคราะห์และจัดกลุ่มรูปแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ตามลักษณะการควบคุม การประสานงานของกล้ามเนื้อ ความซับซ้อนของทักษะ และเป้าหมายของกิจกรรม กระบวนการนี้ช่วยให้เข้าใจกลไกการเรียนรู้ การควบคุม และการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ทั้งในบริบทของการฝึกกีฬา การฟื้นฟูร่างกาย และการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย การจำแนกการเคลื่อนไหวยังช่วยให้สามารถแยกทักษะตามลักษณะของ การควบคุมการทรงตัว การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ และแรงที่ใช้ ซึ่งทำให้สามารถประเมินความสามารถทางมอเตอร์และออกแบบโปรแกรมฝึกซ้อมหรือฟื้นฟูได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ (Buckthorpe et al., 2021, pp. 879–895) นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ฝึกหรือผู้วิจัยสามารถระบุความแตกต่างของ กลไกการประมวลผลของสมองและการปรับตัวทางประสาท (Neural plasticity) ที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกหรือฟื้นฟู ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมฝึกที่สอดคล้องกับศักยภาพและความต้องการของผู้ฝึกได้อย่างเป็นระบบ (Sonntag et al., 2025, pp. 1-15) อีกทั้งการจำแนกการเคลื่อนไหวยังช่วยให้เข้าใจความแตกต่างระหว่าง ทักษะเปิด (Open skills) และ ทักษะปิด (Closed skills) ซึ่งมีผลต่อวิธีการฝึก การปรับสภาพแวดล้อม และความซับซ้อนของสิ่งเร้าที่ผู้ฝึกต้องตอบสนอง การฝึกตามประเภทของทักษะดังกล่าวสามารถส่งเสริมการพัฒนาการประสานงานของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย การควบคุมแรงกล้ามเนื้อ และการปรับตัวของสมรรถภาพทางกายอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การจำแนกการเคลื่อนไหวยังสามารถประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูผู้บาดเจ็บหรือผู้ป่วยที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหว โดยการออกแบบโปรแกรมที่เน้นการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้เหมาะสมกับระดับความสามารถ ปัจจุบัน ช่วยให้เกิดการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว การทรงตัว และการประสานงานทางมอเตอร์ได้อย่างเป็นระบบ ลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บซ้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมทางกาย (Gad et al., 2021, pp. 1953–1962)

กล่าวโดยสรุป การจำแนกการเคลื่อนไหวจึงไม่เพียงแต่เป็นกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีเท่านั้น แต่ยังเป็น เครื่องมือปฏิบัติสำคัญ สำหรับนักวิจัย ผู้ฝึก และนักกายภาพบำบัด ในการพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหว การเรียนรู้มอเตอร์ และการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้ออย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพทางกีฬา การฟื้นฟูร่างกาย และการพัฒนาสมรรถภาพทางกายอย่างยั่งยืน

ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Gross motor skills)

ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Gross motor skills) ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาการทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมและประสานงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการทรงตัว การเคลื่อนที่ และการปฏิบัติกิจกรรมทางกายต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ Sartori et al. (2022, pp. 825–839) อธิบายว่า ทักษะกล้ามเนื้อมัดใหญ่เป็นกลไกหลักที่ช่วยให้บุคคลสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างมั่นคงและคล่องแคล่ว เช่น การเดิน การวิ่ง หรือการกระโดด โดยทักษะเหล่านี้ไม่เพียงส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย แต่ยังเป็นรากฐานสำคัญต่อการพัฒนาการด้านสังคมและอารมณ์ของเด็ก ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจในตนเองและส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นผ่านกิจกรรมที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวร่วมกัน Comeras-Chueca et al. (2021, pp. 1–23) ได้เน้นย้ำว่า ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันของหลายระบบในร่างกาย เช่น ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบการทรงตัว เพื่อให้การเคลื่อนไหวมีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงสุด การพัฒนาทักษะเหล่านี้ในช่วงวัยเด็กจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นรากฐานของการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน การเข้าสังคม และการเรียนรู้ทักษะที่ซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต เช่นเดียวกับที่ Patterson et al. (2022, pp. 481–492) ชี้ให้เห็นว่า ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดใหญ่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสร้างสมดุล การเคลื่อนไหวที่มั่นคง และการพัฒนาทักษะทางกายขั้นสูง เช่น การเล่นกีฬา หรือกิจกรรมที่ต้องอาศัยการประสานงานหลายระบบ ในทำนองเดียวกัน Takahashi et al. (2023, pp. 1039–1046) อธิบายว่า ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่ไม่เพียงเป็นกลไกพื้นฐานของการเคลื่อนไหว แต่ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างเสริมสมรรถภาพทางกาย ความคล่องแคล่ว และความสามารถในการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมและกีฬาอย่างมั่นใจ ขณะที่ J et al. (2023, pp. 1–7) เสริมว่า ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Gross motor skills) ทำหน้าที่เป็นรากฐานของการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนและเฉพาะทาง ซึ่งช่วยให้บุคคลสามารถปรับตัวเข้ากับกิจกรรมที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางกีฬาและนันทนาการ

กล่าวโดยสรุป ทักษะการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาการโดยรวมของบุคคล ทั้งในด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม การฝึกฝนและส่งเสริมทักษะประเภทนี้ตั้งแต่วัยเด็กจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากช่วยวางรากฐานที่มั่นคงให้กับการเคลื่อนไหวขั้นสูง การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางกายภาพ และการพัฒนาศักยภาพของบุคคลในระยะยาว

ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็ก (Fine motor skills)

ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็ก (Fine motor skills) เป็นองค์ประกอบสำคัญของพัฒนาการทางกายและสติปัญญาของมนุษย์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมและประสานงานของกล้ามเนื้อเล็ก โดยเฉพาะบริเวณมือ นิ้ว และข้อมือ เพื่อปฏิบัติกิจกรรมที่ต้องอาศัยความละเอียด ประณีต และความแม่นยำสูง เช่น การจับและจัดการวัตถุ การเขียน การตัด การร้อยลูกปัด หรือการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก การพัฒนาและฝึกฝนทักษะดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ การประสานงานระหว่างมือกับตา รวมถึงการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันอย่างเป็นอิสระ อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจในตนเอง และสนับสนุนความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น งานศิลปะ งานฝีมือ หรือกิจกรรมทางวิชาการ ในทำนองเดียวกัน Iwamoto et al. (2025, pp. 194–208) กล่าวว่า ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็กเป็นกระบวนการทางพัฒนาการที่สำคัญซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้อย่างละเอียดและแม่นยำ กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อเล็กจึงไม่เพียงแต่ส่งเสริมความคล่องแคล่วทางกายเท่านั้น แต่ยังมีส่วนช่วยพัฒนาองค์ความรู้ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การส่งเสริมให้เด็กได้ฝึกฝนทักษะเหล่านี้ตั้งแต่ช่วงวัยต้นจึงเป็นรากฐานสำคัญของพัฒนาการทั้งทางร่างกาย สติปัญญา และสังคม Meijer et al. (2025, pp. 1–7) ยังได้กล่าวเสริมว่า ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็กเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และการพัฒนาการทำงานที่ซับซ้อนในอนาคต เด็กที่มีความสามารถในด้านนี้มักแสดงออกถึงความมั่นใจในตนเอง ความมีสมาธิ และความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างเหมาะสม ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดความพร้อมทางการเรียนรู้และการเข้าสังคมอย่างมีคุณภาพ ขณะเดียวกัน Katagiri et al. (2021, pp. 605–615) ได้ให้ความหมายของทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็กว่า เป็นการใช้กล้ามเนื้อเล็กของมือ นิ้ว และข้อมือ เพื่อควบคุมและจัดการวัตถุหรือเครื่องมือต่าง ๆ ด้วยความแม่นยำสูง ซึ่งเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การเขียน การวาดภาพ หรือการตัดกระดาษ นอกจากนี้ ทักษะเหล่านี้ยังช่วยพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ทางสายตาและการเคลื่อนไหว (Eye-hand coordination) อันเป็นพื้นฐานของการทำงานที่ต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน Telford et al. (2022, pp. 655–660) ชี้ให้เห็นว่า การฝึกฝนทักษะกล้ามเนื้อเล็กช่วยส่งเสริมการประสานงานระหว่างมือและตา ซึ่งเป็นรากฐานของการพัฒนาทักษะทางวิชาการและกิจกรรมประจำวัน การพัฒนา fine motor skills ตั้งแต่วัยเด็กไม่เพียงช่วยเสริมความคล่องแคล่วทางกาย แต่ยังส่งผลต่อความมั่นใจ ความมีวินัย และความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

โดยสรุป ทักษะการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็กเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพัฒนาการโดยรวมของบุคคล ทั้งในด้านร่างกาย สติปัญญา และสังคม การส่งเสริมและฝึกฝนทักษะเหล่านี้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่วัยเด็กจึงมีความจำเป็น เพื่อวางรากฐานให้บุคคลสามารถปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมั่นใจ คล่องแคล่ว และมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การพัฒนาอย่างรอบด้านในระยะยาว

หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับฝึกกีฬา

หลักการฝึกกีฬา (Principles of training)

หลักการฝึก (Principles of training) ถือเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและทักษะทางกีฬามีประสิทธิภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นการปรับตัวของร่างกายอย่างเป็นระบบและปลอดภัย Selmi et al. (2022, pp. 1–18) อธิบายว่า การจัดโปรแกรมฝึกซ้อมที่มีแบบแผนและเป็นขั้นตอน จะช่วยให้ร่างกายตอบสนองต่อการฝึกได้อย่างเหมาะสมและเกิดการพัฒนาสมรรถภาพในระยะยาว ขณะที่ Gilboa and Moscovitch (2021, pp. 2239–2255) เน้นว่าการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพควรตั้งอยู่บนหลักการสำคัญทางวิชาการ ได้แก่ ความจำเพาะ (Specificity) ซึ่งหมายถึงการฝึกที่สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของกีฬา ความต่อเนื่อง (Consistency) เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และ การฟื้นฟู (Recovery) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการบาดเจ็บและส่งเสริมการฟื้นตัวของร่างกาย ทั้งสองแนวคิดนี้ต่างชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบการฝึกที่มีระบบและสอดคล้องกับธรรมชาติของร่างกาย เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่มั่นคงและยั่งยืน ในทำนองเดียวกัน Tometz et al. (2022, pp. 2223–2229) ได้เน้นถึงความสำคัญของ หลักความก้าวหน้า (Progression) และ ความแปรเปลี่ยน (Variation) ในการฝึกซ้อม โดยชี้ว่าการปรับระดับความหนักและรูปแบบของการฝึกอย่างเหมาะสมจะช่วยกระตุ้นการตอบสนองทางสรีรวิทยาให้ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ ทั้งในระบบกล้ามเนื้อและระบบหัวใจและหลอดเลือด ขณะที่ Molenaar et al. (2023, pp. 572–581) กล่าวเพิ่มเติมว่า การวางแผนโปรแกรมฝึกควรคำนึงถึง ความหนักของการฝึก (Intensity) ความถี่ของการฝึก (Frequency) และ ระยะเวลาการฟื้นตัว (Recovery time) เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการพัฒนาพลังงานกล้ามเนื้อ การทำงานของระบบประสาทและความสามารถทางกายโดยรวม ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาอย่างยั่งยืนและปลอดภัย นอกจากนี้ Tiwari et al. (2021, pp. 1–10) ยังได้เสนอว่า การวัดและติดตามผลการฝึก (Monitoring) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องดำเนินควบคู่กับหลักการฝึก เพื่อป้องกันภาวะฝึกหนักเกินไป (Overtraining) ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสมรรถภาพและสุขภาพของนักกีฬา การติดตามผล

อย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมการฝึกได้อย่างเหมาะสมตามความพร้อมของร่างกายและเป้าหมายการฝึก ขณะเดียวกัน Romagnoli et al. (2022, pp. 1-7) ได้กล่าวเสริมว่า ความเฉพาะเจาะจงของการฝึก (Specificity) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อความต้องการของกีฬาเฉพาะด้าน ทำให้ผลลัพธ์ของการฝึกมีความแม่นยำและสอดคล้องกับลักษณะการแข่งขันมากยิ่งขึ้น Tometz et al. (2022, pp. 2223–2229) ยังได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการวางแผนฝึกตามช่วงฤดูกาลการแข่งขัน (Periodization) เพื่อให้การพัฒนากล้ามเนื้อและสมรรถภาพเป็นไปอย่างเหมาะสมในแต่ละช่วงของปี การใช้หลักการฝึกอย่างเป็นระบบในลักษณะนี้ช่วยให้นักกีฬาสามารถคงสมรรถภาพสูงสุดในช่วงเวลาที่ต้องการ ขณะที่ Stern et al. (2020, pp. 2105–2111) ได้นำเสนอการฝึกในรูปแบบ Small-sided games ซึ่งเป็นการฝึกที่ผสมผสานหลักการฝึกต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างครบถ้วน ช่วยกระตุ้นการพัฒนาความเร็ว ความคล่องแคล่ว และสมรรถภาพทางกายโดยรวม อีกทั้งยังเพิ่มความสนุกและแรงจูงใจในการฝึกซ้อม ในมุมมองของ Zhang et al. (2025, pp. 1–18) การฝึกซ้อมที่ยืดหลัก ความหลากหลาย (Variation) และ ความจำเพาะ (Specificity) เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางกีฬา การฝึกที่มีความหลากหลายช่วยลดความจำเจและเพิ่มแรงกระตุ้นในการฝึก ขณะที่การฝึกที่มีความจำเพาะช่วยพัฒนาทักษะที่ตรงกับความต้องการของกีฬาอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Stern et al. (2020, pp. 2105–2111) ยังเน้นว่าการออกแบบโปรแกรมการฝึกควรพิจารณาปัจจัยเฉพาะบุคคล เช่น อายุ เพศ และระดับสมรรถภาพพื้นฐาน เพื่อให้การฝึกมีความเหมาะสม ปลอดภัย และส่งผลสูงสุดต่อการพัฒนาความสามารถของนักกีฬา

โดยสรุป การประยุกต์ใช้หลักการฝึกอย่างถูกต้องและครบถ้วน ไม่เพียงช่วยส่งเสริมการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเท่านั้น แต่ยังช่วยให้กระบวนการฝึกซ้อมเกิดความปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสามารถปรับใช้ได้ยืดหยุ่นตามลักษณะเฉพาะของกีฬาและบุคคล การวางแผนฝึกที่อิงหลักการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นรากฐานสำคัญของความสำเร็จในการพัฒนานักกีฬาในระยะยาว

1. หลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity)

หลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity) ถือเป็นแนวคิดพื้นฐานสำคัญในกระบวนการฝึกซ้อมทางกีฬา ซึ่งมุ่งเน้นให้การออกแบบโปรแกรมการฝึกสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของกิจกรรมทางกายภาพที่ต้องการพัฒนา ทั้งในด้านระบบพลังงานที่ใช้ กลุ่มกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนรูปแบบและทิศทางของการเคลื่อนไหว เพื่อให้ร่างกายเกิดการปรับตัวที่ตรงตามเป้าหมายเฉพาะของการฝึก การประยุกต์ใช้หลักการนี้จึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการพัฒนา

สมรรถภาพทางกายให้เป็นไปอย่างมีทิศทางและตรงจุดมากยิ่งขึ้นในทำนองเดียวกัน Tometz et al. (2022, pp. 2223–2229) ได้เสนอว่า การฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงควรมุ่งเน้นการปรับรูปแบบการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกับลักษณะของกีฬา หรือกิจกรรมที่ต้องการพัฒนาอย่างละเอียด โดยให้ความสำคัญกับมิติของการเคลื่อนไหว ความเข้มข้นของการฝึก และกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ เพื่อให้การตอบสนองของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สามารถลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บและเพิ่มศักยภาพเฉพาะทางของนักกีฬาได้อย่างเป็นรูปธรรม ในมุมมองของ Zhang et al. (2025, pp. 1–18) การฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงยังมีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ในร่างกายอย่างเป็นระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกล้ามเนื้อ หรือระบบพลังงาน ซึ่งแต่ละระบบจะพัฒนาไปในทิศทางที่สอดคล้องกับลักษณะของการฝึกนั้น ๆ การฝึกเช่นนี้จึงช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพของร่างกายได้อย่างมีเป้าหมาย และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายภาพที่ต้องการพัฒนา นอกจากนี้ Stern et al. (2020, pp. 2105–2111) ได้เน้นย้ำว่า การนำหลักการความเฉพาะเจาะจงมาใช้ในการฝึกซ้อม จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของกีฬาและเป้าหมายของแต่ละบุคคล เช่น ความเร็วในการเคลื่อนไหว การรักษาสมดุลของร่างกาย หรือความว่องไวในการตอบสนอง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการเล่นกีฬา การปรับโปรแกรมฝึกให้เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะด้านเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมสมรรถภาพของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บได้อย่างมีนัยสำคัญ ในทิศทางเดียวกัน Ke et al. (2025, pp. 757–766) ชี้ให้เห็นว่า เพื่อให้การฝึกบรรลุผลอย่างแท้จริงและส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา โปรแกรมการฝึกควรอิงกับหลักความเฉพาะเจาะจงอย่างเคร่งครัด โดยพิจารณาถึงความต้องการเฉพาะของกีฬาหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ทั้งในด้านประเภทของการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น การหดตัวแบบไอโซเมตริก ไอโซทอนิก และไอโซคิเนติก รวมถึงลักษณะการเคลื่อนไหวในแต่ละระนาบของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นแนวตั้ง แนวนอน หรือแนวเฉียง การฝึกที่ตอบสนองต่อองค์ประกอบเหล่านี้จะช่วยทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อสามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวเพิ่มสูงขึ้น พร้อมลดโอกาสการบาดเจ็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุป หลักความเฉพาะเจาะจงเป็นหัวใจสำคัญของการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิผล เนื่องจากช่วยให้การพัฒนาเกิดขึ้นอย่างตรงจุด สอดคล้องกับความต้องการของกีฬา และส่งผลต่อการทำงานร่วมกันของระบบต่าง ๆ ในร่างกายอย่างเป็นระบบ ซึ่งท้ายที่สุดจะนำไปสู่การยกระดับสมรรถภาพทางกายและประสิทธิภาพในการแข่งขันของนักกีฬาอย่างยั่งยืน.

ในด้านการฟื้นฟูสมรรถภาพ หลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity) ถือเป็นแนวคิดสำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมฝึกเพื่อให้การฟื้นตัวมีทิศทางตรงกับความต้องการของผู้ฝึกหรือผู้ป่วย โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการฟื้นฟูจากอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหรือระบบใดระบบหนึ่ง ซึ่งการฝึกจะเน้นไปที่การกระตุ้นกล้ามเนื้อเฉพาะกลุ่ม รวมถึงการจำลองรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ใกล้เคียงกับกิจกรรมเป้าหมายจริง ทั้งนี้ จากการศึกษาของ Brini et al. (2023, pp. 1-16) พบว่า โปรแกรมฝึกที่มุ่งเน้นความเฉพาะเจาะจงด้านความแข็งแรงในนักกีฬาฟุตบอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อการฝึกเน้นไปที่กล้ามเนื้อและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ใช้จริงในการแข่งขัน ข้อมูลนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Prieto-González et al. (2022, pp. 1-17) ซึ่งวิเคราะห์ผลของโปรแกรมฝึกความเฉพาะเจาะจงในนักวิ่งมาราธอน และพบว่าโปรแกรมที่สะท้อนลักษณะการวิ่งจริงมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงระบบพลังงานและการตอบสนองของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าโปรแกรมทั่วไป ในทำนองเดียวกัน Zhang et al. (2025, pp. 1-18) ศึกษาการนำหลักความเฉพาะเจาะจงมาประยุกต์ใช้ในการฝึกความคล่องตัวของนักกีฬาบาสเกตบอล โดยพบว่าการฝึกที่เลียนแบบทิศทางและความเร็วของเกมจริง ส่งผลต่อการเพิ่มความเร็วและความแม่นยำของการเคลื่อนไหวอย่างชัดเจน ขณะที่ Arumugam et al. (2021, pp. 1-17) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมฝึกประสาทกล้ามเนื้อเฉพาะเจาะจงต่อการทรงตัวในนักกีฬายิมนาสติก ผลการศึกษาชี้ว่าการฝึกที่เลียนแบบท่าทางจริงในการแข่งขันสามารถเพิ่มสมดุลและความมั่นคงของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของความเฉพาะเจาะจงในด้านการควบคุมการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ Martin et al. (2021, pp. 591–600) รายงานผลของการฝึกเฉพาะเจาะจงในนักกีฬาว่ายน้ำ โดยพบว่าการฝึกที่มุ่งเน้นด้านเทคนิคและความต้านทานในน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการว่ายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ ในบริบทของนักวิ่งระยะสั้น ส่วน Romagnoli et al. (2022, pp. 1-7) ได้ศึกษาผลของการฝึกความเร็วแบบเฉพาะเจาะจง โดยโปรแกรมฝึกที่เลียนแบบรูปแบบและระยะเวลาการวิ่งจริงมีผลอย่างมีประสิทธิภาพต่อการลดเวลาในการวิ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของความเฉพาะเจาะจงต่อระบบพลังงานและประสิทธิภาพด้านความเร็ว อีกทั้งด้าน Stadnyk et al. (2024, pp. 1148–1157) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้หลักความเฉพาะเจาะจงในโปรแกรมฝึกความอดทนของนักปั่นจักรยาน โดยผลการศึกษาพบว่าโปรแกรมที่จำลองสภาพการแข่งขันจริงสามารถพัฒนาการใช้พลังงานได้ดีกว่าโปรแกรมมาตรฐาน ในกลุ่มนักกีฬายกน้ำหนัก ส่วน Jouira et al. (2024, pp. 382–401) ได้วิจัยผลของการฝึกสมรรถภาพเฉพาะเจาะจงที่เน้นเทคนิคและแรงต้านตามประเภทของการยกน้ำหนัก โดยผลการศึกษาพบว่าการฝึกดังกล่าวสามารถเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อและพัฒนาท่าทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านกีฬาเทนนิส ด้าน Doğanay et al. (2020, pp. 1240–1246) วิเคราะห์

ผลของการฝึกความเฉพาะเจาะจงที่ออกแบบให้เลียนแบบการเคลื่อนไหวในการแข่งขันจริง ซึ่งพบว่าโปรแกรมดังกล่าวช่วยเพิ่มความคล่องตัวและการตอบสนองของนักกีฬาได้อย่างมีนัยสำคัญ สุดท้าย Hasani Chenari et al. (2025, pp. 1-11) ได้ศึกษาผลของการฝึกความเฉพาะเจาะจงต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพหลังการบาดเจ็บในนักกีฬา โดยผลการศึกษาระบุว่าการฝึกที่มุ่งเน้นทักษะและกล้ามเนื้อเฉพาะมีผลช่วยเร่งกระบวนการฟื้นตัวและลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในกีฬาที่ต้องการความสามารถเฉพาะด้าน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล หรือวอร์ระยะสั้น โปรแกรมฝึกควมรื่องค์ประกอบที่จำเพาะกับรูปแบบการแข่งขัน เช่น การฝึกวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction) ในฟุตบอล หรือการฝึกกระโดดที่สอดคล้องกับการกระโดดในบาสเกตบอล ซึ่งจะช่วยทำให้การฝึกมีผลต่อการพัฒนาศักยภาพทางกายและทักษะของนักกีฬาอย่างแท้จริง Mikulić et al. (2025, pp. 1-13)

2. หลักความก้าวหน้า (Progressive overload)

หลักความก้าวหน้า (Progression) เป็นแนวคิดสำคัญในกระบวนการฝึกซ้อมทางกีฬาและการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ซึ่งมุ่งเน้นให้การเพิ่มภาระการฝึกเป็นไปอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน และเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้ฝึก เพื่อกระตุ้นการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ทั้งในด้านระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงระบบประสาท เพื่อให้เกิดพัฒนาการอย่างต่อเนื่องและปลอดภัย การจัดลำดับและปรับเพิ่มความเข้มข้นของการฝึกอย่างเหมาะสมจึงเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยป้องกันภาวะหยุดชะงักของการพัฒนา และลดความเสี่ยงจากการฝึกที่หนักเกินไปหรือไม่เพียงพอ ในทำนองเดียวกัน Schoenfeld et al. (2021, pp. 221–241) อธิบายว่า หลักความก้าวหน้าหรือที่เรียกว่า “Progressive overload” เป็นกระบวนการปรับเพิ่มน้ำหนัก จำนวนครั้ง หรือความเข้มข้นของการฝึกซ้อมอย่างมีแบบแผน เพื่อกระตุ้นการพัฒนาความแข็งแรง สมรรถภาพทางกาย และประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาอย่างต่อเนื่อง หลักการนี้ช่วยให้ร่างกายสามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสมโดยไม่เกิดภาวะบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมที่มากเกินไป อีกทั้งยังเป็นกลยุทธ์สำคัญในการเสริมสร้างความคงทนและความมั่นคงของสมรรถภาพในระยะยาว ในมุมมองของ Schumann et al. (2022, pp. 601–612) ความก้าวหน้าเป็นกระบวนการฝึกที่ต้องอาศัยการเพิ่มภาระการฝึกอย่างเป็นขั้นตอนและมีการวางแผนอย่างรอบคอบ เพื่อให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงระบบประสาท เกิดการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มภาระดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแบบของความเข้มข้น ปริมาณ หรือความถี่ของการฝึก ทั้งนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและความปลอดภัย เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและภาวะฝึกเกิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างสมรรถภาพทางกายที่มั่นคงในระยะยาว ในทิศทางเดียวกัน Chen et

al. (2021, pp. 1–19) ได้ระบุว่า หลักความก้าวหน้าเป็นแนวทางสำคัญในการออกแบบโปรแกรมการฝึกที่เน้นการเพิ่มความเข้มข้น ปริมาณ หรือความยากของการฝึกอย่างเป็นระบบ เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายเกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาอย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการตามหลักการนี้ช่วยส่งเสริมการพัฒนาสมรรถภาพทางกายอย่างต่อเนื่องโดยไม่สร้างภาระเกินพิกัดให้กับร่างกาย อีกทั้งยังช่วยให้ผลลัพธ์ของการฝึกมีความยั่งยืนและเหมาะสมกับเป้าหมายของนักกีฬาแต่ละประเภท ขณะเดียวกัน Kreher et al. (2025, pp. 1-7) ได้ให้คำนิยามเพิ่มเติมว่า หลักความก้าวหน้าเป็นกระบวนการวางแผนและปรับเปลี่ยนภาระการฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้น โดยคำนึงถึงความเข้มข้น ปริมาณ และความยากของการฝึก เพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและพัฒนาสมรรถภาพทางกายให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง การดำเนินการตามหลักการนี้ไม่เพียงช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บหรือการฝึกที่มากเกินไป แต่ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้ผู้ฝึกสามารถบรรลุเป้าหมายทางกายภาพและรักษาประสิทธิภาพในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน

โดยสรุปแล้ว หลักความก้าวหน้าเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่มีประสิทธิผล เนื่องจากเป็นแนวทางที่ช่วยให้ร่างกายปรับตัวอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง สนับสนุนให้เกิดความแข็งแรง ความทนทาน และประสิทธิภาพทางกายภาพที่เหมาะสมกับเป้าหมายของผู้ฝึกในแต่ละระดับ ทั้งยังเป็นหลักการที่เชื่อมโยงกับความปลอดภัยและความยั่งยืนของการฝึกในระยะยาวอย่างสมดุลและมีประสิทธิภาพ

หลักความก้าวหน้า (Progressive overload) เป็นหลักการสำคัญทางสรีรวิทยาการกีฬา ซึ่งระบุว่าพัฒนาสมรรถภาพทางกายของบุคคลจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อมีการเพิ่มระดับความเครียดหรือความท้าทายที่มีต่อระบบของร่างกายอย่างต่อเนื่องและเป็นแนวคิดนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานว่า เมื่อร่างกายปรับตัวเข้ากับระดับการฝึกที่กำหนดไว้แล้ว จะต้องเพิ่มระดับของความหนัก ปริมาณ ระยะเวลา หรือความถี่ของการฝึก เพื่อกระตุ้นให้เกิดการปรับตัวเพิ่มเติม ทั้งนี้ การเพิ่มความเครียดในการฝึกจะต้องดำเนินการอย่างเหมาะสมและค่อยเป็นค่อยไป เพื่อป้องกันภาวะฝึกเกิน (Overtraining) หรือการบาดเจ็บ โดยในเชิงปฏิบัติ แนวทางในการเพิ่มภาระการฝึกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มน้ำหนักต้านทาน การเพิ่มจำนวนครั้งหรือเซตของการฝึก การลดช่วงเวลาพัก หรือการเปลี่ยนแปลงความซับซ้อนของทักษะที่ฝึก ซึ่งในบริบทของการฝึกพลกำลัง เช่น การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) การปรับน้ำหนักฝึกให้เหมาะสมกับความสามารถของแต่ละบุคคล และมีการเพิ่มอย่างสม่ำเสมอ จะส่งผลต่อการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และพลังระเบิดอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านผลการวิจัย สนับสนุนแนวคิดดังกล่าวอย่างชัดเจน โดย Uzelac-Sciran et al. (2020, pp. 547–555). ศึกษาผลของการเพิ่มภาระการฝึกแบบก้าวหน้าต่อสมรรถภาพของ

นักกีฬาฟุตบอลเยาวชน พบว่า การเพิ่มภาระอย่างเหมาะสมมีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อและความเร็วในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ Kraemer and Nitka (2025, pp. 494–498) ได้วิจัยผลของการฝึกต้านทานแบบก้าวหน้ากับการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อในนักยกน้ำหนัก และพบว่าการเปลี่ยนแปลงในความแข็งแรงและพลังระเบิดที่ชัดเจน ในทำนองเดียวกัน Bregenhof et al. (2023, pp. 40–48) ได้วิเคราะห์ผลการใช้โปรแกรม Progressive overload ในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยหลังผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า โดยพบว่าการเพิ่มภาระอย่างเป็นระบบสามารถช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นฟูได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกัน Tøien et al. (2023, pp. 1360–1371) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบ Overload กับการฝึกทั่วไปในนักกีฬาวัยน้ำระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งผลการศึกษาก็ให้เห็นว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบ Overload มีความทนทานทางกล้ามเนื้อสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน Kreher et al. (2025, pp. 1–7) ได้ทดลองผลของการฝึก Progressive overload ต่อการกระโดดแนวตั้งในนักกีฬาสเกตบอล โดยพบว่าการฝึกดังกล่าวส่งผลให้พลังขาและการทรงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุ Sadaqa (2023, pp. 1–14) ได้ศึกษาการฝึกด้วยหลักความก้าวหน้า และพบว่ามีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของขา สมรรถภาพในการเดิน และลดความเสี่ยงในการหกล้ม ในอีกมุมหนึ่ง Yu et al. (2025, pp. 10–17) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมฝึกก้าวหน้าต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อแกนกลาง โดยผลลัพธ์บ่งชี้ว่าช่วยพัฒนาเสถียรภาพของลำตัวและลดอาการปวดหลังในนักกีฬา นอกจากนี้ Filipas et al. (2022, pp. 498–511) ยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วในการฝึกแบบก้าวหน้าและการพัฒนา VO2max ในกลุ่มนักวิ่ง และพบว่าการเพิ่มความถี่แบบค่อยเป็นค่อยไปมีส่วนช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพระบบหายใจอย่างมีนัยสำคัญ สุดท้าย Lee et al. (2021, pp. 5–12) ได้ศึกษาการใช้หลัก Progressive overload ร่วมกับการฝึกเฉพาะทางในนักฟุตบอล และพบว่าทำให้การฟื้นตัวเกิดขึ้นเร็วขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาความสามารถในการเล่นได้อย่างชัดเจน

สรุปได้ว่า หลักการนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับการฝึกในด้านอื่น ๆ เช่น ความทนทานทางหัวใจและหลอดเลือด (Cardiorespiratory endurance) ความคล่องแคล่ว (Agility) และความเร็ว (Speed) โดยการเพิ่มความเข้มข้นหรือระยะเวลาของการฝึกอย่างเป็นขั้นตอน ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพด้านต่าง ๆ อย่างรอบด้าน ทั้งนี้ การจัดลำดับความหนักเบาและความซับซ้อนของโปรแกรมฝึกที่เหมาะสม ยังช่วยให้ร่างกายสามารถปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และส่งเสริมสมรรถภาพโดยรวมให้ยั่งยืนในระยะยาว

3. หลักความสม่ำเสมอ (Consistency)

หลักความสม่ำเสมอ (Consistency) ถือเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการฝึกซ้อมและการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากความต่อเนื่องของการฝึกในระยะยาวเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาและคงไว้ซึ่งสมรรถภาพทางกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม Plotkin et al. (2022, pp. 1–19) ระบุว่า ความสม่ำเสมอหมายถึงการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่ขาดช่วง ซึ่งช่วยให้ร่างกายสามารถปรับตัวและพัฒนาได้อย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกัน หากขาดความสม่ำเสมอหรือหยุดการฝึกเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิด “การถดถอยของสมรรถภาพ” (Detraining) ส่งผลให้ความสามารถทางกายที่พัฒนาไว้ลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การรักษาความสม่ำเสมอจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การฝึกซ้อมเกิดผลอย่างยั่งยืนและคงประสิทธิภาพในระยะยาว ในทำนองเดียวกัน Zwingmann et al. (2021, pp. 1–15) ได้ให้ความหมายของความสม่ำเสมอว่า เป็นการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องโดยไม่เว้นช่วงเวลาพักที่ยาวนานเกินไป ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการสร้างความทนทานและพัฒนาศักยภาพของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาท ความสม่ำเสมอในการฝึกช่วยให้การปรับตัวทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งลดความเสี่ยงของการสูญเสียสมรรถภาพเมื่อหยุดฝึกไปเป็นเวลานาน Farrell and Turgeon (2023, pp. 1–15) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า หลักความสม่ำเสมอเป็นแนวทางที่เน้นการออกกำลังกายหรือฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่องในระยะยาว เพื่อให้ร่างกายเกิดการปรับตัวอย่างมั่นคงทั้งในด้านโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาท การฝึกอย่างสม่ำเสมอนอกจากจะช่วยป้องกันการถดถอยของสมรรถภาพทางกายแล้ว ยังมีส่วนช่วยเสริมสร้างการฟื้นฟูร่างกายและสนับสนุนการพัฒนาในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแง่มุมทางสรีรวิทยา Liu et al. (2025, pp. 1–11) ชี้ให้เห็นว่า การฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอเป็นเงื่อนไขสำคัญในการสร้างการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายที่ยั่งยืน เพราะการกระตุ้นร่างกายอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาสมรรถภาพในระดับที่สูงขึ้น การฝึกที่ไม่สม่ำเสมอหรือเป็นเพียงครั้งคราวไม่สามารถกระตุ้นให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายปรับตัวได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการฝึกและผลลัพธ์ที่ต้องการลดลง อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงของการสูญเสียความสามารถที่เกิดจากการหยุดซ้อมเป็นเวลานาน ในทิศทางเดียวกัน Dos Santos et al. (2025, pp. 1–7) ได้ให้ความเห็นว่า ความสม่ำเสมอในการฝึกเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยให้ผู้ฝึกสามารถบรรลุเป้าหมายด้านสุขภาพและสมรรถภาพทางกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการฝึกที่สม่ำเสมอช่วยกระตุ้นให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายปรับตัวอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน นอกจากนี้ หลักความสม่ำเสมอยังทำงานร่วมกับหลักการฝึกอื่น ๆ เช่น หลักความก้าวหน้า

(Progression) และหลักความเฉพาะเจาะจง (Specificity) เพื่อให้โปรแกรมการฝึกซ้อมมีความสมดุล และตอบสนองต่อเป้าหมายเฉพาะของแต่ละบุคคลได้ดียิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุป หลักความสม่ำเสมอเป็นรากฐานสำคัญของการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิผล เพราะเป็นปัจจัยที่ช่วยให้ร่างกายเกิดการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมให้ระบบต่าง ๆ ทำงานประสานกันได้อย่างเหมาะสม ป้องกันการถดถอยของสมรรถภาพ และสนับสนุนให้เกิดความก้าวหน้าในระยะยาวอย่างมั่นคงและยั่งยืน ทั้งในด้านสุขภาพ สมรรถภาพทางกาย และประสิทธิภาพในการเล่นกีฬา

หลักความสม่ำเสมอ (Consistency) ถือเป็นหนึ่งในแนวคิดพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อกระบวนการฝึกกีฬาและการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย โดยหลักการนี้เน้นให้เห็นว่า การฝึกจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีความต่อเนื่องเป็นระบบในระยะยาว และดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ ในทางตรงกันข้าม ความไม่ต่อเนื่องหรือการเว้นช่วงการฝึกในระยะเวลาอันยาวนานอาจนำไปสู่ภาวะการถดถอยของสมรรถภาพทางกาย (Detraining) ซึ่งเป็นสภาวะที่สมรรถภาพที่พัฒนาขึ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Barbieri et al., 2022, pp. 150–155) นอกจากนี้ การฝึกอย่างสม่ำเสมอยังส่งผลต่อการปรับตัวของร่างกายในหลายระบบ ไม่ว่าจะเป็นระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงเชิงสรีรวิทยา เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิต และความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมั่นคงเมื่อมีการฝึกที่สม่ำเสมอ ในด้านจิตวิทยาการกีฬา ความสม่ำเสมอยังมีบทบาทในการส่งเสริมแรงจูงใจ ความมีวินัยในตนเอง และความยึดมั่นในเป้าหมาย (Self-determination) ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของผู้ฝึกซ้อมและนักกีฬา ทั้งนี้ งานวิจัยจำนวนมากได้ให้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนแนวคิดข้างต้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในงานของ Plotkin et al. (2022, pp. 1-19) ซึ่งพบว่า ความสม่ำเสมอในการฝึกด้านทานส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงในนักกีฬามหาวิทยาลัย ในทำนองเดียวกัน Rodrigues et al. (2022, pp. 1-11) รายงานว่า การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในผู้สูงอายุช่วยลดความเสี่ยงในการหกล้มและเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวอย่างมั่นคง ขณะที่ Johnson et al. (2025, pp. 1-17) ยังศึกษาพบว่า ความต่อเนื่องในการฝึกของนักกีฬายกน้ำหนักมีผลต่อการรักษาสมรรถภาพในระดับสูงและสามารถลดอัตราการบาดเจ็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกด้านหนึ่ง Jafarnezhadgero et al. (2022, pp. 1-10) พบว่าการฝึกวิ่งอย่างสม่ำเสมอมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด ยิ่งไปกว่านั้น Ma et al. (2025, pp. 1-15) ได้วิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการฝึกฝนทักษะกีฬา และพบว่า ความต่อเนื่องในการฝึกมีบทบาทสำคัญ

ต่อการพัฒนาและการคงไว้ซึ่งทักษะการเคลื่อนไหวในระยะยาว สอดคล้องกับการศึกษาของ Patel et al. (2024, pp. 1-10) ซึ่งเปรียบเทียบผลของการฝึกต่อเนื่องกับการฝึกเว้นช่วงในนักกีฬาฟุตบอล โดยพบว่ากลุ่มที่มีการฝึกอย่างสม่ำเสมอมีพัฒนาการด้านความคล่องแคล่วและสมรรถภาพโดยรวมที่ดีกว่าอย่างชัดเจน ในแง่ของการฟื้นฟูร่างกาย Mcleod et al. (2024, pp. 47-60) ศึกษาในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาฟื้นฟูหลังการผ่าตัด พบว่า การฝึกกายภาพอย่างสม่ำเสมอช่วยส่งเสริมการฟื้นฟูการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกัน Lee (2025, pp. 1-13) ระบุว่า ผู้ที่ฝึก Core training อย่างต่อเนื่องมีความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางมากกว่ากลุ่มที่ฝึกไม่สม่ำเสมอ ในทำนองเดียวกัน Borrego-Sánchez et al. (2021, pp. 1-18) รายงานว่า ความสม่ำเสมอของการฝึกในนักกีฬาวัยน้ำช่วยเพิ่มสมรรถภาพของปอดและลดอาการเหนื่อยล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Joo et al. (2021, pp. 1-11) ยังพบว่า การออกกำลังกายแบบ Home-based อย่างสม่ำเสมอในกลุ่มวัยทำงานมีผลช่วยลดความเครียดและเพิ่มสมรรถภาพร่างกายได้อย่างมีนัยสำคัญ

โดยสรุป ความสม่ำเสมอในการฝึกไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการพัฒนาและการรักษา ระดับสมรรถภาพทางกายเท่านั้น หากยังครอบคลุมถึงการปรับตัวทางสรีรวิทยาและจิตวิทยา ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของความสำเร็จในการฝึกซ้อมและการแข่งขันในระยะยาวอย่างแท้จริง ความสม่ำเสมอช่วยเสริมสร้างวงจรการเรียนรู้และการจดจำของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ส่งผลให้การเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพและเกิดความเชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีส่วนสำคัญในการสร้างนิสัยสุขภาพที่ดีและการมีเจตคติเชิงบวกต่อการออกกำลังกายในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ส่งเสริมความยั่งยืนของการฝึกอย่างแท้จริงในทุกช่วงวัย

4. หลักการพักและฟื้นฟู (Recovery)

หลักการพักและฟื้นฟู (Recovery) ถือเป็นกระบวนการสำคัญทั้งในมิติทางสรีรวิทยาและจิตวิทยาที่ช่วยให้ร่างกายสามารถกลับคืนสู่ภาวะสมดุลหลังจากการออกกำลังกายหรือการแข่งขันที่มีความเข้มข้นสูง โดย Larrosa et al. (2025, pp. 1068-1089) อธิบายว่า การฟื้นฟูที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญในการป้องกันภาวะออกกำลังกายหนักเกินไป (Overtraining) ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพและประสิทธิภาพในการฝึกซ้อม อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อและการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ส่งเสริมให้การพัฒนาสมรรถภาพทางกายเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว ในทำนองเดียวกัน Kreher et al. (2025, pp. 1-7) ให้ความหมายว่า การฟื้นฟูคือขั้นตอนสำคัญในการลดความล้าทางร่างกายและจิตใจหลังการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายสำหรับการฝึกครั้งถัดไป กระบวนการนี้ไม่เพียงช่วยฟื้นฟูพลังงานและลดความเครียดของระบบประสาท แต่ยังมีผลช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

และภาวะออกกำลังกายหนักเกินไป (Overtraining) ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่เอื้อต่อการพัฒนา ศักยภาพของนักกีฬาทดต่อเนื่อง ขณะเดียวกัน Ghazzawi et al. (2023, pp. 1–20) เน้นว่าการ พักและฟื้นฟูเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ในโปรแกรมการฝึกที่มีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ระบบ ประสาทกล้ามเนื้อกลับสู่สภาวะสมดุลหลังจากการออกแรงอย่างหนัก อีกทั้งยังส่งเสริมการฟื้นตัวของ กล้ามเนื้อ ลดความเมื่อยล้าสะสม และป้องกันการบาดเจ็บเรื้อรัง การฟื้นฟูที่เหมาะสมจึงเป็นปัจจัย สำคัญในการรักษาสรรถภาพและประสิทธิภาพการฝึกซ้อมในระยะยาว นอกจากนี้ Sandford et al. (2021, pp. 2017–2028) ยังชี้ให้เห็นว่า การฟื้นฟูเป็นส่วนหนึ่งของกลไกทางสรีรวิทยาที่ร่างกายใช้ในการ ช่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการฝึกซ้อมอย่างหนัก รวมถึงการปรับตัวของระบบต่าง ๆ เพื่อ รองรับการฝึกในรอบถัดไป การกำหนดช่วงเวลาพักที่เหมาะสมจึงเป็นองค์ประกอบหลักของหลักการ Periodization ที่ช่วยให้การพัฒนาสมรรถภาพทางกายดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยง ต่อการบาดเจ็บ และป้องกันการฝึกซ้อมเกินขีดจำกัด สุดท้าย Calcaterra et al. (2024, pp. 1–16) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า หลักการฟื้นฟูเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและต้องอาศัยองค์ประกอบหลาย ประการ เช่น การนอนหลับที่มีคุณภาพเพื่อช่อมแซมเนื้อเยื่อและปรับสมดุลของฮอร์โมน การจัดสรร สารอาหารที่เพียงพอเพื่อเติมเต็มพลังงานและสนับสนุนการฟื้นตัว รวมถึงการจัดการความเครียดเพื่อ รักษาสมดุลของระบบประสาทและภูมิคุ้มกัน การผสมผสานองค์ประกอบเหล่านี้อย่างเหมาะสมจึง เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ร่างกายเตรียมพร้อมสำหรับการฝึกซ้อมและการแข่งขันในรอบถัดไปอย่างมี ประสิทธิภาพและยั่งยืน

สรุปได้ว่า หลักการพักและฟื้นฟูเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจาก ความเหนื่อยล้าและความเครียดที่เกิดจากการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันอย่างเข้มข้น โดยมีบทบาทใน การช่อมแซมเนื้อเยื่อ ปรับสมดุลของระบบต่าง ๆ และเตรียมร่างกายให้พร้อมสำหรับการฝึกครั้งต่อไป การฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพต้องประกอบด้วย การนอนหลับที่เพียงพอ โภชนาการที่เหมาะสม การ จัดการความเครียด และการฝึกเบาในบางช่วงเวลา ซึ่งทั้งหมดนี้ช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ และการฝึกเกิน ส่งผลให้สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกายได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

หลักการพักและฟื้นฟู (Recovery) เป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการฝึก ทางกีฬาและการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย โดยมุ่งเน้นให้ร่างกายมีเวลาสำหรับการช่อมแซม ฟื้นฟู และปรับตัวจากความเครียดทางกายภาพและจิตใจที่เกิดขึ้นระหว่างการฝึกซ้อม ในประเด็นนี้ การ จัดการช่วงเวลาพักและการฟื้นตัวอย่างเหมาะสมไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บและ ภาวะออกกำลังกายหนักเกินไป (Overtraining) เท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ของการฝึกใน ระยะยาว ยิ่งไปกว่านั้น ร่างกายมนุษย์ต้องอาศัยกระบวนการฟื้นฟูเพื่อให้เกิดการสร้างใหม่ของ

เนื้อเยื่อ การเติมพลังงานที่สูญเสียไป และการฟื้นฟูสภาพระบบประสาทและกล้ามเนื้อ หากพิจารณาในแง่ของผลกระทบจากการขาดการฟื้นฟูที่เหมาะสม จะพบว่าร่างกายไม่สามารถปรับตัวต่อความเครียดจากการฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจนำไปสู่การลดลงของสมรรถภาพทางกายหรือการเกิดภาวะความเหนื่อยล้าสะสม (Patel et al., 2024, pp. 1-10) สำหรับแนวทางในการฟื้นฟูสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบ ทั้งการพักผ่อนแบบเต็มรูปแบบ (Passive recovery) เช่น การนอนหลับและการหยุดพักจากการฝึก และการพักแบบกระตุ้น (Active recovery) เช่น การเคลื่อนไหวเบาๆ เพื่อกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต นอกจากนี้ การใช้เทคนิคเสริม เช่น การยืดกล้ามเนื้อ การใช้ความเย็น (Cryotherapy) การบีบอัด (Compression) และการนวด ยังสามารถช่วยเสริมกระบวนการฟื้นฟูได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านจิตวิทยาการกีฬา Loch et al. (2020, pp. 1-13) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียดกับการฟื้นฟูตัวในนักกีฬา โดยพบว่าการฟื้นฟูตัวที่มีคุณภาพช่วยลดผลกระทบของความเครียดและเพิ่มความพร้อมทางจิตวิทยาในการฝึกซ้อม ในทำนองเดียวกัน Kreher et al. (2025, pp. 1-7) วิเคราะห์การวางแผนการพักผ่อนของนักกีฬา พบว่าการจัดโปรแกรมพักอย่างเหมาะสมสามารถลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บซ้ำและภาวะออกกำลังกายหนักเกินไป (Overtraining) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกัน Galvez-Rodriguez et al. (2025, pp. 1-20) เปรียบเทียบผลของการใช้น้ำเย็น (Cold water immersion) กับการพักปกติในนักกีฬาที่ฝึกหนัก โดยพบว่าการฟื้นฟูตัวด้วยน้ำเย็นช่วยลดอาการกล้ามเนื้อล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในแง่ของระบบหัวใจและหลอดเลือด Vasquez-Bonilla et al. (2021, pp. 1-14) ศึกษาการฟื้นฟูตัวของระบบหัวใจและหลอดเลือดในนักกีฬาลงการฝึกแบบเข้มข้น และพบว่าการวางแผนวันพักมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจและระดับ Cortisol ด้านการฟื้นฟูของกล้ามเนื้อ Davis et al. (2020, pp. 1-9) ได้ศึกษาผลของการนวดหลังการฝึกซ้อม พบว่าการนวดช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิตและลดอาการปวดกล้ามเนื้อชั่วคราว ด้านการฟื้นฟูตัวเชิงสรีรวิทยา Gu et al. (2021, pp. 184-193) ศึกษาการใช้ Active recovery ในระหว่างรอบการฝึกซ้อม พบว่าการฟื้นฟูตัวแบบเคลื่อนไหวช่วยลดระดับ Lactate และความเมื่อยล้าได้ดีกว่าการพักแบบนิ่ง สำหรับนักกีฬาระดับอาชีพ Cupka and Sedliak (2023, pp. 1-9) วิเคราะห์ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฟื้นฟูหลังการแข่งขันฟุตบอล พบว่าความแตกต่างของตำแหน่งผู้เล่นส่งผลต่อความต้องการในการฟื้นฟูที่แตกต่างกัน ท้ายที่สุด Wu et al. (2021, pp. 1-10) ได้ศึกษาผลของเทคนิค Mindfulness และการฝึกลมหายใจต่อการฟื้นฟูทางจิตใจในนักกีฬา พบว่ามีผลในการลดความเครียดและเพิ่มสมาธิหลังการฝึกอย่างชัดเจน

สรุปได้ว่า หลักการพักและฟื้นฟู (Recovery) เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ร่างกายและจิตใจกลับสู่ภาวะสมดุลหลังจากการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกายอย่างหนัก โดยมุ่งเน้นการลดความ

ล้ำ ป้องกันการบาดเจ็บ และส่งเสริมการพัฒนาทางสมรรถภาพ การฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพควรรวมถึง การนอนหลับอย่างเพียงพอ การรับประทานอาหารที่เหมาะสม การวางแผนช่วงพักในโปรแกรมฝึก และการลดความเครียด การให้ความสำคัญกับการฟื้นฟูจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาสภาพร่างกายให้พร้อมสำหรับการฝึกในระยะยาว และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในแง่ของโปรแกรมการฝึก หลักการฟื้นฟูควรถูกบูรณาการเข้ากับตารางฝึกซ้อมในลักษณะที่เป็นระบบ เช่น การวางแผนช่วงพักในรูปแบบของ Deloading หรือการสลับระหว่างวันฝึกหนักกับวันฝึกเบา เพื่อให้ร่างกายสามารถก้าวผ่านกระบวนการซ่อมแซมและฟื้นฟูได้อย่างเหมาะสม

5. หลักความหลากหลาย (Variation)

หลักความหลากหลาย (Variation Principle) ถือเป็นหนึ่งในหลักการฝึกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน โดย Mikkonen et al. (2024, pp. 1–5) อธิบายว่า หลักการนี้เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนแผนการฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบ และมีการวางแผนในระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะการฝึกซ้ำซาก ซึ่งมักทำให้การพัฒนาสมรรถภาพหยุดชะงัก การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการฝึก ความเข้มข้น หรือประเภทของกิจกรรมจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการตอบสนองและการปรับตัวทางสรีรวิทยาของร่างกายอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดจากการใช้งานกล้ามเนื้อซ้ำซ้อน และส่งเสริมให้ผู้ฝึกมีแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการฝึกซ้อมมากยิ่งขึ้น ในทำนองเดียวกัน Kassiano et al. (2022, pp. 1753–1762) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า หลักความหลากหลายมีบทบาทสำคัญในการป้องกันไม่ให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อเกิดความเคยชินกับรูปแบบการฝึกซ้ำ ๆ ซึ่งอาจทำให้สมรรถภาพชะลอตัวหรือหยุดพัฒนา การปรับเปลี่ยนชนิด ความเข้มข้น และปริมาณการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่องจึงช่วยกระตุ้นการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละช่วง ส่งผลให้ร่างกายเกิดการปรับตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความเมื่อยล้าสะสม และป้องกันการบาดเจ็บในระยะยาว นอกจากนี้ Silva (2022, pp. 1–20) ยังชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้หลักความหลากหลายในการฝึกซ้อมเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความท้าทายให้กับระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อกระตุ้นการปรับตัวที่มีประสิทธิภาพในหลายมิติของสมรรถภาพทางกาย การปรับเปลี่ยนรูปแบบ เนื้อหา และความเข้มข้นของการฝึกอย่างเหมาะสมช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดจากการใช้งานซ้ำซ้อน (Overuse injuries) และภาวะเมื่อยล้าสะสม (Cumulative fatigue) ซึ่งมักเกิดจากการฝึกที่ขาดความหลากหลาย ดังนั้น การออกแบบโปรแกรมที่มีความหลากหลายจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ Diker et al. (2023, pp. 417–424) ที่ให้ความหมายว่าหลักความหลากหลายเป็นกลยุทธ์หลักในการวางแผนฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบ โดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ เช่น วิธีการ

ฝึก ระยะเวลาพัก และรูปแบบการออกกำลังกาย เพื่อป้องกันภาวะความเคยชินของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ การนำหลักการนี้มาใช้ช่วยส่งเสริมให้ร่างกายเกิดการปรับตัวทั้งในด้านความแข็งแรง ความทนทาน และความคล่องตัวอย่างครอบคลุม ส่งผลให้การพัฒนาสมรรถภาพเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และเต็มศักยภาพ ในทิศทางเดียวกัน Moesgaard et al. (2022, pp. 1647–1666) อธิบายว่า ความหลากหลายในการฝึกคือการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรมฝึก เช่น ความเข้มข้น ระยะเวลา ประเภทของการออกกำลังกาย และรูปแบบการเคลื่อนไหว เพื่อกระตุ้นระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อให้ตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดความอ่อนล้าทางกายและจิตใจจากการฝึกซ้ำซาก ทำให้การพัฒนาสมรรถภาพทางกายเป็นไปอย่างต่อเนื่องภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

กล่าวโดยสรุป หลักความหลากหลายจึงเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการปรับตัวของร่างกายและจิตใจ ผ่านการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและเนื้อหาการฝึกซ้อมอย่างเหมาะสม ซึ่งไม่เพียงช่วยป้องกันความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บ แต่ยังสร้างแรงจูงใจให้ผู้ฝึกซ้อมพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การฝึกกีฬามีประสิทธิภาพและยั่งยืนในระยะยาว

หลักความหลากหลาย (Variation) เป็นแนวคิดสำคัญในการฝึกกีฬาและการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันความจำเจในการฝึก ลดความเสี่ยงจากการใช้งานกล้ามเนื้อซ้ำซ้อน (Repetitive strain) และส่งเสริมการปรับตัวของร่างกายอย่างต่อเนื่อง การจัดโปรแกรมฝึกที่มีความหลากหลายสามารถช่วยกระตุ้นระบบต่าง ๆ ของร่างกายให้ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นใหม่ ๆ ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ ของสมรรถภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลักการนี้สอดคล้องกับกลไกทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า การปรับตัวจำเพาะตามสิ่งกระตุ้นที่ได้รับ (Specific adaptation to imposed demands: SAID principle) โดยหากมีการฝึกในรูปแบบเดิม ๆ ซ้ำกันเป็นเวลานาน ร่างกายจะปรับตัวจนไม่มีการพัฒนาเพิ่มเติม ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ความหนัก ความถี่ ระยะเวลา หรือชนิดของการฝึกอย่างเหมาะสม จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการยกระดับศักยภาพของนักกีฬา ในทำนองเดียวกัน Gaesser et al. (2020, pp. 1167–1178) ระบุว่า การจัดความหลากหลายในการฝึกสามารถดำเนินการผ่านหลายวิธี เช่น การหมุนเวียนกลุ่มกล้ามเนื้อที่ฝึก การปรับโครงสร้างของโปรแกรมฝึกในแต่ละช่วงเวลา (Periodization) การเปลี่ยนชนิดของอุปกรณ์ หรือแม้แต่การปรับสถานที่ฝึก ซึ่งนอกจากจะช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพแล้วยังมีผลต่อแรงจูงใจและความพึงพอใจของผู้ฝึกด้วย ขณะเดียวกัน Prieto-González et al. (2022, pp. 1–17) ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนรูปแบบการฝึกซ้อมต่อการพัฒนากำลังและความทนทาน พบว่าการใช้โปรแกรมฝึกซ้อมที่มีความหลากหลายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้มากกว่าการฝึกแบบเดิมซ้ำ ๆ ในอีก

แง่มุมหนึ่ง Novak et al. (2023, pp. 1-9) วิเคราะห์ผลของการใช้หลักความหลากหลายในการฝึกความคล่องตัวของนักกีฬาฟุตบอล พบว่าการเปลี่ยนรูปแบบการฝึกทำให้มีการพัฒนาความสามารถในการตอบสนองได้ดีขึ้น นอกจากนี้ López et al. (2021, pp. 1206-1216) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมฝึกแบบคงที่กับโปรแกรมฝึกแบบหลากหลายต่อการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อในผู้ฝึกยกน้ำหนัก พบว่าการฝึกแบบหลากหลายให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในระยะยาว ข้อมูลนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang et al. (2022, pp. 1-16) ซึ่งพบว่าการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นและรูปแบบการฝึกช่วยเพิ่มสมรรถภาพระบบหัวใจและปอดในนักวิ่งมาราธอน ในทำนองเดียวกัน Galati et al. (2023, pp. 2241–2250) วิเคราะห์การจัดโปรแกรมฝึกสำหรับนักกีฬาฟิตเนสโดยใช้หลักความหลากหลาย พบว่าการเปลี่ยนรูปแบบการฝึกอย่างสม่ำเสมอสามารถลดอาการบาดเจ็บและเพิ่มแรงจูงใจได้อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการฝึกแบบผสมผสาน Wan et al. (2025, pp. 1-13) ได้แสดงให้เห็นว่าการฝึกที่ครอบคลุมทั้งความเร็ว ความแข็งแรง และความยืดหยุ่นส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของร่างกาย ในอีกบริบทหนึ่ง Criss et al. (2021, pp. 78–89) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของโปรแกรมฝึกกับการฟื้นฟูหลังบาดเจ็บของนักกีฬา พบว่าการใช้หลักความหลากหลายช่วยเร่งกระบวนการฟื้นตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วน Wang et al. (2025, pp. 157–166) รายงานว่าการปรับเปลี่ยนรูปแบบการฝึกในผู้สูงอายุสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายและลดความเสี่ยงจากการล้มได้อย่างชัดเจน ท้ายที่สุด Zhou et al. (2023, pp. 1-19) ได้ศึกษาในกลุ่มนักกีฬาเทนนิสและพบว่าความหลากหลายของรูปแบบการฝึกช่วยส่งเสริมทักษะและความคล่องตัว

สรุปได้ว่า หลักความหลากหลาย (Variation) เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบ วิธีการ ความเข้มข้น และปริมาณของการฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เพื่อป้องกันภาวะการฝึกซ้ำซาก ลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ และกระตุ้นการปรับตัวของร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้หลักความหลากหลายช่วยให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายต้องปรับตัวอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้การพัฒนาสมรรถภาพทางกายเป็นไปอย่างยั่งยืนและต่อเนื่อง ในกลุ่มนักกีฬาระดับสูง กลยุทธ์การฝึกที่เรียกว่า Planned variation หรือ Periodized training มีบทบาทสำคัญในการจัดการและวางแผนโปรแกรมฝึกซ้อมระยะยาว โดยโปรแกรมหกกล่าวจะประกอบด้วยช่วงเวลาที่มุ่งเน้นการฝึกหนักเพื่อกระตุ้นการปรับตัวของร่างกาย ช่วงเวลาการฟื้นฟูเพื่อป้องกันการบาดเจ็บและลดภาวะล้า รวมถึงช่วงเวลาที่เน้นการพัฒนาศักยภาพเฉพาะด้านที่สอดคล้องกับลักษณะและความต้องการของกีฬาแต่ละประเภท โดยการนำหลักความหลากหลายเข้ามาใช้ในการปรับเปลี่ยนภาระการฝึกตามช่วงเวลาอย่างเหมาะสม ช่วยส่งเสริมการพัฒนาสมรรถภาพอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

6. หลักการย้อนกลับ (Reversibility)

หลักการย้อนกลับ (Reversibility) เป็นแนวคิดสำคัญที่อธิบายถึงกระบวนการถดถอยของสมรรถภาพทางกายเมื่อมีการหยุดฝึกซ้อมหรือขาดความสม่ำเสมอในการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้กับทุกระบบของร่างกาย โดย Carnavale et al. (2024, pp. 1701–1712) อธิบายว่า หลักการนี้หมายถึงการที่สมรรถภาพทางกายลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปเมื่อร่างกายขาดการกระตุ้นจากการฝึกซ้อม ส่งผลให้ระบบต่าง ๆ เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบเมตาบอลิซึม ค่อย ๆ กลับคืนสู่สภาพก่อนการฝึก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการรักษาความต่อเนื่องในการฝึก เพื่อป้องกันการสูญเสียสมรรถภาพและคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพทางกายในระยะยาว ขณะเดียวกัน Lepers et al. (2024, pp. 1–8) เน้นว่า หลักการย้อนกลับแสดงให้เห็นถึงความเปราะบางของสมรรถภาพทางกายที่ได้รับการพัฒนา หากไม่มีการฝึกซ้อมต่อเนื่อง ผลลัพธ์จากการฝึก เช่น ความแข็งแรงและความทนทาน จะค่อย ๆ ลดลงภายในระยะเวลาอันสั้น การถดถอยนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการลดลงของการกระตุ้นทางสรีรวิทยาที่ร่างกายเคยได้รับการฝึก ดังนั้น การคงความสม่ำเสมอจึงเป็นปัจจัยหลักในการรักษาระดับสมรรถภาพและป้องกันการสูญเสียผลลัพธ์จากการฝึกในระยะยาว นอกจากนี้ Arce-Álvarez et al. (2024, pp. 1–11) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า หลักการย้อนกลับควรถูกนำมาพิจารณาในการวางแผนโปรแกรมฝึกซ้อม โดยเฉพาะในช่วงพักฟื้นหรือช่วงฟื้นฟูร่างกาย หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม อาจเกิดการถดถอยของสมรรถภาพอย่างรวดเร็ว การออกกำลังกายเบา ๆ หรือการฝึกในระดับความเข้มข้นต่ำระหว่างช่วงพักจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อช่วยรักษาความพร้อมของร่างกายและป้องกันการสูญเสียความสามารถที่พัฒนาไว้ นอกจากนี้ การคงความต่อเนื่องในระดับที่เหมาะสมยังช่วยสนับสนุนกระบวนการฟื้นฟูและลดความเสี่ยงจากการเสื่อมถอยของระบบต่าง ๆ ทำให้การกลับไปสู่การฝึกอย่างเข้มข้นในระยะต่อไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุป หลักการย้อนกลับเป็นเครื่องเตือนให้นักกีฬาและผู้ฝึกตระหนักถึงความสำคัญของ “ความต่อเนื่องในการฝึก” เพราะแม้การฝึกที่เข้มข้นจะช่วยพัฒนาสมรรถภาพได้อย่างมาก แต่หากขาดการฝึกอย่างสม่ำเสมอ สมรรถภาพที่สร้างขึ้นก็อาจถดถอยลงได้อย่างรวดเร็ว การบริหารจัดการช่วงพักและการฟื้นฟูอย่างเหมาะสมจึงเป็นหัวใจสำคัญในการคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพทางร่างกายและสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

หลักการย้อนกลับ (Reversibility) เป็นแนวคิดพื้นฐานในวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ซึ่งอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่สมรรถภาพทางกายที่ได้รับการพัฒนามาจากการฝึกฝน จะค่อย ๆ ลดลงหรือเสื่อมถอยเมื่อการฝึกหยุดชะงัก หรือมีระดับของการฝึกที่ไม่เพียงพอ โดย

ปรากฏการณ์นี้เป็นผลจากการลดลงของการกระตุ้นทางสรีรวิทยาต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งจำเป็นต่อการรักษาสภาพและศักยภาพของสมรรถภาพทางกาย นอกจากนี้ การถดถอยของสมรรถภาพอาจเกิดขึ้นในองค์ประกอบหลายด้าน เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความทนทานทางหัวใจและหลอดเลือด หรือความยืดหยุ่น โดยทั่วไป สมรรถภาพที่เกิดจากระบบหัวใจและหลอดเลือดจะเสื่อมถอยเร็วกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ภายใน 1–2 สัปดาห์ของการหยุดฝึก อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการย้อนกลับของสมรรถภาพ ได้แก่ ระยะเวลาที่หยุดฝึก ความเข้มข้นของการฝึกก่อนหน้านี้ ระดับสมรรถภาพของบุคคลก่อนหยุดฝึก และอายุ ทั้งนี้ ในกลุ่มนักกีฬาที่หยุดฝึกในช่วงสั้น ๆ อาจสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างรวดเร็วเมื่อกลับมาฝึกใหม่ แต่หากหยุดฝึกนานเกิน 4 สัปดาห์ ความสามารถทางร่างกายหลายด้านจะเสื่อมลงอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น Carnavale et al. (2024, pp. 1701–1712) ศึกษาผลของการหยุดฝึกช่วงสั้นและยาวในนักกีฬาความอดทน พบว่าสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดลดลงอย่างรวดเร็วหลังหยุดฝึกเพียง 2 สัปดาห์ ในทำนองเดียวกัน Aslam et al. (2025, pp. 1–17) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทและกล้ามเนื้อภายหลังการหยุดฝึก พบว่าความสามารถในการระเบิดแรงลดลงในช่วง 3–4 สัปดาห์ ขณะที่ Domingues et al. (2024, pp. 1–12) เปรียบเทียบผลของการหยุดฝึกกับการลดความถี่ของการฝึก และสรุปว่าการหยุดฝึกส่งผลเสียต่อสมรรถภาพมากกว่าการฝึกแบบลดความถี่ ในขณะเดียวกัน Gonzalo-Skok et al. (2025, pp. 1–15) ศึกษาในผู้สูงอายุ พบว่าการหยุดฝึก 6 สัปดาห์ทำให้มวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับนักกีฬาเยาวชน นอกจากนี้ Zheng et al. (2022, pp. 1–10) ได้ศึกษาผลของการหยุดฝึกช่วงสั้นต่อการตอบสนองของระบบหัวใจ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเพิ่มขึ้น และการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ลดลง ขณะที่ Lepers et al. (2024, pp. 1–8) พบว่าการกลับมาฝึกใหม่ต้องใช้เวลาใกล้เคียงกับระยะเวลาที่หยุดไป โดย Carvalho et al. (2022, pp. 357–368) ศึกษาการตอบสนองของกล้ามเนื้อหลังหยุดฝึก 2–4 สัปดาห์ในนักยกน้ำหนัก และพบว่าความแข็งแรงลดลงมากกว่ามวลกล้ามเนื้อ สุดท้าย Arce-Álvarez et al. (2024, pp. 1–11) วิเคราะห์ผลระยะยาวของการฝึกต่อเนื่องและการหยุดฝึกในนักกีฬาระดับสูง พบว่าแม้สมรรถภาพสามารถฟื้นคืนได้ แต่ต้องใช้เวลาและความต่อเนื่องอย่างสูงเพื่อรักษาผลลัพธ์ดังกล่าว

สรุปได้ว่า การจัดโปรแกรมฝึกจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนอย่างรอบคอบและเป็นระบบ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงต่อการหยุดชะงักของการฝึก เช่น ช่วงพักฤดูกล หรือช่วงพักฟื้นจากการบาดเจ็บ ซึ่งเป็นช่วงที่สมรรถภาพทางกายอาจลดลงได้อย่างรวดเร็ว การนำรูปแบบการฝึกเบาหรือการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำ (Maintenance training) เข้ามาใช้ในการใช้เวลา

ดังกล่าว จึงมีความสำคัญในการรักษาระดับสมรรถภาพไว้ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยลดผลกระทบจากหลักการย้อนกลับ (Detraining effect) ที่อาจเกิดขึ้นได้ การปรับเปลี่ยนความเข้มข้นและปริมาณการฝึกอย่างเหมาะสมในช่วงนี้จึงถือเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสนับสนุนการฟื้นฟูและการพัฒนาศักยภาพทางกายอย่างยั่งยืนในระยะยาว

7. หลักการเป็นรายบุคคล (Individuality)

หลักการเป็นรายบุคคล (Individuality) ถือเป็นแนวคิดพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาและออกแบบโปรแกรมการฝึกกีฬาอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันทั้งในด้านพันธุกรรม สรีรวิทยา จิตวิทยา และศักยภาพทางกายภาพ ซึ่งล้วนส่งผลต่อการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมและการปรับตัวของร่างกายอย่างมีนัยสำคัญ Plaza-Díaz et al. (2022, pp. 1–29) อธิบายว่า หลักการนี้เน้นการยอมรับและพิจารณาความแตกต่างระหว่างบุคคลในหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นพันธุกรรม ความสามารถในการฟื้นตัวจากการฝึก ระดับสมรรถภาพเดิม รวมถึงแรงจูงใจและพฤติกรรมทางจิตวิทยา ซึ่งล้วนมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการฝึก ดังนั้น การออกแบบโปรแกรมฝึกจึงต้องอิงกับลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพื่อให้เกิดการพัฒนาศักยภาพสูงสุดและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บหรือความเหนื่อยล้าเกินความจำเป็น ในทำนองเดียวกัน Düking et al. (2020, pp. 2291–2304) ได้ระบุว่า ความแตกต่างส่วนบุคคลเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาอย่างรอบคอบในการออกแบบโปรแกรมการฝึก เนื่องจากบุคคลแต่ละคนมีการตอบสนองต่อปริมาณ ความเข้มข้น และระยะเวลาการฝึกที่แตกต่างกัน การใช้แนวทางฝึกซ้อมแบบมาตรฐานเดียวกันสำหรับทุกคนอาจไม่เหมาะสมและส่งผลให้การพัฒนาไม่เต็มศักยภาพ อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและภาวะโอเวอร์เทรนนิ่งได้ ดังนั้น โปรแกรมการฝึกที่ดีจึงควรถูกออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการและคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพื่อให้บรรลุผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ Pigsborg et al. (2023, pp. 223–230) ได้กล่าวเสริมว่า การออกกำลังกายที่มีประสิทธิผลสูงสุดจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยส่วนบุคคลอย่างละเอียด เช่น อายุ เพศ ภาวะสุขภาพ ระดับสมรรถภาพเริ่มต้น และพันธุกรรม ซึ่งล้วนมีผลต่ออัตราการฟื้นตัวและการปรับตัวของร่างกาย การนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการวางแผนฝึกจะช่วยให้โปรแกรมมีความเหมาะสม ปลอดภัย และสามารถตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของแต่ละบุคคลได้อย่างแท้จริง ในขณะเดียวกัน Kajaia et al. (2021, pp. 79–84) ได้ให้ความหมายของหลักการเป็นรายบุคคลว่า เป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาสมรรถภาพทางกายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการฝึกควรเริ่มจากการประเมินสภาพร่างกายและสมรรถภาพพื้นฐานของผู้ฝึกอย่างละเอียด เพื่อออกแบบโปรแกรมที่สอดคล้องกับความสามารถและเป้าหมายเฉพาะตัว รวมถึงการติดตามผลอย่างต่อเนื่องเพื่อนำมาปรับแผนให้

เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกและลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บหรือภาวะโอเวอร์ทรนนิ่ง ท้ายที่สุด Athanasiou et al. (2023, pp. 251–266) ได้ชี้ให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้หลักการเป็นรายบุคคลในกระบวนการฝึกซ้อมนั้นเกี่ยวข้องกับการปรับแต่งภาระและรูปแบบการฝึกให้เหมาะสมกับอัตราการฟื้นตัวและการตอบสนองของแต่ละคน เนื่องจากผู้ฝึกที่มีเป้าหมายเดียวกันอาจไม่สามารถใช้วิธีการฝึกแบบเดียวกันได้ การเข้าใจและยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคลจึงเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยให้การออกแบบโปรแกรมฝึกมีความแม่นยำ ส่งผลให้การพัฒนสมรรถภาพทางกายเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และยั่งยืนในระยะยาว

สรุปได้ว่า หลักการเป็นรายบุคคล (Individuality) เป็นแนวคิดที่เน้นถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านพันธุกรรม สมรรถภาพทางกายพื้นฐาน การตอบสนองต่อการฝึกความสามารถในการฟื้นตัว รวมถึงปัจจัยทางจิตวิทยา ซึ่งล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพของการฝึกซ้อมและพัฒนาร่างกาย การออกแบบโปรแกรมการฝึกจึงควรปรับให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพื่อให้เกิดผลลัพธ์สูงสุดและลดความเสี่ยงจากการฝึกที่ไม่เหมาะสม โดยต้องมีการประเมินและติดตามผลอย่างสม่ำเสมอเพื่อปรับโปรแกรมให้เหมาะสมตามการเปลี่ยนแปลงของร่างกายและสมรรถภาพ

หลักการเป็นรายบุคคล (Individuality) เป็นหลักสำคัญในวิทยาศาสตร์การกีฬา และการออกแบบโปรแกรมฝึกที่เน้นความแตกต่างเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ทั้งในด้านสรีรวิทยา ชีวกลศาสตร์ จิตวิทยา พันธุกรรม และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งล้วนส่งผลต่อการตอบสนองต่อการฝึก โดยหลักการนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า บุคคลแต่ละคนมีขีดความสามารถในการพัฒนา ปรับตัว และฟื้นตัวจากการฝึกไม่เท่ากัน แม้ได้รับสิ่งกระตุ้นที่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น บุคคลที่มีพื้นฐานความแข็งแรงมาก่อน อาจตอบสนองต่อโปรแกรมฝึกเวทเทรนนิ่งแบบความเข้มข้นต่ำได้น้อยกว่าผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ฝึก ขณะเดียวกัน ความสามารถในการฟื้นตัวหลังการฝึกอาจแตกต่างกันตามอายุ เพศ ระดับความฟิต และสุขภาพโดยรวม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบในการวางแผนฝึกอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม การฝึกที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างเฉพาะบุคคล อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือแม้กระทั่งความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการฝึกเกิน (Overtraining) หรือการฝึกที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate load) ดังนั้น การประเมินสมรรถภาพเบื้องต้น การติดตามผลการฝึก และการปรับเปลี่ยนโปรแกรมให้เหมาะสมกับความต้องการและศักยภาพของแต่ละบุคคล จึงถือเป็นหัวใจสำคัญของการนำหลักการนี้ไปใช้ ในส่วนของการศึกษาที่ผ่านมา Chaves et al. (2025, pp. 1-6) ได้ศึกษาความแตกต่างของการตอบสนองต่อการฝึกแรงต้านในกลุ่มตัวอย่าง และพบว่าแต่ละบุคคลมีอัตราการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แม้จะใช้โปรแกรม

เดียวกัน ขณะที่ Spieszny et al. (2022, pp. 1-11) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุกรรมกับการตอบสนองต่อการฝึก (Trainability) และระบุว่า Polymorphisms ในยีนบางชนิดมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของการฝึกในระดับที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ Fazlollahi et al. (2022, pp. 1-15) ยังพบว่าความแปรปรวนระหว่างบุคคลในการฝึกสมรรถภาพทางกายเป็นเรื่องปกติ จึงควรใช้การฝึกแบบเฉพาะบุคคลเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด ขณะที่ Aydin et al. (2021, pp. 725–732) ศึกษาในผู้สูงอายุและชี้ให้เห็นว่าการฝึกที่ปรับตามสมรรถภาพเฉพาะบุคคลช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความทนทาน และคุณภาพชีวิตได้ดีกว่าการฝึกแบบกลุ่ม ยิ่งไปกว่านั้น Liu et al. (2024, pp. 1-25) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านพันธุกรรมและอายุมีบทบาทต่อความสามารถในการปรับตัวของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการฝึกแบบแอโรบิก ส่วน Ammar et al. (2024, pp. 1-14) ศึกษาในบริบทของการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว และพบว่าการปรับวิธีฝึกให้สอดคล้องกับลักษณะทางชีวกลศาสตร์ของแต่ละคนส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ Carrasco-Poyatos et al. (2024, pp. 2093–2106) ได้ศึกษาผลของการฝึกเฉพาะบุคคลในนักกีฬาระดับมัธยม และพบว่าการปรับความหนักและรูปแบบการฝึกตามความสามารถแต่ละคนช่วยให้เกิดพัฒนาการที่รวดเร็วกว่าการฝึกทั่วไป ขณะที่ Wang et al. (2025, pp. 1-15) ศึกษาปฏิกิริยาของระบบประสาทในแต่ละบุคคลต่อการฝึก และระบุว่าการปรับตัวของสมองมีความแตกต่างสูง ซึ่งส่งผลต่อการตอบสนองต่อการฝึกในเชิงการเรียนรู้ทักษะ

สรุป ในระดับนักกีฬาอาชีพ หลักการเป็นรายบุคคลยังถูกขยายขอบเขตไปสู่การประยุกต์ใช้ข้อมูลชีวภาพ (Biometrics) และเทคโนโลยีสมัยใหม่ อาทิ ระบบ GPS การวัดความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ (HRV) รวมถึงการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Machine learning เพื่อสร้างโปรแกรมฝึกที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจงและเหมาะสมกับความต้องการของแต่ละบุคคลอย่างแท้จริง

ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity)

ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity) เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการพัฒนาและควบคุมการออกกำลังกาย เนื่องจากความหนักเป็นตัวกำหนดระดับแรงกระตุ้นทางสรีรวิทยาที่ร่างกายได้รับระหว่างการฝึก ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ทั้งในด้านระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกล้ามเนื้อ และระบบเมตาบอลิซึม โดย Coates et al. (2023, pp. 85–96) อธิบายว่า ความหนักของการฝึกคือมาตรวัดสำคัญที่สะท้อนถึงระดับความพยายามที่ร่างกายต้องใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยอ้างอิงจากศักยภาพสูงสุดของแต่ละบุคคล เช่น ร้อยละของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR) หรือร้อยละของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้เพียงครั้งเดียว (One Repetition Maximum; 1RM) การกำหนดระดับความหนักเช่นนี้ช่วยให้การออกแบบโปรแกรมการฝึกมี

ประสิทธิภาพ เหมาะสมกับสมรรถภาพของผู้ฝึก และลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ ในทำนองเดียวกัน McGregor et al. (2023, pp. 745–755) ได้ระบุว่า ความหนักของการฝึกเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระดับแรงกระตุ้นที่ส่งผลต่อการปรับตัวของระบบสรีรวิทยา โดยความหนักที่เหมาะสมจะช่วยสร้างสมดุลระหว่างการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาและการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะล้าหรือบาดเจ็บจากการฝึกที่เกินขีดจำกัด อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้โปรแกรมการฝึกมีความยั่งยืนและเกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจนในระยะยาว ในมุมมองของ American College of Sports Medicine (ACSM) (2021, pp. 2–14) ได้ให้คำจำกัดความว่า ความหนักของการฝึกหมายถึงระดับของความตึงเครียดทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย ซึ่งสามารถประเมินได้จากหลายเกณฑ์ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) อัตราการรับรู้ความเหนื่อย (Rate of Perceived Exertion; RPE) หรือค่าการเผาผลาญพลังงานเทียบเท่า (Metabolic Equivalents; METs) โดยการเลือกใช้ตัวชี้วัดเหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของผู้ฝึกและเป้าหมายของการออกกำลังกาย ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมความหนักได้อย่างเหมาะสม ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Bagheri et al. (2022, pp. 2713–2732) ได้ชี้ให้เห็นว่า ความหนักของการฝึกมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยระดับความหนักที่เพียงพอจะช่วยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณประสาทที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการพัฒนากำลังและความสมรรถภาพทางกายได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิผล ในขณะเดียวกัน Hunter et al. (2024, pp. 963–972) ได้กล่าวว่า ความหนักของการฝึกเป็นองค์ประกอบหลักในกรอบแนวคิด FITT (Frequency, Intensity, Time, and Type) ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของการฝึก ความหนักเป็นตัวกำหนดระดับความเครียดที่ระบบกล้ามเนื้อและระบบพลังงานได้รับ ส่งผลโดยตรงต่อการกระตุ้นกระบวนการปรับตัวทางสรีรวิทยา การเลือกความหนักที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึก ป้องกันการบาดเจ็บจากการฝึกเกินขีดจำกัด และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกายอย่างยั่งยืนในระยะยาว

โดยสรุปว่า ความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity) หมายถึง ระดับความพยายามทางสรีรวิทยาที่ร่างกายต้องใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการกำหนดแรงกระตุ้นที่ส่งผลต่อการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ทั้งระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท และระบบเมตาบอลิซึม โดยสามารถประเมินได้จากเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) อัตรา

การรับรู้ความเหนื่อย (RPE) ค่า METs หรือร้อยละของความสามารถสูงสุด เช่น 1RM หรือ MHR การกำหนดความหนักให้เหมาะสมมีความสำคัญต่อการวางแผนโปรแกรมฝึกอย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยกระตุ้นการพัฒนาอย่างเหมาะสม ป้องกันภาวะล้าหรือการบาดเจ็บ และยังส่งเสริมกระบวนการฟื้นฟูสร้างและพัฒนากล้ามเนื้อ เช่น การเพิ่มอัตราการสังเคราะห์โปรตีนและการส่งสัญญาณประสาทอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ความหนักยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในหลักการ FITT ซึ่งใช้ควบคุมคุณภาพและปริมาณของการฝึกให้เหมาะสมกับระดับสมรรถภาพและเป้าหมายของแต่ละบุคคล รายละเอียดของเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; MHR) คือค่าความถี่การเต้นหัวใจสูงสุดที่หัวใจสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยทั่วไปใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการกำหนดระดับความหนักของการฝึกซ้อมทางกายภาพ โดยการประเมินอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR) ช่วยให้ผู้ฝึกสามารถตั้งเป้าหมายความหนักของการออกกำลังกายได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ (Hunter et al., 2024, pp. 963–972) ระดับความหนักของการฝึกมักถูกกำหนดโดยการใช้เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR) เช่น การออกกำลังกายที่ความเข้มข้นต่ำจะอยู่ที่ 50-60% ของ MHR ขณะที่ความเข้มข้นปานกลางและสูงจะอยู่ในช่วง 60-80% และ 80-95% ตามลำดับ ซึ่งช่วยให้ผู้ฝึกสามารถควบคุมภาระการฝึกเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายทางสุขภาพหรือสมรรถภาพ (Leite et al., 2020, pp. 1322–1328) โดยหาได้จากสูตร

$$\text{MHR} = 220 - \text{อายุ (ปี)} \quad (\text{ครั้งต่อนาที}) \quad (\text{beats per minute หรือ bpm})$$

นอกจากนี้ การใช้ MHR ยังช่วยป้องกันความเสี่ยงจากการฝึกที่มีความหนักเกินไปจนทำให้เกิดภาวะล้าเรื้อรังหรือบาดเจ็บ โดยเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการวิทยาศาสตร์การกีฬาและการแพทย์การกีฬาในการออกแบบโปรแกรมฝึกซ้อม (Carrard et al., 2022, pp. 665–673)

2. น้ำหนักยกสูงสุด 1 ครั้ง (One repetition maximum; 1RM) หมายถึง ค่าน้ำหนักสูงสุดที่บุคคลสามารถยกได้เพียงครั้งเดียวด้วยเทคนิคที่ถูกต้องในท่าออกกำลังกายหนึ่ง ๆ โดย 1RM ถือเป็นมาตรวัดที่สำคัญในการกำหนดระดับความหนักของการฝึกความแข็งแรง (Strength training) และใช้เป็นพื้นฐานในการวางแผนโปรแกรมการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพ (Schoenfeld et al., 2021, pp. 221–241) การกำหนดความหนักของการฝึกโดยใช้เปอร์เซ็นต์ของ 1RM เป็นวิธีที่นิยม เช่น การฝึกด้วยน้ำหนักประมาณ ร้อยละ 60-70 ของ 1RM เพื่อพัฒนาความทนทานของกล้ามเนื้อ ในขณะที่น้ำหนักที่สูงกว่า ร้อยละ 80 ของ 1RM จะถูกใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ (Grgic et al., 2022, pp. 202–211) การใช้ 1RM ยังช่วยให้สามารถปรับระดับ

น้ำหนักฝึกซ้อมได้อย่างเหมาะสมกับความสามารถและเป้าหมายของผู้ฝึกแต่ละบุคคล นอกจากนี้ การประเมิน 1RM อย่างสม่ำเสมอช่วยติดตามความก้าวหน้าในการฝึกและป้องกันการฝึกหนักเกินไปซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ โดยหาได้จากสูตร

$$1RM = W \times (1 + 0.0333 \times R)$$

W = น้ำหนักที่สามารถยกได้ (กิโลกรัม หรือ ปอนด์)

R = จำนวนครั้งที่ยกได้ด้วยน้ำหนักนั้น (มากกว่า 1 ครั้งแต่ไม่เกิน 10 ครั้ง)

ผลลัพธ์ = 1RM หน่วยเดียวกับที่ใช้ใส่ใน W (กิโลกรัมหรือปอนด์)

3. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate; HR) เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ใช้ในการประเมินและควบคุมความหนักของการฝึกซ้อมทางกายภาพ โดยอัตราการเต้นของหัวใจถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของความพยายามทางสรีรวิทยาเนื่องจากเป็นสัญญาณที่สะท้อนการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างรวดเร็วและง่ายต่อการวัด การกำหนดระดับความหนักมักใช้เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; MHR) หรืออัตราการเต้นหัวใจพัก (Heart rate reserve; HRR) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการใช้พลังงานและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย เช่น การฝึกในช่วง ร้อยละ 50-70 ของอัตราการเต้นของหัวใจ จะถือว่าเป็นความหนักระดับปานกลางที่เหมาะสมกับการพัฒนาความอดทน (Leite et al., 2020, pp. 1322–1328) โดยหาได้จากสูตร

$$\text{อัตราการเต้นของหัวใจ} = (\text{จำนวนครั้งที่หัวใจเต้น} / \text{ระยะเวลาเป็นวินาที}) \times 60$$

หรือในการใช้งานจริงอัตราการเต้นของหัวใจ = จำนวนครั้งที่ชีพจรเต้นใน 15

วินาที $\times 4$ ครั้งต่อนาที (beats per minute หรือ bpm)

4. ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) ซึ่งหมายถึงปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมในช่วงเวลาสั้น ๆ ถือเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของระบบหัวใจ ปอด และกล้ามเนื้อในการใช้พลังงาน (Thompson et al., 2020, pp. 1182–1195) ระดับความหนักของการฝึกสามารถกำหนดได้จากเปอร์เซ็นต์ของปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) เช่น การฝึกที่ระดับ ร้อยละ 60-80 ของปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) จะกระตุ้นการพัฒนาความทนทานแบบแอโรบิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) ยังช่วยในการวางแผนโปรแกรมการฝึกที่แม่นยำและเป็นรายบุคคล เนื่องจากสามารถสะท้อนสมรรถภาพแอโรบิกโดยรวมของผู้ฝึกได้อย่างชัดเจน (Leite et al., 2020, pp. 1322–1328) โดยหาได้จากสูตร

$$VO_{2max} = 15 \times (HR_{max} / HR_{rest})$$

HR_{max} = อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)

HR_{rest} = อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)

(มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที) (mL/kg/min)

5. อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rate of perceived exertion; RPE) คือ เครื่องมือที่ใช้ประเมินความหนักของการออกกำลังกายจากการรับรู้ความพยายามของผู้ฝึก โดยทั่วไป จะใช้มาตรวัดแบบ Borg Scale ซึ่งมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 6 ถึง 20 หรือแบบ Modified Scale ที่มีช่วง 0-10 (Lea et al., 2022, pp. 1-19) การประเมินอัตราการรับรู้ความเหนื่อย ช่วยให้ผู้ฝึกและผู้ฝึกสอนสามารถปรับระดับความหนักของการฝึกได้อย่างเหมาะสมตามความรู้สึกของร่างกาย ซึ่งเป็น ประโยชน์ในกรณีที่มีการวัดทางชีวภาพโดยตรง เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อาจไม่สะดวกหรือแม่นยำ ในทุกสถานการณ์ (Vecchiato et al., 2024, pp. 1-13) การใช้อัตราการรับรู้ความเหนื่อย (Rate of perceived exertion; RPE) สามารถนำมาใช้กำหนดโซนความหนัก เช่น ระดับความหนักต่ำอยู่ที่ RPE 9-11 ระดับปานกลาง 12-14 และระดับสูง 15-17 เป็นต้น

6. การประเมินระดับการหอบเหนื่อย (Rate of perceive dyspnea; RPD) ทำการวัด หลังการออกกำลังกาย ให้ผู้ออกกำลังกายประเมินตนเองออกมาเป็นตัวเลข โดยมีความหมายดังนี้ ระดับ 0 หมายถึง ไม่มีการหอบเหนื่อย ระดับ 1-2 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับเบา ระดับ 3 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับเบา ระดับ 4-5 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับปานกลาง ระดับ 6-7 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับมาก ระดับ 8-9 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับมาก และระดับ 10 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับมากที่สุด

การประเมินระดับการหอบเหนื่อยของการออกกำลังกายเป็นสิ่งสำคัญ เพราะ สามารถบอกได้ว่าร่างกายกำลังทำงานหนักมากเพียงใด ออกกำลังกายหนักเกินไป หรือเบาเกินไปอยู่ หรือเปล่า ซึ่งถ้าหากเราออกกำลังกายโดยไม่สนใจระดับความเข้มข้น ก็จะทำให้ผลลัพธ์ในการออก กำลังกายที่ได้ ไม่ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งใจเอาไว้ ดังนั้นการออกกำลังกาย หรือการฝึกร่างกาย จำเป็น จะต้องมีการกำหนดการรับรู้การออกแรงของร่างกายให้ถูกต้อง และเหมาะสม เพื่อให้การออกกำลังกายหรือการฝึกได้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด รวมทั้งบรรลุตามเป้าหมาย และ วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้การประเมินระดับการหอบเหนื่อยนั้น ยังต้องทำการประเมินหรือวัดควบคู่ กันไปกับการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายจึงจะได้ประสิทธิภาพสูง

7. หน่วยเทียบเท่าการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic equivalents; METs) คือ หน่วยวัดการใช้พลังงานที่สัมพันธ์กับอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายในภาวะพัก โดย 1 MET เทียบเท่ากับการใช้พลังงานขณะพักประมาณ 3.5 มิลลิลิตรออกซิเจนต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อนาที (mL/kg/min) METs จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่ใช้กำหนดความหนักของกิจกรรมทางกายภาพ โดยกิจกรรมที่มี

ค่า METs สูงกว่าจะแสดงถึงความหนักที่มากขึ้น เช่น การเดินเร็วอาจอยู่ที่ 3-5 METs ขณะที่การวิ่งเร็วจะสูงกว่า 8 METs เป็นต้น (Willis et al., 2024, pp. 13–17) การกำหนดระดับความหนักด้วย METs มีประโยชน์ในการวางแผนการฝึกและการฟื้นฟูสมรรถภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่ต้องการควบคุมความหนักของกิจกรรมอย่างปลอดภัย

8. อัตราการเต้นหัวใจสำรอง (Heart rate reserve; HRR) หมายถึง ช่วงความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; MHR) กับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate; RHR) ซึ่งสะท้อนขีดความสามารถของระบบหัวใจในการปรับตัวต่อการออกกำลังกายและใช้เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการกำหนดระดับความเข้มข้นของการฝึก การใช้อัตราการเต้นหัวใจสำรอง ในการคำนวณโซนอัตราการเต้นหัวใจช่วยให้สามารถออกแบบโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือด

สรุปได้ว่า ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity) เป็นความพยายามหรือแรงที่ร่างกายต้องใช้ระหว่างการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อม ซึ่งสามารถวัดได้จากตัวชี้วัดต่าง ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ร้อยละของความสามารถสูงสุด หรือความรู้สึกของความเหนื่อยล้า ความหนักของการฝึกมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาท โดยระดับความหนักที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพอย่างมีประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงจากบาดเจ็บหรืออาการเหนื่อยล้าจากการฝึกเกิน นอกจากนี้ ความหนักยังเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของหลักการออกแบบโปรแกรมฝึกซ้อม ที่ควรปรับให้เหมาะสมกับความสามารถและเป้าหมายของผู้ฝึกแต่ละคนเพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity) มีบทบาทสำคัญต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายในหลายระบบ โดยเฉพาะระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินหายใจ ระบบกล้ามเนื้อ และระบบเมตาบอลิซึม เมื่อความหนักของการฝึกเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) อัตราการหายใจ (Ventilation) และการเผาผลาญพลังงานในกล้ามเนื้อ (Thompson, 2020, pp. 10–15) นอกจากนี้ American College of Sports Medicine (ACSM) (2021, pp. 2–14) ยังระบุว่า ระบบหัวใจและหลอดเลือดจะต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อส่งเลือดและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงาน รวมถึงขจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม ยิ่งไปกว่านั้น ความหนักของการฝึกยังสัมพันธ์กับการเปิดใช้งานของระบบพลังงานต่าง ๆ โดยระดับความหนักต่ำจะเน้นการใช้พลังงานจากระบบแอโรบิก (Aerobic metabolism) ขณะที่ระดับความหนักสูงจะมีการใช้ระบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกใน

กล้ามเนื้อและมีผลต่อความเมื่อยล้า (Leite et al., 2020, pp. 1322–1328) อย่างไรก็ตาม ระดับความหนักที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อ เช่น การเพิ่มปริมาณไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) การเพิ่มความสามารถในการใช้พลังงาน และการพัฒนาความแข็งแรงของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการปรับตัวของระบบประสาทที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อและการประสานงานของร่างกาย (Scoubeau et al., 2022, pp. 1-28) จากการศึกษาที่ผ่านมา โดย Venckunas et al. (2025, pp. 1-12) ได้ศึกษาผลของความหนักในการฝึกที่แตกต่างกันต่อการปรับตัวของระบบหัวใจและหลอดเลือดในนักกีฬาประเภทความทนทาน และพบว่า การฝึกด้วยความหนักสูงส่งผลให้การทำงานของหัวใจดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกัน Lopez et al. (2021, pp. 1206-1216) แสดงให้เห็นว่าระดับความหนักของการฝึกยกน้ำหนักมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ โดยความหนักปานกลางถึงสูงเหมาะสมสำหรับการสร้างกล้ามเนื้อเพิ่มเติมไปจากนั้น Filipas et al. (2022, pp. 498–511) พบว่าการฝึกซ้อมที่มีการควบคุมความหนักสามารถเพิ่มขีดจำกัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic threshold) และปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) ในนักวิ่งสมัครเล่น นอกจากนี้ Nandedkar et al. (2022, pp. 750–756) ชี้ให้เห็นว่าความหนักของการฝึกมีผลต่อการปรับตัวของระบบประสาท โดยความหนักสูงช่วยเพิ่มการสื่อสารระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วน Sánchez-Otero et al. (2022, pp. 1281–1291) พบว่าความหนักสูงในการฝึกทำให้เกิดอาการเหนื่อยล้าเพิ่มขึ้น แต่การฟื้นฟูที่เหมาะสมสามารถลดผลกระทบเหล่านี้ได้ อีกทั้ง Guo et al. (2023, pp. 1-21) พบว่าการปรับเปลี่ยนความหนักในการฝึกแบบหนักสลับเบา (Interval training) ช่วยพัฒนาสมรรถภาพความอดทนได้ดีกว่าการฝึกด้วยความหนักคงที่ ขณะที่ Barbieri and Rodrigues (2020, pp. 1-2) ชี้ว่าการออกกำลังกายที่ความหนักต่างกันมีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจในผู้ใหญ่กลางคน ในแง่ของประสิทธิภาพการกีฬา Guo et al. (2023, pp. 1-21) พบว่าการฝึกด้วยความหนักสูงสามารถยกระดับจุดเริ่มล้าและเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันของนักปั่นจักรยาน

สรุปว่า การควบคุมระดับความหนักของการฝึกซ้อมอย่างเหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บหรืออาการเหนื่อยล้าเกินไป (Overtraining) ซึ่งต้องอาศัยการประเมินค่าต่าง ๆ เช่น อัตราการเต้นหัวใจ การวัดปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้งานได้ (VO_{2max}) หรือการประเมินความรู้สึกเหนื่อยล้าของผู้ฝึก (RPE) เพื่อให้ได้ระดับความหนักที่เหมาะสมกับเป้าหมายและความสามารถของแต่ละบุคคล

ตาราง 2.1 ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา (Intensity)

ตัวแปร	ระดับความหนักของการฝึกซ้อมกีฬา		
	เบา	ปานกลาง	หนัก
1. Heart Rate (HR) (ครั้ง/นาที)	< 50% MHR	50–70% MHR	> 70% MHR
2. Heart Rate Reserve (HRR)	< 40%	40–60%	> 60%
Target HR = $HR_{rest} + (\%intensity \times HRR)$			
3. One Repetition Maximum (1 RM)	< 50% 1RM	50–70% 1RM	> 70% 1RM
4. ร้อยละของ VO_{2max} (ml/kg/min)	< 40%	40–60%	> 60%
5. Rate of Perceived Exertion (RPE) (ระดับความเหนื่อยที่รู้สึกได้ - Borg Scale 6–20)	9–11	12–14	15–17
6. Rate of Perceived Dyspnea (RPD) (Borg Dyspnea Scale 0–10)	0–3	4–6	7–10
7. Metabolic Equivalents (METs)(ml/kg/min)	< 3 METs	3–6 METs	> 6 METs

Note. From “Muscle adaptation and exercise intensity: The molecular basis,” by Bishop, D. J., Granata, C., & Eynon, N, 2023, Sports Medicine, 53(2), pp. 179–190.

หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

การฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular and perceptual training) เป็นแนวทางการฝึกที่มุ่งพัฒนาให้ระบบประสาทส่วนกลางและระบบกล้ามเนื้อสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อการควบคุมการเคลื่อนไหว ความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้ารวดเร็ว และการป้องกันการบาดเจ็บ โดยเฉพาะในบริบทของกีฬาที่ต้องการการตัดสินใจอย่างฉับไว เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล และเทนนิส การฝึกในลักษณะนี้เน้นการเสริมสร้างความไวและความแม่นยำในการรับรู้สิ่งเร้าภายนอก รวมถึงการพัฒนาทักษะการประมวลผลข้อมูลทางประสาท เพื่อให้ผู้ฝึกสามารถตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วในสถานการณ์ที่ซับซ้อน

นอกจากนี้ การฝึกยังส่งผลต่อการปรับปรุงความร่วมมือระหว่างกล้ามเนื้อหลายกลุ่ม (Muscle synergy) ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นคงและความคล่องตัวในการเคลื่อนไหวอย่างเหมาะสมภายใต้แรงกดดันของการแข่งขัน

การรับรู้ (Perception)

การรับรู้ (Perception) เป็นกระบวนการประสาทที่สมองทำหน้าที่ ประมวลผลและรวมข้อมูลจากประสาทสัมผัสหลายรูปแบบ เพื่อสร้างประสบการณ์เชิงรับรู้ (Perceptual experience) และสนับสนุนการตัดสินใจทางพฤติกรรม (Woodman et al., 2022, pp. 681–698) กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเชิงรับรู้ (Perceptual decision-making) ซึ่งต้องพิจารณาความน่าเชื่อถือของสิ่งเร้าและความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อม (Tisdall & Mata, 2023, pp. 788–808) ในระดับเชิงกลไก การรับรู้ช่วยให้บุคคลสามารถประเมินและคาดการณ์คุณสมบัติของสิ่งเร้าโดยอิงทั้ง ข้อมูลปัจจุบันและประสบการณ์ที่ผ่านมา ส่งผลต่อความแม่นยำและความเหมาะสมของการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Betsch et al., 2021, pp. 826–842) นอกจากนี้ การรวมข้อมูลจากประสาทสัมผัสและความคาดหวังของสมองยังช่วยให้เกิด การรับรู้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเคลื่อนไหว การเรียนรู้ และการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน (Wiech et al., 2022, pp. 680–692) การรับรู้ยังมีบทบาทสำคัญในการ ลดความไม่แน่นอนของสิ่งเร้าและเสริมสร้างความสามารถในการตัดสินใจ รวมถึงการเลือกตอบสนองที่เหมาะสมในกิจกรรมทางกายและกีฬา การผสานข้อมูลเชิงประสาทสัมผัสหลายรูปแบบช่วยให้ผู้ฝึกสามารถใช้ประสบการณ์และความรู้ในการตอบสนองได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อ สมรรถภาพทางกายและการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Kunnath et al., 2023, pp. 1-17) ดังนั้น การฝึกการรับรู้จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาทักษะทางกีฬาและสมรรถภาพทางกาย โปรแกรมฝึกเชิงรับรู้ที่เน้นการประมวลผลข้อมูลเชิงประสาทสัมผัส การคาดการณ์สิ่งเร้า และการตัดสินใจแบบเรียลไทม์สามารถเสริมสร้าง ความเร็วในการตอบสนอง ความแม่นยำในการเคลื่อนไหว และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติภารกิจที่ต้องใช้ความคล่องตัว ความแม่นยำ และการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนได้อย่างยั่งยืน

โดยสรุป การรับรู้เป็นกระบวนการเชิงประสาทสัมผัสและความคิดเชิงซับซ้อนที่ทำหน้าที่ เชื่อมโยงข้อมูลสิ่งเร้า ประสบการณ์ และความคาดหวังของสมอง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพ การฝึกที่เน้นการพัฒนาการรับรู้จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย การเรียนรู้ทักษะทางกีฬา และการปรับตัวต่อความซับซ้อนของสภาพแวดล้อม

ความหมายโปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ชุดกิจกรรมหรือแบบฝึกที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมถึงการปรับปรุงการรับรู้ทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพการเคลื่อนไหว ความคล่องตัว การทรงตัว และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็วและแม่นยำ โปรแกรมฝึกดังกล่าวเน้นการกระตุ้นและส่งเสริมการเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการประมวลผลข้อมูลประสาท (Neural processing) กับการตอบสนองทางกล้ามเนื้อ (Motor response) โดยใช้เทคนิคและวิธีการฝึกที่หลากหลาย เช่น การฝึกทรงตัว การฝึกความคล่องตัว การฝึกการรับรู้เชิงพื้นที่ และการฝึกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างบูรณาการ โปรแกรมนี้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและการเคลื่อนไหวในนักกีฬา รวมถึงบุคคลทั่วไปที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมท่าทางและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ โดยอาศัยหลักการฝึกที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuroplasticity and motor learning) เพื่อให้เกิดการปรับตัวและพัฒนาความสามารถในระยะยาว

โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้รับการอธิบายไว้อย่างหลากหลายโดยนักวิชาการหลายท่าน ซึ่งมีสาระสำคัญที่สอดคล้องกันในประเด็นของการเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อเพื่อพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ โดย Ghaderi et al. (2021, pp. 1–11) ได้อธิบายว่า โปรแกรมการฝึกดังกล่าวเป็นชุดของกิจกรรมที่มุ่งเน้นการพัฒนาความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีความแม่นยำ รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพผ่านการฝึกซ้ำอย่างเป็นระบบ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ของระบบประสาท (Neuroplasticity) ที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การประมวลผล และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า อันนำไปสู่การปรับตัวเชิงโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมพัฒนาการของทักษะพื้นฐานทางการเคลื่อนไหว (Fundamental motor skills) ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเรียนรู้ทักษะเฉพาะทางในกีฬาและการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันอย่างยั่งยืน ในทำนองเดียวกัน Huang et al. (2021, pp. 87–94) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การฝึกในลักษณะนี้เป็นการบูรณาการกระบวนการทางประสาทกับการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการรับรู้ การประมวลผล และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การฝึกอย่างต่อเนื่องและมีแบบแผนยังช่วยสร้างรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมและถาวรในหน่วยความจำระยะยาว (Long-term

motor memory) ซึ่งช่วยให้ผู้ฝึกสามารถนำไปใช้ได้อย่างอัตโนมัติในสถานการณ์จริง อีกทั้งยังส่งเสริมความสามารถในการคาดการณ์และการตัดสินใจที่แม่นยำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของความคล่องแคล่วและความสามารถในการปรับตัวในกิจกรรมกีฬา ในด้านการประยุกต์ใช้ Martins et al. (2022, pp. 1–29) ได้ให้ความหมายว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการควบคุมการทรงตัว การเคลื่อนไหว และการรับรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการฟื้นฟูและการป้องกันการบาดเจ็บในทุกช่วงวัย การฝึกดังกล่าวช่วยกระตุ้นการทำงานร่วมกันของระบบรับรู้ความรู้สึก (Sensory systems) ได้แก่ ระบบการมองเห็น ระบบทรงตัว และระบบรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย ซึ่งล้วนมีความสำคัญต่อการรักษาสมดุลในสถานการณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งช่วยเพิ่มความสามารถของระบบประสาทส่วนกลางในการวางแผนและควบคุมการเคลื่อนไหวให้เหมาะสม ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Sadeghi et al. (2021, pp. 606–612) ที่มองว่า โปรแกรมการฝึกดังกล่าวเป็นกระบวนการพัฒนาความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยอาศัยการประสานงานระหว่างระบบประสาทสัมผัส และการตอบสนองของกล้ามเนื้อ เพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพของร่างกายและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ โดยการฝึกเน้นการเพิ่มความแม่นยำและความรวดเร็วของการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ตลอดจนส่งเสริมกลไกการปรับตัวของระบบประสาท (Neural adaptation) ที่ช่วยให้ร่างกายสามารถรักษาสมดุลและการเคลื่อนไหวได้อย่างมั่นคงในกิจกรรมที่มีความซับซ้อน ท้ายที่สุด Wang et al. (2024, pp. 1–12) ได้สรุปว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายผ่านกลไกของการปรับตัวทางประสาทและการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การฝึกช่วยเพิ่มความไวต่อสัญญาณจากกล้ามเนื้อและข้อต่อ รวมถึงการประสานงานของกลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความมั่นคง ความคล่องตัว และประสิทธิภาพทางกายภาพโดยรวม อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บในระยะยาว

กล่าวโดยสรุป โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อจึงเป็นแนวทางการพัฒนาที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อเสริมสร้างการควบคุมการเคลื่อนไหว การทรงตัว และความสามารถในการตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการกีฬา การฟื้นฟู และการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างยั่งยืน

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวข้อง พบว่าโปรแกรมการฝึกที่เน้นการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมถึงการรับรู้ มีผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายหลายด้าน โดยเฉพาะด้านความคล่องตัว การทรงตัว และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ในกลุ่มนักกีฬาเยาวชน

จากการศึกษาของ Silvestri et al. (2025, pp. 1-18) พบว่า การฝึกประสานงานระบบประสาท กล้ามเนื้อช่วยเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวที่แม่นยำและพัฒนาความคล่องตัวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว เช่น ฟุตบอลและ ยิมนาสติก ขณะเดียวกัน Ahern et al. (2021, pp. 1-16) ได้ยืนยันว่าการฝึกคล่องตัวร่วมกับสิ่งเร้าแบบไม่แน่นอนยังช่วยเสริมทักษะการควบคุมทิศทางได้ดีในสถานการณ์จริง สำหรับด้านการทรงตัว การฝึกแบบ Y-balance และ Star excursion balance test (SEBT) ที่ถูกนำมาใช้ ในการศึกษาของ Elshafey et al. (2022, pp. 172–178) พบว่าสามารถพัฒนาความมั่นคงของลำตัวและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บที่เกิดจากการสูญเสียสมดุล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fakontis et al. (2023, pp. 74–84) ที่ใช้รูปแบบการฝึกนี้ในการฟื้นฟูผู้ป่วยหลังบาดเจ็บระบบประสาท โดยเน้นการฝึกประสาทรับความรู้สึก (Proprioception) ร่วมกับการเคลื่อนไหวเฉพาะจุดในมิติเชิงการรับรู้ การศึกษาของ Horváth et al. (2022, pp. 1-17) ชี้ให้เห็นว่า การใช้สิ่งเร้าทางแสงหรือเกมรับรู้ในกระบวนการฝึกสามารถกระตุ้นการตัดสินใจ การตอบสนอง และความแม่นยำในการเคลื่อนไหวได้ในทั้งเด็กและนักกีฬาที่ต้องอาศัยการตัดสินใจรวดเร็ว สุดท้าย Porte et al. (2024, pp. 1-14) แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฝึกที่รวมการรับรู้ การควบคุม และการตอบสนองอย่างบูรณาการ (Integrated neuromuscular-perceptual training) มีศักยภาพในการป้องกันการบาดเจ็บซ้ำในนักกีฬาอาชีพ ซึ่งตอกย้ำบทบาทสำคัญของโปรแกรมการฝึกนี้ในระดับการใช้งานจริงทั้งด้านการพัฒนาและการป้องกัน

จากการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกประสานงานระบบประสาท กล้ามเนื้อและการรับรู้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพการเคลื่อนไหวของบุคคล ทั้งในเชิงสมรรถภาพ การฟื้นฟู และการป้องกันการบาดเจ็บ โดยเฉพาะในบริบทของกีฬา การศึกษา และ เวชศาสตร์ฟื้นฟู การฝึกดังกล่าวส่งเสริมการปรับตัวเชิงระบบของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการประสานงานของกลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาความสามารถในการประมวลผลข้อมูลรับรู้และการตอบสนองที่รวดเร็วแม่นยำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มสมรรถภาพทางกายและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บในระยะยาว งานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของโปรแกรมฝึกนี้ในการเสริมสร้างความมั่นคงของร่างกายและการฟื้นฟูสมรรถภาพหลังการบาดเจ็บอย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบโปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

องค์ประกอบของการฝึกประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ เป็นการบูรณาการองค์ความรู้ด้านสรีรวิทยาการเคลื่อนไหว จิตวิทยาการกีฬา และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เพื่อส่งเสริมให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมของการแข่งขันหรือการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยองค์ประกอบหลักสามารถสรุปในเชิงวิชาการได้ดังนี้ องค์ประกอบแรกคือ การรับรู้ (Perception) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลจากประสาทสัมผัสต่าง ๆ เช่น การมองเห็น การทรงตัว และการรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย องค์ประกอบที่สองคือ การประมวลผลข้อมูลทางระบบประสาท (Neural processing) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณรับรู้เหล่านี้ให้กลายเป็นคำสั่งในการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม ต่อมาคือ การตอบสนองของกล้ามเนื้อ (Muscular response) ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและแม่นยำ เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การฝึกต้องออกแบบให้สอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้ทางประสาทและการปรับตัวของกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด

1. การรับรู้ทางประสาทสัมผัส (Sensory perception)

การรับรู้ทางประสาทสัมผัส (Sensory perception) หมายถึง กระบวนการที่ระบบประสาทรับและแปลความหมายของสิ่งเร้าภายนอกและภายในร่างกาย ผ่านอวัยวะรับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ตา หู จมูก ลิ้น ผิวหนัง และตัวรับรู้ความรู้สึกภายในร่างกาย (Interoceptors และ Proprioceptors) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนไหว การทรงตัว และการตัดสินใจในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในกิจกรรมทางกีฬา การรับรู้ทางประสาทสัมผัสที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม ในบริบทของการฝึกด้านการเคลื่อนไหวหรือกีฬา การรับรู้ทางประสาทสัมผัสรวมถึงการประเมินตำแหน่งของร่างกาย (Proprioception) ความรู้สึการทรงตัว (Vestibular sense) และการรับรู้เชิงพื้นที่ (Spatial awareness) ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนสัมพันธ์โดยตรงกับการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

แนวคิดเกี่ยวกับ การรับรู้ทางประสาทสัมผัส (Sensory perception) ได้รับการอธิบายไว้อย่างหลากหลายจากนักวิชาการหลายท่าน โดยล้วนให้ความสำคัญต่อบทบาทของกระบวนการทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การประมวลผล และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ โดย Nimbley et al. (2022, pp. 538–559) อธิบายว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสคือกระบวนการที่ระบบประสาททำหน้าที่ตรวจจับ แปลผล และตีความสิ่งเร้าทั้งจากภายนอกและภายในร่างกาย เพื่อสร้างการรับรู้ที่ถูกต้องต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการเคลื่อนไหวที่มีเป้าหมายและความแม่นยำ

กระบวนการนี้อาศัยการประสานงานระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย เพื่อให้ร่างกายสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้าได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม อีกทั้งยังเอื้อต่อการปรับตัวและการเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหว ในทำนองเดียวกัน Prelock and Tantucci (2024, pp. 1–2) ได้ให้ความหมายว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสเป็นผลมาจากการบูรณาการข้อมูลจากระบบการมองเห็น ระบบรับรู้ตำแหน่งข้อต่อ (Proprioception) และระบบทรงตัว ซึ่งทำงานร่วมกันอย่างสอดคล้องเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ กระบวนการบูรณาการนี้ช่วยให้ร่างกายสามารถประมวลผลข้อมูลเชิงซ้อนจากหลายแหล่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การตอบสนองทางกล้ามเนื้อมีความแม่นยำ รวดเร็ว และเหมาะสมต่อสถานการณ์ ทั้งยังสนับสนุนการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวและการฟื้นฟูสมรรถภาพหลังการบาดเจ็บอีกด้วย สอดคล้องกับ Colenso-Semple et al. (2023, pp. 1–9) ที่กล่าวว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสคือความสามารถของร่างกายในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้าอย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการประสานงานของกล้ามเนื้อและความเร็วในการตอบสนองของนักกีฬา กระบวนการนี้มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย และช่วยลดโอกาสการบาดเจ็บที่อาจเกิดจากความล่าช้าหรือความผิดพลาดในการรับรู้ นอกจากนี้ การฝึกพัฒนาการรับรู้ทางประสาทสัมผัสยังช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจและตอบสนองต่อสถานการณ์การแข่งขันที่มีความซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ในทัศนะของ Luciani et al. (2022, pp. 1–12) การรับรู้ทางประสาทสัมผัสยังถูกมองว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของกระบวนการเรียนรู้การเคลื่อนไหว โดยทำหน้าที่เป็นกลไกที่ช่วยให้ร่างกายสามารถปรับตัวและพัฒนาแบบแผนการเคลื่อนไหวผ่านข้อมูลย้อนกลับจากสิ่งเร้ารอบตัว กระบวนการดังกล่าวไม่เพียงช่วยเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของทักษะการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนเชิงพฤติกรรมและการเพิ่มศักยภาพของระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายอีกด้วย นอกจากนี้ Rudisill et al. (2023, pp. 1927–1942) ยังได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของการทำงานของสมองระดับสูง (Executive functions) ที่มีบทบาทในการประเมินสถานการณ์และตอบสนองอย่างรวดเร็วและเหมาะสม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการเล่นกีฬา ความสามารถในการประมวลผลข้อมูลเชิงซ้อนในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น ในการแข่งขัน ช่วยให้ผู้เล่นสามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ ทันท่วงที และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นรากฐานของการคิดเชิงกลยุทธ์ การวางแผนล่วงหน้า และการปรับพฤติกรรมให้สอดคล้องกับสถานการณ์เฉพาะหน้า

สรุปได้ว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่เชื่อมโยงการทำงานระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย เพื่อสร้างความเข้าใจและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างเหมาะสม ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการเคลื่อนไหว การตัดสินใจ และการปรับตัวในกิจกรรมทางกีฬา ตลอดจนการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของระบบประสาทในการรับและประมวลผลข้อมูลจากสิ่งเร้าภายนอกอย่างซับซ้อน โดย Scheliga et al. (2022, pp. 223–245) ได้ศึกษากลไกประสาทผ่านเทคนิคการถ่ายภาพสมอง พบว่าการประมวลผลข้อมูลจากประสาทสัมผัสมีความเชื่อมโยงเชิงพื้นที่และเวลาในสมองหลายส่วนที่ทำงานประสานกันอย่างเป็นระบบ ในทำนองเดียวกัน Klatt and Smeeton (2020, pp. 15–25) เน้นถึงความสำคัญของการบูรณาการข้อมูลจากประสาทสัมผัสหลายช่องทาง ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำในการรับรู้และส่งเสริมการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพภายใต้สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่ O'Brien et al. (2023, pp. 111–180) ให้ความสำคัญกับผลกระทบของวัยต่อการรับรู้ โดยพบว่าประสิทธิภาพของการรับรู้ทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลงในผู้สูงอายุ ซึ่งอาจส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว นอกจากนี้ Marasco et al. (2023, pp. 1–24) ยังชี้ให้เห็นว่า การรับรู้ทางประสาทสัมผัสมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมและการประสานงานของการเคลื่อนไหว โดยเป็นพื้นฐานในการวางแผนและปรับแต่งการเคลื่อนไหวให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับ Zhu et al. (2024, pp. 1–21) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ทางประสาทสัมผัสกับกระบวนการตัดสินใจ และพบว่า การรับรู้ที่มีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมความสามารถในการประเมินสถานการณ์และเลือกการตอบสนองที่เหมาะสมในบริบทของการแข่งขันหรือสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในอีกด้านหนึ่ง Hoh and Semrau (2025, pp. 1–12) ได้วิเคราะห์ถึงปัญหาการบกพร่องของการรับรู้ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางระบบประสาท พร้อมทั้งเสนอแนวทางการประเมินและฟื้นฟูที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ต่อเนื่องจากนั้น Matteucci et al. (2022, pp. 4176–4193) ได้นำเสนอความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นการรับรู้ทางประสาทสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่ระดับโมเลกุลจนถึงระดับพฤติกรรม พร้อมทั้งชี้ให้เห็นบทบาทของเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการทำความเข้าใจกลไกของระบบประสาทได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ขณะเดียวกัน Kaluschke et al. (2023, pp. 1–25) ได้ศึกษาบริบทของการรับรู้ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และพบว่า การรับรู้ที่มีลักษณะสมจริงสามารถยกระดับประสบการณ์และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้ได้อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านการประยุกต์ใช้ Kittel et al. (2024, pp. 1–20) ได้ทบทวนบทบาทของการรับรู้ทางประสาทสัมผัสต่อสมรรถภาพทางกีฬา โดยสรุปว่าการมีรับรู้ที่แม่นยำและรวดเร็ว

ส่งผลเชิงบวกต่อความสามารถในการตอบสนองของนักกีฬาในสถานการณ์การแข่งขันจริง สุดท้าย Yang et al. (2021, pp. 95–103) ศึกษาประเด็นเกี่ยวกับการรับรู้ข้ามประสาทสัมผัส (Cross-modal perception) และพบว่าการประสานข้อมูลระหว่างประสาทสัมผัสต่าง ๆ ภายในสมองมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำและความต่อเนื่องของกระบวนการรับรู้โดยรวม

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการรับรู้ทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อการทำงานของสมองและร่างกายในหลายด้าน ตั้งแต่การควบคุมการเคลื่อนไหว การตัดสินใจ ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมเสมือนและกีฬา ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการนำความรู้ด้านนี้ไปพัฒนาแนวทางการฟื้นฟูและเพิ่มสมรรถนะในกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลาย

2. การประมวลผลของสมอง (Cognitive processing)

การประมวลผลของสมอง (Cognitive processing) หมายถึง กระบวนการทางจิตใจที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ รับข้อมูล ประมวลผล และตีความข้อมูลที่ได้รับจากสิ่งเร้าหรือประสบการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจ การตัดสินใจ การแก้ปัญหา และการวางแผนพฤติกรรมต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการนี้รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การรับรู้ความจำ ความสนใจ การเรียนรู้ ภาษา และการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งสมองทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเหล่านี้เพื่อสร้างความหมายและตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมและทันเวลา

แนวคิดเกี่ยวกับ การประมวลผลของสมอง (Brain processing) ได้รับการอธิบายอย่างลุ่มลึกโดยนักวิชาการหลายท่าน ซึ่งต่างให้ความสำคัญกับบทบาทของสมองในฐานะศูนย์กลางของกระบวนการทางจิตใจที่เชื่อมโยงการรับรู้ การคิด และการตัดสินใจ เพื่อให้มนุษย์สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าและสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดย Salatino et al. (2022, pp. 627–634) อธิบายว่า การประมวลผลของสมองหมายถึงชุดของกระบวนการทางจิตใจที่ครอบคลุมตั้งแต่การรับรู้ การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ ไปจนถึงการตีความข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย กระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันของเครือข่ายประสาทในสมองหลายส่วน โดยเฉพาะ เปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex) ที่มีบทบาทสำคัญในการวางแผนและควบคุมพฤติกรรม ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องกับความจำ การรับรู้ทางประสาทสัมผัส และอารมณ์ ทั้งนี้ การประมวลผลของสมองไม่ใช่เพียงกลไกที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ แต่สามารถพัฒนาและปรับตัวได้ผ่านการฝึกฝนและประสบการณ์ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ การกีฬา และการจัดการกับสถานการณ์ซับซ้อนในชีวิตประจำวัน ในทำนองเดียวกัน Pizzie et al. (2020, pp. 309–325) ได้กล่าวว่า สมองทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลรับรู้ผ่านกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความสนใจ ความจำ การเรียนรู้ และการคิด

วิเคราะห์ เพื่อสร้างความเข้าใจและตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสม สมองจะคัดกรองข้อมูลจากประสาทสัมผัสต่าง ๆ เพื่อเน้นเฉพาะสิ่งเร้าที่มีความสำคัญและสัมพันธ์กับเป้าหมายของบุคคลในขณะนั้น กระบวนการดังกล่าวเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับสมรรถภาพทางปัญญาและการควบคุมทางประสาทจิตวิทยา โดยมีระบบประสาทส่วนกลางและเครือข่ายประสาทเฉพาะด้าน เช่น ระบบลิมบิก (Limbic system) และ เปลือกสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex) ทำหน้าที่กำกับและปรับแต่งการตอบสนองให้เหมาะสมตามบริบท นอกจากนี้ ยังพบว่าประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลสามารถพัฒนาได้จากการฝึกซ้อมเฉพาะด้าน เช่น การฝึกกีฬา การฝึกความจำ หรือการฝึกการตัดสินใจภายใต้สภาวะกดดัน ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และตอบสนองต่อสถานการณ์จริงได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Drigas and Sideraki (2024, pp. 1–36) ที่อธิบายว่า การประมวลผลของสมองเป็นกระบวนการรวมและจัดระบบข้อมูลทางประสาทที่ได้รับเข้าสู่ระบบความคิด โดยสมองจะทำหน้าที่แปลความหมายและเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นอย่างเป็นระบบ เพื่อก่อให้เกิดการเรียนรู้และการปรับตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ กระบวนการนี้เริ่มตั้งแต่ระดับการรับรู้ขั้นต้นไปจนถึงการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่เข้ากับประสบการณ์ที่ผ่านมา เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ซับซ้อนและยืดหยุ่นมากขึ้น นอกจากนี้ สมองยังมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประมวลผลตามบริบท แรงจูงใจ หรือสภาวะต่าง ๆ เช่น ความเครียด เวลา และความคุ้นเคยกับสิ่งเร้า แสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่น (Neural flexibility) และประสิทธิภาพของระบบประสาทส่วนกลางในการสนับสนุนการดำรงชีวิต การเรียนรู้ และพฤติกรรมของมนุษย์ในระดับสูง

กล่าวโดยสรุป การประมวลผลของสมองเป็นกลไกพื้นฐานที่ทำให้มนุษย์สามารถรับรู้ วิเคราะห์ และตีความข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งไม่เพียงเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้และการตัดสินใจเท่านั้น แต่ยังเป็นรากฐานสำคัญของการคิด การควบคุมพฤติกรรม และการปรับตัวต่อสถานการณ์ที่ซับซ้อนในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาที่สะท้อนให้เห็นถึงความก้าวหน้าในความเข้าใจเกี่ยวกับการประมวลผลของสมองในหลากหลายมิติ ทั้งด้านกลไกประสาท ความจำ การควบคุมความสนใจ และการปรับตัวต่อสิ่งเร้าทางอารมณ์และความเครียด โดย Friedman and Robbins (2022, pp. 72–89) ได้อธิบายโครงสร้างพื้นฐานของกระบวนการประมวลผลทางปัญญา โดยเน้นถึงบทบาทของหน่วยประมวลผลข้อมูลในสมองซึ่งเชื่อมโยงกับการรับรู้และการเรียนรู้ ในทำนองเดียวกัน Boutin and Doyon (2020, pp. 1–7) ได้เจาะลึกกลไกทางประสาทที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูล และชี้ให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันของโครงสร้างสมองหลายส่วนในการตีความและตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน ขณะเดียวกัน ในด้านความจำและความสนใจ Contreras-Osorio et al. (2022, pp. 1–22) ได้แสดง

ให้เห็นว่ากระบวนการเหล่านี้เป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยเฉพาะในช่วงวัยผู้ใหญ่ สอดคล้องกับ ผลการศึกษาของ Cunningham et al. (2022, pp. 654–671) ซึ่งได้สังเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการทำงานของเครือข่ายสมองที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและการตัดสินใจ นอกจากนี้ ในมิติของการรวมข้อมูลเพื่อการคิดวิเคราะห์ Šimić et al. (2021, pp. 1-58) ได้อธิบายกลไกการรวมข้อมูลในสมองส่วนหน้า ซึ่งมีผลต่อกระบวนการคิดเชิงเหตุผลและการประเมินทางเลือก ในอีกมุมหนึ่ง งานของ Zhu and Han (2022, pp. 1-10) ได้เน้นการควบคุมความสนใจในสภาวะที่ต้องทำหลายงานพร้อมกัน (Multitasking) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดเชิงประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล ต่อมา Miles et al. (2021, pp. 2083–2091) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเครียดที่มีต่อประสิทธิภาพของกระบวนการคิดและตัดสินใจ โดยพบว่าความเครียดส่งผลต่อการจัดสรรทรัพยากรทางสมอง และลดความยืดหยุ่นของการคิดเชิงซับซ้อน ในขณะเดียวกัน Cho et al. (2023, pp. 1-11) ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างอารมณ์กับการรับรู้ โดยพบว่าความรู้สึกสามารถส่งผลกระทบต่อความเร็วและความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูล ในด้านการประยุกต์ใช้ Raichlen et al. (2020, pp. 1-10) ได้เน้นการฝึกสมองเพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลในผู้สูงอายุ โดยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการฝึกเพื่อชะลอความเสื่อมทางปัญญา สุดท้าย งานของ Abd-Alrazaq et al. (2023, pp. 1-20) ได้วิจัยในกลุ่มที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ โดยเสนอแนวทางการฝึกที่มุ่งเน้นการฟื้นฟูการประมวลผลข้อมูลผ่านกลยุทธ์ทางประสาทและพฤติกรรม

สรุปได้ว่า การประมวลผลของสมองเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและเชื่อมโยงกับปัจจัยหลากหลาย ทั้งในด้านโครงสร้างสมอง กลไกประสาท ความเครียด อารมณ์ การฝึกฝน และพัฒนาการในช่วงวัยต่าง ๆ โดยงานวิจัยเหล่านี้ล้วนมีส่วนสนับสนุนความเข้าใจเชิงลึกในการพัฒนาแนวทางส่งเสริมศักยภาพทางปัญญาและสุขภาวะทางสมองในระดับบุคคลและสังคม

3. การควบคุมกล้ามเนื้อ (Motor control)

การควบคุมกล้ามเนื้อ (Motor control) คือกระบวนการที่ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลายทำงานร่วมกันในการวางแผน ควบคุม และปรับการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เหมาะสมกับสถานการณ์ โดยอาศัยการประสานงานระหว่างสมอง ไขสันหลัง กล้ามเนื้อ และประสาทรับความรู้สึก เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ แม่นยำ และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสม กระบวนการนี้ครอบคลุมตั้งแต่การเริ่มต้นวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor planning) การส่งสัญญาณประสาทเพื่อสั่งการ (Motor execution) และการปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวตามข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้สามารถควบคุมท่าทาง สมดุล และทักษะการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันและในกิจกรรมเฉพาะทาง เช่น กีฬา การฟื้นฟูสมรรถภาพ หรือการ

ทำงานที่ต้องใช้ความแม่นยำสูง Caldemeyer et al. (2020, pp. 363–369) อธิบายว่า การควบคุมกล้ามเนื้อ หมายถึงกระบวนการที่ระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลายทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายผ่านการวางแผน การเริ่มต้น และการควบคุมกล้ามเนื้อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและเป้าหมายของพฤติกรรมเคลื่อนไหว โดยเน้นว่าความสามารถในการควบคุมดังกล่าวเป็นผลจากกระบวนการเรียนรู้และการปรับตัวต่อข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่สนับสนุนความแม่นยำและประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนในกิจกรรมต่าง ๆ ในทำนองเดียวกัน Wieland et al. (2022, pp. 57–65) ได้กล่าวเสริมว่า การควบคุมกล้ามเนื้อเป็นการจัดระเบียบและประสานการทำงานของระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อเพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่มีความเสถียรและยืดหยุ่น โดยอาศัยข้อมูลรับรู้ความรู้สึกและความสามารถในการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในกิจกรรมที่ต้องใช้การควบคุมหลายส่วนของร่างกายพร้อมกัน ซึ่งการทำงานร่วมกันระหว่างระบบรับรู้ความรู้สึกและการสั่งการจึงมีบทบาทสำคัญในการรักษาความสมดุลและการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกัน Wang et al. (2025, pp. 1–15) ได้เสนอแนวคิดในมิติของการทำงานของสมอง โดยระบุว่าการควบคุมกล้ามเนื้อคือกระบวนการที่สมองสั่งการและปรับการทำงานของกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสมทั้งในระดับของการเคลื่อนไหวโดยสมัครใจและการควบคุมโดยอัตโนมัติ กระบวนการนี้ครอบคลุมตั้งแต่การประเมินสถานการณ์ การเลือกกลุ่มกล้ามเนื้อที่เหมาะสม ไปจนถึงการปรับแรงกล้ามเนื้อให้สัมพันธ์กับลักษณะของกิจกรรม ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ทักษะใหม่และการฟื้นฟูการเคลื่อนไหวหลังได้รับบาดเจ็บ ในทัศนะของ Hua et al. (2022, pp. 1–11) การควบคุมกล้ามเนื้อยังสะท้อนถึงความสามารถของบุคคลในการควบคุมตำแหน่งของร่างกายและการเคลื่อนไหวผ่านการทำงานร่วมกันของระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก การรับรู้ และการออกคำสั่งของกล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดความมั่นคงและการตอบสนองที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญของการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การเดิน การทรงตัว และการหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง อีกทั้งยังเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของพัฒนาการทางการเคลื่อนไหวในแต่ละช่วงวัย ในทำนองเดียวกัน Scotto et al. (2024, pp. 1–40) ได้เน้นย้ำว่าการควบคุมกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการทำงานแบบบูรณาการของระบบประสาทในการกำหนดและปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนไหว โดยอาศัยกลไกการเรียนรู้ทางมอเตอร์และการตอบสนองต่อข้อมูลย้อนกลับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการควบคุมกล้ามเนื้อเป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่งและมีการพัฒนาอยู่เสมอ ทั้งนี้ ความสามารถในการปรับตัวของสมองและระบบประสาทต่อข้อมูลภายนอกและผลลัพธ์ของการเคลื่อนไหวถือเป็นหัวใจสำคัญที่ส่งเสริมประสิทธิภาพและความชำนาญของการเคลื่อนไหวในระยะยาว

สรุปได้ว่า การควบคุมกล้ามเนื้อเป็นกระบวนการทางชีววิทยาและระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ควบคุม และปรับการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เหมาะสมกับสถานการณ์ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทส่วนปลาย และระบบรับรู้ความรู้สึก เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ มั่นคง และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม กระบวนการนี้ครอบคลุมตั้งแต่การวางแผน ส่งคำสั่ง ไปจนถึงการปรับเปลี่ยนตามข้อมูลย้อนกลับ และมีบทบาทสำคัญทั้งในการเรียนรู้ทักษะ การฟื้นฟูสมรรถภาพ และการพัฒนาศักยภาพทางการเคลื่อนไหวโดยอาศัยกลไกที่สามารถพัฒนาได้ตามประสบการณ์

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่า การควบคุมกล้ามเนื้อ (Motor control) เป็นกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำงานประสานกันของระบบประสาทส่วนกลาง ระบบรับรู้ความรู้สึก และระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งมีบทบาทสำคัญทั้งในการเคลื่อนไหว การเรียนรู้ทักษะใหม่ ตลอดจนการฟื้นฟูสมรรถภาพในกลุ่มเฉพาะ ทั้งนี้ แนวทางการฝึก การกระตุ้น และการรับรู้ล้วนส่งผลต่อการพัฒนาและปรับตัวของระบบควบคุมกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฝึกสมดุลมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุมกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการหกล้ม ซึ่งการศึกษาของ Concha-Cisternas et al. (2024, pp. 1-12) ยืนยันว่าการฝึกดังกล่าวช่วยเพิ่มการตอบสนองของกล้ามเนื้อและระบบประสาทอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Cuomo et al. (2022, pp. 43-51) พบว่าสมองส่วนหน้าเป็นศูนย์กลางของการควบคุมการเคลื่อนไหวในสภาวะไม่มั่นคง และมีบทบาทสำคัญต่อการปรับตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อระหว่างการเดิน ในด้านการฝึกด้วยจินตนาการทางการเคลื่อนไหว (Motor imagery) Son et al. (2022, pp. 1-10) แสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ทางจิตสามารถส่งผลต่อการควบคุมกล้ามเนื้อเชิงระบบได้ แม้ไม่มีการเคลื่อนไหวจริง เช่นเดียวกับ Elgueta-Cancino et al. (2022, pp. 1-11) ที่ระบุว่าการฝึกแรงต้านสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจน โดยสะท้อนผ่านสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (EMG) ในบริบทของนักกีฬา ขณะที่ Liu et al. (2025, pp. 1-11) พบว่านักกีฬาที่ฝึกความคล่องตัว (Agility) มีระบบควบคุมกล้ามเนื้อที่ตอบสนองได้เร็วกว่าและแม่นยำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการฝึกอย่างต่อเนื่องและประสบการณ์ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ Kitai et al. (2025, pp. 1-15) ได้ศึกษาการใช้ Sensory feedback เพื่อพัฒนา Motor control ในผู้ที่มีภาวะบาดเจ็บไขสันหลัง และพบถึงการปรับตัวของระบบประสาทผ่านการฝึกที่มีข้อมูลย้อนกลับ ในขณะเดียวกัน Khamis et al. (2020, pp. 1-17) ศึกษาในกลุ่มเด็กที่มีพัฒนาการล่าช้า และพบว่าการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการเคลื่อนไหวส่งผลต่อการพัฒนา Motor control ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นความสำคัญของการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ ขณะที่ Liu et al. (2025, pp. 3889-3897) ยืนยันว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อ

ด้วยไฟฟ้า (FES) ในผู้ป่วยอัมพาตสามารถฟื้นฟูการควบคุมกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น สุดท้าย de Carvalho and Swash (2023, pp. 17–29) ได้เปรียบเทียบระหว่างการควบคุมกล้ามเนื้อแบบอัตโนมัติ (Reflexive) และแบบตั้งใจ (Voluntary) พบว่าแบบตั้งใจต้องใช้การประมวลผลจากสมองในระดับสูงกว่า โดยเน้นถึงบทบาทของระบบประสาทส่วนกลางที่ซับซ้อนในกระบวนการควบคุมนี้

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการออกแบบโปรแกรมฝึกที่เหมาะสมต่อความต้องการและศักยภาพของแต่ละบุคคล โดยเฉพาะในบริบทของการส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย การป้องกันการบาดเจ็บ และการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการเคลื่อนไหว ซึ่งล้วนมีรากฐานมาจากการควบคุมกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

4. การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหว (Motor learning)

การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหว (Motor learning) หมายถึง กระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนในความสามารถในการวางแผน ควบคุม และปรับปรุงทักษะการเคลื่อนไหว การเรียนรู้นี้เกิดขึ้นผ่านการฝึกฝนหรือประสบการณ์ซ้ำ ๆ จนสามารถทำการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม่นยำ และตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น โดยไม่ขึ้นอยู่กับความรู้สึกรหรือสภาวะชั่วคราวของผู้เรียน ในแง่กระบวนการทางชีวภาพ Motor learning เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและหน้าที่ของสมอง เช่น การสร้างเส้นทางประสาทใหม่ การเสริมสร้างการเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ประสาท และการปรับตัวของระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้เกิดความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้นและมีความต่อเนื่องในระยะยาว

การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหว (Motor Learning) เป็นกระบวนการสำคัญที่สะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ตามที่ Tortora et al. (2022, pp. 1–19) อธิบายว่า การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวคือกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนในความสามารถในการปฏิบัติงานทางการเคลื่อนไหว ผ่านการฝึกฝนและประสบการณ์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการปรับปรุงด้านความแม่นยำ ประสิทธิภาพ และการใช้พลังงาน รวมถึงการลดข้อผิดพลาดของการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง ในทำนองเดียวกัน Roth and Ding (2024, pp. 2486–2502) ได้ขยายความว่า การเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกระบวนการทางประสาทที่เกิดจากการฝึกและการปรับตัวอย่างเป็นระบบ โดยเน้นถึงการเปลี่ยนแปลงในสมรรถภาพทางระบบประสาทที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ผ่านการรับรู้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) และการประมวลผลข้อมูลทางประสาทสัมผัส

เพื่อปรับปรุงรูปแบบการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับ Martin et al. (2023, pp. 2645–2665) ที่มองว่าการเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวเป็น กระบวนการแบบพลวัต ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาและปรับปรุงพฤติกรรมเคลื่อนไหวผ่านการรับรู้ การวางแผน และการตอบสนองในระดับระบบประสาทส่วนกลาง โดยอาศัยการประสานงานของ ระบบประสาทรับความรู้สึก (Sensory system) และระบบมอเตอร์ (Motor system) เพื่อให้การ เคลื่อนไหวตอบสนองได้เหมาะสมกับเป้าหมายและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ Feulner et al. (2025, pp. 1–14) ยังเน้นย้ำถึงบทบาทของสมองในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนไหวตามข้อมูล ป้อนกลับจากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการสร้างและปรับแบบจำลองภายใน (Internal models) ซึ่ง ช่วยในการทำนายผลลัพธ์ของการเคลื่อนไหวและพัฒนาความแม่นยำผ่านกระบวนการทดลองและ ข้อผิดพลาด (Trial and error) อีกทั้งยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของสมองส่วนเซเรเบลลัม (Cerebellum) ในการประมวลผลและปรับแต่งการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง ในมุมมองของ Lehmann et al. (2023, pp. 8637–8648) การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวยังเป็นผลลัพธ์จากการ เปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและหน้าที่ของสมอง ผ่านกระบวนการเกิดพลาสติกซิตีของระบบประสาท (Neuroplasticity) ซึ่งทำให้เกิดการสร้างและเสริมความแข็งแรงของวงจรประสาทที่เกี่ยวข้องกับการ เคลื่อนไหวเฉพาะด้าน ส่งผลให้บุคคลสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

โดยสรุป การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวจึงเป็นกระบวนการทางชีวภาพและ ประสาทสรีรวิทยาที่ซับซ้อน ซึ่งอาศัยการฝึกฝน การรับรู้ การปรับตัว และการสร้างโครงข่ายประสาท ใหม่ เพื่อให้เกิดการควบคุมการเคลื่อนไหวที่มีความแม่นยำ ประสิทธิภาพ และยั่งยืนในระยะยาว

การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการสำคัญที่มีบทบาทต่อการพัฒนา ความสามารถในการปฏิบัติงานทางการเคลื่อนไหวผ่านการฝึกฝนและประสบการณ์ซ้ำ ๆ การศึกษาใน ปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการศึกษากลไกและปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเรียนรู้ รวมถึงการ ประยุกต์ใช้ในกลุ่มประชากรต่าง ๆ และเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และฟื้นฟูสมรรถภาพ Moinuddin et al. (2021, pp. 1-5) ชี้ให้เห็นว่า การใช้ข้อมูลป้อนกลับแบบเสริม (Augmented feedback) มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการปรับปรุงทักษะการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของข้อมูลย้อนกลับในการกระตุ้นและเสริมสร้างการเรียนรู้ของสมอง ในขณะที่ Weng et al. (2025, pp. 1-14) พบว่า การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุมีการ ปรับตัวที่แตกต่างจากกลุ่มวัยรุ่นหนุ่มสาว โดยเน้นการออกแบบโปรแกรมฝึกที่เหมาะสมเพื่อลดความ เสี่ยงในการล้ม นอกจากนี้ งานวิจัยโดย Wolpe et al. (2020, pp. 13–23) ใช้เทคนิค MRI เพื่อระบุ

การเปลี่ยนแปลงของสมองในระหว่างกระบวนการเรียนรู้การปรับตัวของการเคลื่อนไหวเชิงทัศนูปกรณ์ (Visuomotor adaptation) ซึ่งช่วยเสริมความเข้าใจในระดับระบบประสาทเกี่ยวกับการเรียนรู้ทักษะใหม่ ในทางเดียวกัน Murata et al. (2022, pp. 387–401) ทบทวนผลของการนอนหลับต่อการคงทักษะที่ได้เรียนรู้ และพบว่าการนอนหลับมีบทบาทสำคัญในการประมวลผลและเสริมสร้างความทรงจำการเคลื่อนไหว ส่วน Inoue et al. (2023, pp. 1243–1256) เน้นว่าความซับซ้อนของงานมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้แบบชัดแจ้งและแบบไม่ชัดแจ้ง (Explicit and implicit learning) ซึ่งจำเป็นต้องปรับกลยุทธ์การฝึกให้เหมาะสมกับลักษณะของทักษะและผู้เรียน ในทำนองเดียวกัน Sutter et al. (2022, pp. 1407–1416) พบว่าการจัดสรรเวลาการฝึกแบบหลากหลายช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทักษะทางกายภาพในนักกีฬาได้ดีกว่าการฝึกซ้ำรูปแบบเดียว สำหรับ งานวิจัยในกลุ่มเด็กที่มีปัญหาการพัฒนาการเคลื่อนไหวโดย Heinemann et al. (2021, pp. 167–168) ระบุว่า การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวได้รับผลกระทบจากปัจจัยทางระบบประสาท ซึ่งต้องการแนวทางการฟื้นฟูที่เน้นการกระตุ้นประสาทอย่างเป็นระบบ ขณะที่ Brant et al. (2025, pp. 1-8) ศึกษาผลของสัญญาณเสียงกระตุ้นต่อการเรียนรู้ในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน และพบว่าการใช้สัญญาณเสียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวและการเรียนรู้ของผู้ป่วยได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Ma et al. (2024, pp. 1-14) แสดงให้เห็นว่าการฝึกจินตนาการการเคลื่อนไหว (Motor imagery) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมองและช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ของการเคลื่อนไหว ในขณะเดียวกัน Hajder et al. (2025, pp. 1-20) ทบทวนเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual reality) ในการฝึกฝนทักษะทางการเคลื่อนไหว และพบว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิผลและแรงจูงใจของผู้ฝึก

สรุปได้ว่า การเรียนรู้ของการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลากหลายทั้งทางด้านประสาทวิทยา การจัดการข้อมูลป้อนกลับ ความซับซ้อนของงาน การนอนหลับ รวมถึงเทคโนโลยีและวิธีการฝึกที่เหมาะสม การทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้ความรู้จากงานวิจัยเหล่านี้สามารถช่วยพัฒนาโปรแกรมฝึกที่มีประสิทธิภาพเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และฟื้นฟูสมรรถภาพทางการเคลื่อนไหวในกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายได้อย่างเหมาะสม

5. การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด (Intermuscular coordination)

การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด (Intermuscular coordination) หมายถึง กระบวนการที่กล้ามเนื้อต่าง ๆ หลายมัดทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและประสานสัมพันธ์กัน เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่ราบรื่น สมดุล และแม่นยำ การประสานงานนี้เกี่ยวข้องกับการจัดการแรงและทิศทางของกล้ามเนื้อแต่ละมัดให้เหมาะสมกับลักษณะงานหรือกิจกรรมที่ทำ โดยระบบประสาทกลางจะควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหลายมัดเหล่านี้ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องและ

ปราศจากความตึงเครียดหรือความผิดพลาด การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดเป็นปัจจัยสำคัญในการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน เช่น การเดิน วิ่ง การจับวัตถุ หรือการเล่นกีฬาที่ต้องการความคล่องแคล่วและแม่นยำสูง

การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด (Intermuscular coordination) เป็นกระบวนการที่กล้ามเนื้อต่าง ๆ หลายมัดทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบและสัมพันธ์ เพื่อสร้างแรงและทิศทางของการเคลื่อนไหวให้มีประสิทธิภาพและแม่นยำ ตามที่ Levin and Demers (2021, pp. 3445–3453) อธิบายว่า กระบวนการนี้ไม่ได้จำกัดเพียงการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละมัดเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการปรับจังหวะและระดับแรงในแต่ละกล้ามเนื้อ เพื่อให้การเคลื่อนไหวเกิดความราบรื่น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทางกายภาพ และช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของร่างกาย Turpin et al. (2021, pp. 1009–1025) ขยายความว่าการประสานงานดังกล่าวเกิดขึ้นผ่านการควบคุมของระบบประสาทส่วนกลาง ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่มอย่างเหมาะสม เพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานในเวลาที่สุดคล่องกันและสร้างแรงในทิศทางที่ต้องการ นอกจากนี้ การประสานงานยังช่วยลดแรงต้านและการทำงานเกินจำเป็นของกล้ามเนื้อบางกลุ่ม ทำให้การเคลื่อนไหวมีความราบรื่น สมดุล และมีประสิทธิภาพโดยรวมในลักษณะเดียวกัน Lochbaum et al. (2022, pp. 1–22) เน้นว่าความสามารถในการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดต้องอาศัยระบบประสาทส่วนกลางที่ซับซ้อน ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณอย่างมีจังหวะและลำดับที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ประสานกลมกลืนและตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกได้อย่างรวดเร็ว ความแม่นยำของการประสานงานนี้มีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางกายและลดความผิดพลาดในกิจกรรมที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น การเล่นกีฬา Prelock and Tantucci (2024, pp. 1–2) เสริมว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดยังเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลจากประสาทรับความรู้สึกและข้อมูลป้อนกลับจากร่างกายอย่างต่อเนื่อง โดยระบบประสาทส่วนกลางจะปรับจังหวะและแรงของกล้ามเนื้อแต่ละมัดให้เหมาะสมในทุกสถานการณ์ ส่งผลให้การเคลื่อนไหวราบรื่น มีสมดุล และสามารถปรับตัวตามความซับซ้อนของภารกิจได้ อีกทั้งยังช่วยรักษาความมั่นคงของร่างกายในสภาวะต่าง ๆ นอกจากนี้ Muro and Akita (2023, pp. 407–425) ได้เน้นว่าการประสานงานนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยอาศัยการควบคุมที่ละเอียดและการประสานงานเชิงระบบ ทำให้กล้ามเนื้อแต่ละมัดทำงานร่วมกันได้อย่างเหมาะสมในด้านแรงและเวลาการตอบสนอง นอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวแล้ว ยังช่วยลดความเหนื่อยล้าและความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการใช้งานกล้ามเนื้อผิดจังหวะ อีกทั้งยังเป็นพื้นฐาน

สำคัญในการพัฒนาทักษะทางกายภาพที่ซับซ้อน เช่น การเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ความแม่นยำสูงในกีฬา และกิจกรรมที่ต้องการความคล่องตัว

โดยสรุป การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดจึงเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและสำคัญต่อการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และตอบสนองต่อความต้องการทางกายภาพได้อย่างเหมาะสม

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด (Intermuscular coordination) เป็นกลไกสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่า การฝึกที่เน้นพัฒนากลไกนี้สามารถเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย พัฒนาความคล่องแคล่ว รวมทั้งลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บได้อย่างมีนัยสำคัญ Seo et al. (2023, pp. 1-17) ระบุว่า การฝึกกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านส่งผลให้ระบบประสาทเกิดการปรับตัวอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายมัด ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวและการป้องกันการบาดเจ็บ นอกจากนี้ Prelock and Tantucci (2024, pp. 1-2) ศึกษาผลของการฝึกทรงตัวในผู้สูงอายุและพบว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อดีขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อการปรับปรุงท่าทางและความมั่นคงในการเคลื่อนไหว ขณะที่ Bassa et al. (2024, pp. 248-257) รายงานว่าการฝึกความคล่องแคล่วโดยใช้บันไดความว่องไว ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อรูปแบบการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อในนักกีฬาระดับเยาวชน ในทางเดียวกัน Ataei et al. (2020, pp. 651-658) ใช้ EMG ตรวจสอบการทำงานของกล้ามเนื้อในท่าหมอบ (Squat) และพบว่าความสามารถในการควบคุมแรงและเวลาการหดตัวของกล้ามเนื้อหลายมัดเป็นตัวกำหนดคุณภาพของการเคลื่อนไหวอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ Promsri (2022, pp. 1-9) ศึกษาการพัฒนาของการเรียนรู้การเคลื่อนไหวในนักฟุตบอลเยาวชน พบว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อมีการปรับตัวตามลำดับขั้นของการฝึกอย่างเป็นระบบ ยิ่งไปกว่านั้น Coletti et al. (2022, pp. 1-11) เสนอว่าความสามารถในการจัดการมิติของแรงกล้ามเนื้อที่หลากหลายผ่านกลไกการควบคุมแบบเกินความจำเป็น (Motor redundancy) ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการทรงตัว ในขณะที่ Khan et al. (2024, pp. 1-15) ศึกษาผลของการฝึกด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง และพบว่าการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลต่อการฟื้นฟูสมรรถภาพการเคลื่อนไหวโดยรวม นอกจากนี้ Aslam et al. (2025, pp. 1-17) ยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบการประสานกล้ามเนื้อระหว่างนักกีฬาความทนทานกับนักกีฬาล้าง โดยพบว่านักกีฬาล้างมีรูปแบบการระดมกล้ามเนื้อที่เฉพาะเจาะจงและแตกต่างมากกว่า ขณะที่ Kononowicz et al. (2020,

pp. 1624–1636) ระบุว่า การฝึกการประสานงานในนักยิมนาสติกระดับสูงส่งผลให้การจัดจังหวะเวลา และแรงในการเคลื่อนไหวมีความสอดคล้องและแม่นยำมากขึ้นอย่างชัดเจน

สรุปได้ว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ การฝึกที่มุ่งเน้นพัฒนาทักษะดังกล่าวมีประโยชน์ต่อทั้งด้านกีฬา การฟื้นฟูสมรรถภาพ และการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและนักกีฬา

6. ความเร็วในการตอบสนอง (Response Time)

ความเร็วในการตอบสนอง (Response Time) หมายถึง ระยะเวลาที่บุคคลใช้ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากกระตุ้น โดยเริ่มตั้งแต่ช่วงเวลาที่สิ่งเร้าเกิดขึ้น จนกระทั่งมีการตอบสนองทางร่างกาย เช่น การขยับมือ เท้า หรือการกระทำใด ๆ เพื่อสนองต่อสิ่งเร้านั้น ความเร็วในการตอบสนองเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะในกีฬาและกิจกรรมที่ต้องใช้การตัดสินใจและเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการตอบสนอง ได้แก่ อายุ ระดับความเหนื่อยล้า การฝึกฝน ประสบการณ์ ความตื่นตัว และประเภทของสิ่งเร้า (แสง เสียง สัมผัส) รวมถึงประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการรับรู้ ประมวลผล และส่งสัญญาณเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว ความเร็วในการตอบสนองจึงเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางร่วมกับระบบกล้ามเนื้อ และสามารถพัฒนาได้ผ่านการฝึกที่เหมาะสม โดยเฉพาะในนักกีฬา และผู้ที่ต้องใช้ทักษะการตอบสนองต่อสถานการณ์อย่างรวดเร็ว

ตามที่ Sta Maria et al. (2023, pp. 375–388) อธิบายว่า การตอบสนองเกิดจากกระบวนการทางประสาทที่เชื่อมโยงระหว่างการรับรู้ การประมวลผล และการเคลื่อนไหว ทำให้การตอบสนองสะท้อนถึงความสามารถของสมองและระบบประสาทส่วนปลายในการตีความและส่งผ่านข้อมูลอย่างรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ การวัดเวลาในการตอบสนองยังเป็นตัวชี้วัดความสามารถของระบบประสาทในการประสานงานองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ในมุมมองของ Emuk et al. (2022, pp. 987–998) เวลาในการตอบสนองเป็นตัวชี้วัดความเร็วที่บุคคลสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการรับรู้ การเตรียมพร้อมทางกาย และประสิทธิภาพของกระบวนการทางสติปัญญา การตอบสนองที่รวดเร็วไม่เพียงขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของระบบประสาทเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านสมาธิและความพร้อมทางจิตใจ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพในการวางแผนและเริ่มต้นการเคลื่อนไหว Crider et al. (2022, pp. 1–21) เสริมว่า เวลาในการตอบสนองเป็นตัวบ่งชี้ถึงความรวดเร็วที่ระบบประสาทสามารถตรวจจับ ประมวลผล และตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิผล โดยกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการรวมข้อมูลจากประสาทรับความรู้สึกและการแปลข้อมูลเหล่านั้นเป็นการเคลื่อนไหวที่

ตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างทันเวลา ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ทักษะและการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Bianco et al. (2020, pp. 187–201) ยังระบุว่า เวลาในการตอบสนองขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของงานและชนิดของข้อมูลประสาทสัมผัสที่ได้รับ โดยสิ่งเร้าที่ซับซ้อนหรือมีหลายมิติมักทำให้การประมวลผลในระบบประสาทต้องใช้เวลามากขึ้น ส่งผลให้การตอบสนองช้าลง ขณะที่สิ่งเร้าที่ง่ายและชัดเจนสามารถทำให้ตอบสนองได้รวดเร็ว ทั้งนี้ แต่ละรูปแบบของประสาทรับรู้สัมผัส เช่น การมองเห็น การได้ยิน หรือการสัมผัส มีผลต่อความเร็วในการตอบสนองแตกต่างกันไปตามลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งเร้าที่กระตุ้น Kaluga et al. (2020, pp. 17–25) ยังชี้ว่า เวลาในการตอบสนองเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดสมรรถภาพทางการกีฬา โดยสะท้อนถึงความสามารถของนักกีฬาในการรับรู้ ตัดสินใจ และดำเนินการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างรวดเร็วและแม่นยำ การตอบสนองที่รวดเร็วและถูกต้องช่วยให้ นักกีฬาสามารถปรับตัวต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาด และเพิ่มโอกาสในการประสบความสำเร็จในการแข่งขัน ดังนั้น การพัฒนาทักษะและความสามารถในการตอบสนองจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการฝึกฝนกีฬาและกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วและความแม่นยำ

สรุปได้ว่า ความเร็วในการตอบสนอง (Response time) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทรับรู้ (Sensory system) การประมวลผลข้อมูลในสมอง (Central processing) และการตอบสนองทางกล้ามเนื้อ (Motor response) อย่างมีประสิทธิภาพ ความเร็วในการตอบสนองจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการปรับตัวและรับมือกับสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในบริบทของชีวิตประจำวัน เช่น การขับขี่หรือการทำงาน รวมถึงในกีฬาที่ต้องการความแม่นยำและความรวดเร็วในการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ การพัฒนาความเร็วในการตอบสนองยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการบาดเจ็บและเสริมสร้างสมรรถภาพโดยรวมของบุคคลในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่องและซับซ้อน

ความเร็วในการตอบสนอง เป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบประสาทส่วนกลางในการรับรู้ วิเคราะห์ข้อมูล และดำเนินการตอบสนองผ่านการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการกีฬา การทำงานที่ต้องการความแม่นยำ และการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเร็ว ดังนั้น การเข้าใจและพัฒนาความเร็วในการตอบสนองจึงเป็นหัวใจสำคัญของการฝึกฝนและการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ หลายงานวิจัยระบุว่า ความเร็วในการตอบสนองสามารถพัฒนาได้ผ่านการฝึกเฉพาะทาง เช่น การฝึกสติ (Mindfulness training) ที่ช่วยปรับปรุงสมาธิและการควบคุมความสนใจ ซึ่งเสริมสร้างความสามารถในการโฟกัสต่อสิ่งเร้าได้ดี

ขึ้น ในขณะที่การใช้สื่อดิจิทัล เช่น เกมและเทคโนโลยี VR ก็ได้รับการพิสูจน์ว่าสามารถกระตุ้นระบบประสาทและส่งเสริมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกัน การศึกษาของ Skurvydas et al. (2020, pp. 7–14) ชี้ให้เห็นว่า ความเร็วในการตอบสนองมีบทบาทโดยตรงต่อความสามารถในการตัดสินใจในกีฬา ซึ่งสะท้อนถึงการบูรณาการอย่างลึกซึ้งระหว่างการรับรู้และทักษะการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ ไม่เพียงเท่านั้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ Reaction time ยังมีความหลากหลายและซับซ้อน ไม่ว่าจะเป็นเพศ อายุ ความเหนื่อยล้า การนอนหลับ และความซับซ้อนของสิ่งเร้า ซึ่งการศึกษาของ Irwin et al. (2020, pp. 877–888) ยืนยันว่าการนอนหลับไม่เพียงพอส่งผลให้ความเร็วในการตอบสนองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า ชนิดของสิ่งเร้า เช่น เสียงและแสง มีผลต่อความเร็วในการตอบสนองที่แตกต่างกัน โดยเสียงสามารถกระตุ้นการตอบสนองได้เร็วกว่า (Coffman et al., 2020, pp. 34–46) สำหรับกลุ่มนักกีฬา การศึกษาของ Hou et al. (2023, pp. 3604–3618) ยืนยันว่า นักกีฬาที่มีการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอจะมี Reaction time ที่ดีกว่าบุคคลทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องตัดสินใจรวดเร็ว นอกจากนี้ Schweizer et al. (2022, pp. 1330–1337) ยังแสดงให้เห็นว่า การฝึกการเคลื่อนไหวร่วมกับระบบ Eye-tracking สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองของนักฟุตบอลได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอย่างความเหนื่อยล้า (Fatigue) ยังเป็นองค์ประกอบที่ควรพิจารณาอย่างรอบคอบในการออกแบบโปรแกรมฝึกสมรรถภาพ โดยงานวิจัยของ Almonroeder et al. (2020, pp. 76–89) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการฝึกตอบสนองร่วมกับภาวะความเหนื่อยล้า เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่เหมาะสมและยั่งยืนต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว

สรุปได้ว่า ความเร็วในการตอบสนองเป็นตัวแปรสำคัญที่สะท้อนถึงสมรรถภาพทางประสาทและกล้ามเนื้อ มีบทบาททั้งในเชิงการกีฬา สุขภาพ และการทำงานของมนุษย์ ซึ่งสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ผ่านการฝึกที่เหมาะสม และควรได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องในโปรแกรมพัฒนาทางกายภาพและจิตใจ

7. การรับรู้เชิงสถานการณ์ (Situational awareness)

การรับรู้เชิงสถานการณ์ (Situational awareness) หมายถึง กระบวนการรับรู้ เข้าใจ และคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม ณ ขณะหนึ่ง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและการกระทำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว เช่น กีฬา การแพทย์ การบิน การทหาร หรือสถานการณ์ฉุกเฉิน ในบริบทของกีฬา การรับรู้เชิงสถานการณ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการตัดสินใจที่รวดเร็วและแม่นยำ เช่น การอ่านเกม การจับตำแหน่งคู่แข่ง การประเมินระยะเวลาในการเข้าบอล หรือการส่งบอลอย่างมีประสิทธิภาพ การรับรู้เชิงสถานการณ์

เป็นทักษะทางปัญญาเชิงซับซ้อนที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่มีแรงกดดันสูง และต้องการการตอบสนองอย่างแม่นยำและรวดเร็ว หากต้องการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จำเป็นต้องอาศัยทั้งประสบการณ์ การฝึกฝน และการเรียนรู้แบบเจาะจงตามบริบทของสถานการณ์ นั้น ๆ Farooq et al. (2024, pp. 1–9) ระบุว่า การรับรู้เชิงสถานการณ์ (Situational awareness) คือกระบวนการที่บุคคลสามารถรับรู้สิ่งที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม ทำความเข้าใจความหมายของสิ่ง นั้น และคาดการณ์ถึงสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ ซึ่งเป็นรากฐานของการตัดสินใจอย่างมี ประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ ผู้วิจัยเน้นว่าการรับรู้เชิง สถานการณ์ไม่ใช่เพียงการสังเกตข้อมูลเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการตีความและการใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อ การวางแผนล่วงหน้า รวมถึงการตอบสนองได้อย่างเหมาะสมในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอนและมีการ เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในทำนองเดียวกัน Markose et al. (2021, pp. 485–489) อธิบายว่า Situational awareness เป็นภาวะของการตื่นตัวทางปัญญาที่บุคคลมีต่อบริบทแวดล้อม ทั้งในแง่ ของการตรวจจับ การตีความ และการตอบสนองต่อข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถดำเนินงานหรือ ปฏิบัติภารกิจได้อย่างเหมาะสม โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ชี้ให้เห็นว่าการรับรู้เชิงสถานการณ์มีลักษณะ เป็นลำดับขั้น ตั้งแต่การรับรู้ข้อมูลพื้นฐาน ไปจนถึงการประเมินสถานการณ์และการตัดสินใจที่มีความ ซับซ้อนในบริบทจริงของการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ Farooq et al. (2024, pp. 1–9) ยังเสนอ เพิ่มเติมว่า การรับรู้เชิงสถานการณ์คือ ความสามารถในการสร้างภาพรวมของสถานการณ์จากข้อมูลที่ หลากหลาย ซึ่งรวมถึงการทำความเข้าใจปัจจัยเชิงสังคม จิตวิทยา และสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อ การตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอน อันเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้บุคคลหรือทีมสามารถ วางแผน ปรับตัว และตอบสนองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องอาศัยการ ประสานงานและความร่วมมือระหว่างหลายฝ่าย ในทำนองเดียวกัน van de Merwe et al. (2024, pp. 180–208) ให้คำจำกัดความว่า Situational awareness เป็นกระบวนการทางจิตที่ครอบคลุม ทั้งการสังเกต ความเข้าใจ และการคาดการณ์เชิงอนาคตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งใน งานที่ต้องการการตอบสนองแบบทันการณ์ โดยเฉพาะในระบบที่ต้องพึ่งพาการประสานงานระหว่าง มนุษย์และเทคโนโลยี ดังนั้น การรับรู้เชิงสถานการณ์จึงถือเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญของการปฏิบัติงาน ที่มีความแม่นยำและปลอดภัยในบริบทที่ความผิดพลาดอาจส่งผลกระทบอย่างร้ายแรง สุดท้าย Hinss et al. (2022, pp. 1–17) เสริมว่า การรับรู้เชิงสถานการณ์เป็นรูปแบบของ ความรู้เฉพาะบริบท (context-specific knowledge) ที่ผู้ปฏิบัติงานใช้ในการปรับตัวให้เหมาะสมกับสถานการณ์ใน ขณะนั้น โดยเฉพาะในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและมีความซับซ้อนสูง ความสามารถ

ดังกล่าวไม่เพียงช่วยให้เกิดการรับรู้ข้อมูลที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างรวดเร็ว แม่นยำ และเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ทำนายและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

สรุปได้ว่า การรับรู้เชิงสถานการณ์เป็นความสามารถของบุคคลในการรับรู้และเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวในขณะนั้น รวมถึงการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ กระบวนการนี้ประกอบด้วยการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูล การตีความและประเมินสถานการณ์ และการใช้ข้อมูลเหล่านั้นเพื่อการตัดสินใจและการตอบสนองที่เหมาะสม การรับรู้เชิงสถานการณ์เป็นทักษะที่สำคัญในสถานการณ์ที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว เช่น ในงานด้านกีฬา การบิน การแพทย์ และการทหาร ซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงจากความผิดพลาด นอกจากนี้ การพัฒนาทักษะนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ การฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง และการเรียนรู้จากบริบทของสถานการณ์จริง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการรับรู้และการตัดสินใจภายใต้แรงกดดันสูง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้เชิงสถานการณ์พบว่า การรับรู้เชิงสถานการณ์เป็นกระบวนการทางปัญญาที่สำคัญซึ่งประกอบด้วยการรับรู้ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม การตีความความหมายของข้อมูลดังกล่าว และการคาดการณ์เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Priambodo et al., 2022, pp. 1-20) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาหลายชิ้นได้เน้นย้ำถึงบทบาทของการรับรู้เชิงสถานการณ์ในบริบทต่าง ๆ เช่น การบิน การดับเพลิง การทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการศึกษา ซึ่งทักษะนี้ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและความปลอดภัย (Rashnoudi et al., 2025, pp. 1-11) นอกจากนี้ ในส่วนของการศึกษาในกลุ่มนักกีฬายังพบว่า การฝึกฝนเพื่อพัฒนาการรับรู้เชิงสถานการณ์สามารถเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจและการตอบสนองในสนามแข่งขันได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ในมิติของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี งานวิจัยพบว่าการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) และระบบสนับสนุนผู้ปฏิบัติงานช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการรับรู้เชิงสถานการณ์และลดความผิดพลาดจากความเหนื่อยล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกัน การศึกษากลุ่มบุคลากรทางการแพทย์และเจ้าหน้าที่ดับเพลิงชี้ให้เห็นว่าการฝึกอบรมที่เน้นพัฒนาทักษะการรับรู้เชิงสถานการณ์ช่วยเสริมสร้างความพร้อมและเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจในสถานการณ์ฉุกเฉินได้อย่างชัดเจน

สรุป งานวิจัยทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นว่าการรับรู้เชิงสถานการณ์เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนสูงและต้องการการตอบสนองที่

รวดเร็วและแม่นยำ การพัฒนาทักษะนี้จึงควรได้รับความสนใจอย่างมากในด้านการฝึกอบรมและการออกแบบระบบสนับสนุนต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงในงานปฏิบัติจริง

ระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system)

ระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) คือ ระบบที่ประกอบด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาท (ทั้งส่วนกลางและส่วนปลาย) กับระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวและการทำงานของร่างกายอย่างละเอียดอ่อนและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในบริบทของการเคลื่อนไหวทางกีฬาและกิจกรรมทางกาย Aslam et al. (2025, pp. 1–17) ได้กล่าวว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) หมายถึงเครือข่ายของโครงสร้างทางประสาทและกล้ามเนื้อที่ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวและการตอบสนองของร่างกาย โดยระบบนี้ประกอบด้วยหน่วยประสาทสั่งการ กล้ามเนื้อโครงร่าง และเส้นประสาทที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างสมองและกล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในทำนองเดียวกัน Tornero-Aguilera et al. (2022, pp. 1–16) ได้ให้นิยามว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบของระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทส่วนปลาย และกล้ามเนื้อ ซึ่งทำงานประสานกันอย่างซับซ้อน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำและตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการส่งผ่านสัญญาณประสาทจากสมองและไขสันหลังไปยังกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ต่อมา Khatun et al. (2025, pp. 1–12) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อคือชุดของโครงสร้างที่ทำหน้าที่ประสานการส่งสัญญาณระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อควบคุมแรงทิศทาง และความแม่นยำของการเคลื่อนไหว รวมถึงการรักษาสมดุลและการทรงตัวอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยดังกล่าวยังชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลายในการประมวลผลข้อมูลจากสิ่งเร้าภายนอก แล้วแปลงเป็นคำสั่งการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม อีกทั้งยังเน้นบทบาทของระบบประสาทอัตโนมัติในการช่วยปรับตัวของร่างกายให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ในทำนองเดียวกัน Zaccaron et al. (2025, pp. 1–21) ได้ให้นิยามว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นกลไกการสื่อสารระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อผ่านทางเส้นประสาท โดยอาศัยกระบวนการประมวลผลของสมองและการตอบสนองของกล้ามเนื้อที่ทำงานอย่างสอดคล้องกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเซลล์ประสาทไปยังกระบวนการหดตัวและผ่อนคลายของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมการเคลื่อนไหวในทุกระดับ สุดท้าย Mendoza et

al. (2023, pp. 1–20) ได้ให้ความหมายในทิศทางเดียวกันว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นระบบที่เชื่อมโยงระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อผ่านการส่งสัญญาณทั้งทางไฟฟ้าและเคมี เพื่อควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อในกิจกรรมต่าง ๆ ของร่างกาย โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ เซลล์ประสาทมอเตอร์ที่ส่งสัญญาณไปยังกระแสไฟฟ้ากระตุ้นกล้ามเนื้อ และจุดเชื่อมต่อระหว่างเส้นประสาทกับกล้ามเนื้อที่เรียกว่า สนามเชื่อมประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular junction) ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดถ่ายทอดคำสั่งการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า ระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นระบบที่ทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหว การทรงตัว และการตอบสนองของร่างกายต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ โดยระบบนี้ประกอบด้วยสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท และกล้ามเนื้อ ซึ่งทำงานประสานกันผ่านกระบวนการส่งสัญญาณไฟฟ้าและเคมี การทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญในการควบคุมทิศทาง ความแรง ความเร็ว และความแม่นยำของการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการปรับตัวของร่างกายเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง เช่น การรักษาสมดุลเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอก หรือการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อสิ่งเร้า ระบบประสาทกล้ามเนื้อยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นในชีวิตประจำวัน กีฬา หรือการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกาย โดยกระบวนการนี้จำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการรับรู้ ประมวลผล และสั่งการที่มีประสิทธิภาพระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องและแม่นยำ

ระบบนี้มีบทบาทสำคัญในการส่งสัญญาณจากสมองผ่านไขสันหลังไปยังหน่วยมอเตอร์ ซึ่งจะควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Tornero-Aguilera et al., 2022, pp. 1-16) โดยการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อเริ่มจากการกระตุ้นของเซลล์ประสาทมอเตอร์ (Motor neuron) ที่ปล่อยสัญญาณไฟฟ้าไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องผ่านทางแผ่นเชื่อมประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular junction) ส่งผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ทั้งนี้ การทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความไวของการส่งสัญญาณ, ความสามารถในการสรรหาหน่วยมอเตอร์ (Motor unit recruitment) และการประสานการทำงานระหว่างกล้ามเนื้อ (Intermuscular coordination) บริบทของกีฬา ระบบประสาทกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาองค์ประกอบของสมรรถภาพต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง (Strength) พลังกล้ามเนื้อ (Power) ความคล่องแคล่ว (Agility) และการควบคุมการทรงตัว (Balance) ซึ่งงานวิจัยพบว่า การฝึกที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มความถี่ของการยิงสัญญาณประสาท (Neural firing rate), การลดเวลาหน่วงของการกระตุ้นกล้ามเนื้อ (Electromechanical delay) รวมถึงการประสานงานของ

กล้ามเนื้อร่วม (Synergists) และกล้ามเนื้อคัดค้าน (Antagonists) (Roberts et al., 2020, pp. 1448–1460)

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทกล้ามเนื้อพบว่า ระบบนี้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมการเคลื่อนไหว การรักษาสมดุล และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลาง เส้นประสาทส่วนปลาย และกล้ามเนื้อ ถือเป็นพื้นฐานของการเคลื่อนไหวทั้งโดยสมัครใจและอัตโนมัติ งานวิจัยจำนวนมากได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการฝึกพัฒนาและฟื้นฟูระบบประสาทกล้ามเนื้อในหลากหลายกลุ่มประชากร ไม่ว่าจะเป็นนักกีฬา ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยทางระบบประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาของ Siddique et al. (2022, pp. 1-17) ได้ระบุว่าการฝึกแรงต้านในผู้สูงอายุช่วยกระตุ้นการทำงานของหน่วยมอเตอร์และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบประสาทกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียสมรรถภาพทางกาย ขณะที่ Chen et al. (2024, pp. 1-23) ได้รายงานว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการปรับปรุงการประสานงานของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง นอกจากนี้ Grainger et al. (2024, pp. 855–874) ยังให้ความสนใจในเรื่องความเหนียวล้าของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนระยะเวลาการฝึกและฟื้นฟูให้เหมาะสม ในขณะที่ Mildren and Cullen (2025, pp. 1-20) เน้นย้ำถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อในระหว่างการทรงตัว และพบว่าการทำงานของสมองมีบทบาทต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยตรง ในด้านกีฬา Tranaeus et al. (2022, pp. 1-8) พบว่าระบบประสาทกล้ามเนื้อที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยป้องกันการบาดเจ็บในนักฟุตบอลเยาวชนได้ดี อีกทั้ง Simon (2021, pp. 625–627) รายงานว่าการฝึกพัฒนา Neuromuscular training สามารถเพิ่มคุณภาพการเคลื่อนไหวในนักกีฬาวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ในเชิงกลไกการรับรู้ทางประสาท De Blaiser et al. (2021, pp. 165–172) พบว่า Proprioception มีอิทธิพลโดยตรงต่อการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเคลื่อนไหวที่ต้องอาศัยความแม่นยำ ขณะที่ Sadeqi et al. (2023, pp. 2098–2109) ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างทางเพศในการควบคุมระบบประสาทกล้ามเนื้อระหว่างการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก นอกจากนี้ Howie et al. (2023, pp. 311–322) ยังได้ศึกษาผลของการฝึกทางปัญญาที่สลับซับซ้อน (Cognitive load) ต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อ และพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้ออาจได้รับผลกระทบหากมีความเครียดทางสมองร่วมด้วย ขณะที่งานของ Brüll et al. (2023, pp. 910–922) ได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามอายุที่เกิดขึ้นในระบบประสาทกล้ามเนื้อ และพบว่าการลดลงของการควบคุมการเดินมีส่วนสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ

สรุปได้ว่า การศึกษาทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นว่าระบบประสาทกล้ามเนื้อมีความสำคัญทั้งในแง่ของการพัฒนา การฟื้นฟู และการป้องกันการบาดเจ็บ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่สนับสนุนว่าการฝึกที่มุ่งเน้นไปยังระบบนี้โดยเฉพาะจะสามารถส่งผลดีต่อประสิทธิภาพทางกายภาพและความปลอดภัยในการเคลื่อนไหวในระยะยาว

การฝึกการรับรู้ (Perceptual training)

การฝึกการรับรู้ (Perceptual Training) เป็นกระบวนการฝึกเชิงระบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการตรวจจับ แปลความหมาย และตอบสนองต่อข้อมูลทางประสาทสัมผัสอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการตัดสินใจและการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Zhu et al., 2024, pp. 1-21) การฝึกในลักษณะนี้ช่วยเสริมสร้างกลไกการรับรู้ให้แม่นยำยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการแยกแยะสิ่งเร้าที่สำคัญจากสิ่งรบกวน ตลอดจนการกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกไป เพื่อให้การตอบสนองเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง นอกจากนี้ การฝึกการรับรู้ยังมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคาดการณ์และการรู้จำรูปแบบ ซึ่งช่วยให้ผู้ฝึกสามารถประเมินสถานการณ์และตัดสินใจได้อย่างแม่นยำในบริบทที่ต้องจัดการกับข้อมูลจำนวนมากและมีความไม่แน่นอนสูง (Walden and Khayumov, 2022 pp. 322–334) สำหรับในบริบทของกีฬา การฝึกการรับรู้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความไวและความถูกต้องของการรับรู้สิ่งเร้าทางสายตาและการได้ยิน ส่งผลให้การตอบสนองและการเคลื่อนไหวมีความสอดคล้องและประสานกันมากขึ้นระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Franca et al., 2024, pp. 2605–2616) ขณะเดียวกัน การฝึกในมิติทางปัญญายังช่วยบูรณาการข้อมูลจากประสาทสัมผัสร่วมกับกระบวนการตัดสินใจ ส่งผลให้ผู้ฝึกสามารถตอบสนองได้อย่างแม่นยำภายใต้แรงกดดันและความซับซ้อนของสถานการณ์จริง (Vater et al., 2021, pp. 1458–1483) ดังนั้น การฝึกการรับรู้จึงถือเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างทั้งประสิทธิภาพการตัดสินใจ การตอบสนอง และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเพิ่มสมรรถภาพการปฏิบัติงานในทุกบริบท

สรุปได้ว่า การฝึกการรับรู้เป็นกระบวนการฝึกฝนอย่างเป็นระบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการรับและแปลความหมายของข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมผ่านประสาทสัมผัส เช่น การมองเห็น การได้ยิน และการสัมผัส โดยมุ่งเน้นการจดจำ การคาดการณ์ การรู้จำรูปแบบ และการให้ความสนใจกับสิ่งกระตุ้นที่เกี่ยวข้องกับภารกิจ การฝึกชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการตอบสนอง การตัดสินใจ และการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะในบริบทที่ซับซ้อนหรือเปลี่ยนแปลงเร็ว เช่น ในกีฬา การทหาร หรือสถานการณ์ที่ต้องการการตอบสนองแบบเรียลไทม์ ทั้งนี้ การฝึกการ

รับรู้ช่วยเสริมสร้างการเชื่อมโยงระหว่างการรับรู้กับการกระทำ ทำให้ผู้ฝึกสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น.

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่า การฝึกการรับรู้ (Perceptual training) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทักษะทางกายและทางปัญญาในบริบทของกีฬาและกิจกรรมที่ต้องการการตอบสนองอย่างแม่นยำในเวลาจำกัด โดยงานวิจัยส่วนใหญ่สนับสนุนว่า การฝึกการรับรู้ช่วยเพิ่มความสามารถในการสังเกต การคาดการณ์ และการตัดสินใจ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนสูงและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น การแข่งขันกีฬาแบบเรียลไทม์ Chance (2025, pp. 1-16) ต่างเน้นย้ำถึงบทบาทของเทคนิคการฝึกที่หลากหลาย อาทิ การใช้วิดีโอจำลอง การฝึกในโลกเสมือนจริง (VR) และการจำลองสถานการณ์แบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถช่วยกระตุ้นกลไกการประมวลผลของสมอง รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงข้อมูลจากประสาทสัมผัสกับการเคลื่อนไหว และส่งเสริมทักษะการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า งานวิจัยในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าการฝึกการรับรู้เป็นกระบวนการที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว การวิเคราะห์สถานการณ์ และการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทุกระดับนักกีฬาเยาวชนและระดับสูง รวมถึงผู้สูงอายุและกลุ่มที่ต้องการพัฒนาการทำงานของสมองโดยรวม

กลไกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย

กลไกของระบบประสาทกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กันอย่างแน่นหนา ระหว่าง ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system: CNS) และ ระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral nervous system: PNS) ซึ่งทำหน้าที่ประสานการสั่งการและการตอบสนองของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีความแม่นยำ มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยกลไกดังกล่าวอาศัยการทำงานของหน่วยมอเตอร์ (Motor unit) เป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายทอดคำสั่งจากสมองและไขสันหลังสู่กล้ามเนื้อ พร้อมทั้งรับข้อมูลป้อนกลับจากตัวรับรู้ภายในกล้ามเนื้อ (Proprioceptors) เพื่อปรับแรงและท่าทางให้เหมาะสมกับสภาวะการเคลื่อนไหว (Tornero-Aguilera et al., 2022, pp. 1-16) ในกระบวนการนี้ การทำงานร่วมกันของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลายมีเป้าหมายเพื่อสร้างการกระตุ้นของหน่วยมอเตอร์ที่มีความถี่และความแรงเหมาะสมกับลักษณะของกิจกรรม เช่น การวิ่ง การกระโดด หรือการออกกำลังกายที่ต้องอาศัยความแม่นยำของการส่งสัญญาณประสาทเพื่อให้เกิดแรงกล้ามเนื้อที่เหมาะสมและตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว (Aslam et al., 2025, pp. 1-17) นอกจากนี้ ระบบการควบคุมยังอาศัยกลไกแบบ Feedforward และ Feedback เพื่อวางแผน คาดการณ์ และปรับแก้การเคลื่อนไหวตามข้อมูลจาก

สิ่งเร้าและการรับรู้ภายในร่างกายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้เกิดความมั่นคงและสมดุลในทุกสภาวะของการออกกำลังกาย (Bunday et al., 2024, pp. 1583–1593) ในอีกมิติหนึ่ง การออกกำลังกายส่งผลให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทในเชิงโครงสร้างและการทำงาน โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของ การกระตุ้นทางประสาท (Neural drive) ที่ช่วยยกระดับประสิทธิภาพของการทำงานของหน่วยมอเตอร์ การสังเคราะห์แรง และการจัดระเบียบของเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สมรรถภาพทางกาย เช่น ความแข็งแรงและความทนทาน พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Wang et al., 2024, pp. 91–102) ขณะเดียวกัน ระบบประสาทยังมีการปรับตัวเชิงหน้าที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกหน่วยมอเตอร์ การควบคุมอัตรา การยิงสัญญาณประสาท และการจัดลำดับการกระตุ้นที่เหมาะสม ซึ่งเป็นกลไกสำคัญต่อความแม่นยำของการเคลื่อนไหวและการลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ (Dideriksen and Vecchio, 2023, pp. 235–246)

สรุปได้ว่า กลไกของระบบประสาทกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายจึงเป็นระบบการควบคุมที่บูรณาการทั้งด้านการสั่งการ การรับรู้ และการตอบสนอง โดยมุ่งพัฒนาให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสถียร และยืดหยุ่นต่อการระการฝึก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและการปฏิบัติงานในระดับสูงอย่างยั่งยืน

กลไกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งรวมถึงการสั่งการและการประสานงานระหว่างระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทส่วนปลาย และกล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้เน้นถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อภายหลังการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพของการสั่งการหน่วยมอเตอร์ การปรับเปลี่ยนรูปแบบการยิงสัญญาณประสาท และการเพิ่มความไวในการรับข้อมูลป้อนกลับจากกล้ามเนื้อ จากการศึกษาของ Cesanelli et al. (2022, pp. 1-9) ชี้ให้เห็นว่า การฝึกความทนทานจะส่งผลต่อการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการควบคุมการเคลื่อนไหว ในขณะที่ Aslam et al. (2025, pp. 1-17) พบว่า การฝึกความแข็งแรงสามารถเพิ่มจำนวนและความเร็วในการสั่งการของหน่วยมอเตอร์ ทำให้กล้ามเนื้อสามารถผลิตแรงได้มากขึ้นและมีความแม่นยำสูงขึ้น นอกจากนี้ Jung et al. (2020, pp. 1-6) เน้นบทบาทของกลไกการป้อนกลับของระบบประสาทสัมผัสที่ช่วยปรับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาสมดุลและการประสานงานของร่างกาย ขณะที่ Grainger et al. (2024, pp. 855–874) ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่เน้นความเร็วสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการสั่งงานแบบรวมศูนย์และการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกลไกของความเหนื่อยล้า

(Fatigue) ที่เกิดขึ้นในระบบประสาทและกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย เป็นอีกประเด็นที่ได้รับการศึกษาจาก Tornero-Aguilera et al. (2022, pp. 1-16) โดยพบว่าความเหนื่อยล้าส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของสัญญาณประสาทและการตอบสนองของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ งานวิจัยด้านไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ของ Inglis et al. (2025, pp. 1050–1065) ชี้ให้เห็นถึงรูปแบบการเปิดใช้งานของกล้ามเนื้อในระหว่างการฝึกแบบพลະกำลังที่ช่วยเพิ่มการประสานงานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขณะที่ Song et al. (2024, pp. 614–624) เน้นบทบาทของการปรับเปลี่ยนการตอบสนองของปฏิกิริยาสะท้อนจากไขสันหลังที่ช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตแรง การศึกษาโดย Eliason et al. (2023, pp. 749–761) รายงานว่า การฝึกควบคุมการเคลื่อนไหวมีผลเพิ่มประสิทธิภาพของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ทำให้การตอบสนองต่อคำสั่งของสมองรวดเร็วและแม่นยำขึ้น โดยมีผลในแง่ของการปรับปรุงสมรรถภาพกีฬารวมถึงการลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Malone et al. (2025, pp. 1-16) เน้นการปรับเปลี่ยนข้อมูลป้อนกลับทางประสาทสัมผัสในระหว่างการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน ซึ่งมีส่วนต่อการควบคุมและประสานงานของกล้ามเนื้อในระดับสูง

สรุปได้ว่า งานวิจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของกลไกประสาทกล้ามเนื้อในการปรับตัวและเพิ่มประสิทธิภาพขณะออกกำลังกาย ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรมฝึกซ้อมและฟื้นฟูสมรรถภาพให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้ฝึกฝนและนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรมความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ หมายถึงความสามารถของร่างกายในการปฏิบัติงานทางกายภาพที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงผ่านกระบวนการฝึกซ้อมที่เน้นการประสานงานและการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ คล่องแคล่ว แข็งแรง และมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม สมรรถภาพนี้รวมถึงความสามารถในการควบคุมกล้ามเนื้อหลายมัดพร้อมกัน การประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาทส่วนต่าง ๆ ที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของร่างกายในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

1. ความหมายสมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรมความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นผลลัพธ์ของการทำงานร่วมกันอย่างซับซ้อนระหว่าง ระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการประสานงาน และการตอบสนองของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง (Trajković & Bogataj, 2020, pp. 1-12) ความสามารถดังกล่าวสะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่พัฒนาแล้วผ่านการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่อความเร็ว ความคล่องแคล่ว ความแม่นยำ และความมั่นคงของท่าทาง (Kang & Park, 2024, pp. 1-14) การฝึกที่มุ่งเน้นกระบวนการกระตุ้นและปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณประสาทและการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพ (Lopez et al., 2021, pp. 1206-1216) นอกจากนี้ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับระบบประสาทกล้ามเนื้อยังมีองค์ประกอบสำคัญ เช่น การควบคุมกล้ามเนื้อ (Motor control) การประสานงานของกล้ามเนื้อหลายส่วน (Intermuscular coordination) และ ความมั่นคงของแกนกลางลำตัว (Core stability) ซึ่งมีบทบาทในการเสริมสร้างความสามารถในการทรงตัว การตอบสนอง และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วในกิจกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬา การพัฒนาสมรรถภาพทางประสาทกล้ามเนื้อเป็นรากฐานของทักษะการเคลื่อนไหว เช่น การทรงตัว การเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัยการประสานงานระหว่างการรับรู้ การตัดสินใจ และการสั่งการกล้ามเนื้อ ในเชิงการฝึก สมรรถภาพทางกายที่มีพื้นฐานจากระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน โดยช่วยให้ผู้ฝึกสามารถใช้กำลัง ความเร็ว และทักษะมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการควบคุมจากระบบประสาทที่แม่นยำและตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Coletti et al., 2022, pp. 1-11) ดังนั้น สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทกล้ามเนื้อจึงไม่เพียงเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะทางกีฬา การลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ และการเสริมสร้างสมรรถนะสูงสุดของนักกีฬายังยืน

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็น ความสามารถทางร่างกายที่พัฒนาและปรับปรุงขึ้นผ่านกระบวนการฝึกที่มุ่งเน้นการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งครอบคลุมการควบคุมการเคลื่อนไหว การตอบสนองต่อสิ่งเร้า ความแม่นยำ ความคล่องแคล่ว และความเร็วในการเคลื่อนไหว ฝึกฝนในลักษณะนี้ช่วยให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งในชีวิตประจำวัน และในการเล่นกีฬา โดยส่งเสริมให้กล้ามเนื้อหลายมัดสามารถทำงานประสานกันได้อย่างสอดคล้อง ช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบการเคลื่อนไหวในภาพรวม

สมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรมความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาศักยภาพทางกีฬา โดยเฉพาะในด้านความเร็ว ความคล่องแคล่ว การทรงตัว และการควบคุมการเคลื่อนไหว ซึ่งงานวิจัยจำนวนมากได้รายงานถึงผลลัพธ์ที่เกิดจากการฝึกในรูปแบบต่าง ๆ ที่มุ่งเน้นพัฒนาองค์ประกอบดังกล่าวอย่างชัดเจน Muller et al. (2023, pp. 104–116) พบว่า การฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถช่วยเพิ่มความมั่นคง ความเร็ว และการทรงตัวในนักกีฬาได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลโดยตรงต่อการลดอัตราการบาดเจ็บและการเพิ่มสมรรถภาพโดยรวม ในขณะที่ Logerstedt et al. (2022, pp. 201–235) รายงานเพิ่มเติมว่าการบูรณาการการฝึกเชิงหน้าที่ (Functional training) ร่วมกับการฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อ ช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาแบบมัลติทาสก์ ซึ่งต้องการการประสานงานหลายระบบพร้อมกัน นอกจากนี้ Tourillon et al. (2024, pp. 814–824) ยังได้ยืนยันว่าความฟิตของระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นรากฐานสำคัญที่สนับสนุนความสามารถเฉพาะทางในกีฬาต่าง ๆ เช่น การวิ่งเร็วและการเปลี่ยนทิศทางอย่างฉับพลัน ในขณะทำงานวิจัยของ Emery et al. (2022, pp. 40–48) พบว่า การฝึกการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีผลอย่างมีนัยสำคัญในการพัฒนาความคล่องแคล่วและการทรงตัวในนักกีฬา ต่อมา Lee (2025, pp. 1–13) ได้รายงานว่าการฝึกที่ผสมผสานระหว่างการฝึกแกนกลางร่างกายกับระบบประสาทกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการเสริมสร้างการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพทั้งในชีวิตประจำวันและในกิจกรรมกีฬาต่าง ๆ ขณะที่ Coletti et al. (2022, pp. 1–11) วิเคราะห์การปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อหลังการฝึกแรงต้านและความคล่องแคล่ว และพบว่าการฝึกดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านการควบคุมและความเร็วของการเคลื่อนไหว ในแง่ของการเรียนรู้ทักษะกีฬา งานวิจัยของ Alons et al. (2022, pp. 1735–1748) ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อกับการพัฒนาการตอบสนองและความแม่นยำ ในขณะที่ Hammami et al. (2025, pp. 1–17) ระบุว่า การวอร์มอัพที่เน้นระบบประสาทกล้ามเนื้อช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ พร้อมกับเพิ่มประสิทธิภาพของร่างกายก่อนการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน สุดท้ายนี้ Eliason et al. (2023, pp. 749–761) ได้เน้นย้ำบทบาทสำคัญของการฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อในการพัฒนาเยาวชน โดยเฉพาะในช่วงก่อนวัยเจริญพันธุ์ที่ต้องการเสริมสร้างแรง ความสมดุล และความว่องไว ขณะที่ Huang et al. (2021, pp. 87–94) เสนอว่า การฝึกแบบผสมผสานระหว่างระบบประสาทกล้ามเนื้อและพลัยโอเมตริกนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มพลัง กระโดด และความรวดเร็วในการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ

แสดงให้เห็นว่า การฝึกที่มุ่งเน้นพัฒนาระบบประสาทกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสมรรถภาพทางกายอย่างครบถ้วน ไม่เพียงแต่เพิ่มพูนแรงกล้ามเนื้อและความเร็วในการ

เคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมความคล่องแคล่วและความมั่นคงในการทรงตัว ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานทางกีฬามีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การฝึกลักษณะนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บโดยการพัฒนาการประสานงานและการตอบสนองของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายสามารถรับมือกับแรงกระแทกหรือสถานการณ์ที่ไม่คาดคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อเป็นกลยุทธ์สำคัญในการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬา

2. สมรรถภาพทางกายของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

สมรรถภาพทางกายของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular fitness) หมายถึง ความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการทำงานประสานสัมพันธ์กันเพื่อสร้างแรง การควบคุมการเคลื่อนไหว และการรักษาเสถียรภาพของร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพ (Kang and Park, 2024, pp. 1-14) ในกีฬาฟุตบอล สมรรถภาพทางกายของระบบประสาทกล้ามเนื้อครอบคลุม ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การเคลื่อนไหวทักษะฟุตบอลมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และเพิ่มสมรรถนะในการแข่งขัน (Francini et al., 2023, pp. 202–211) ซึ่งประกอบด้วย

2.1 การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาศูนย์ถ่วงของร่างกายให้อยู่ภายในฐานการรองรับ ทั้งในสภาวะอยู่กับที่ (Static balance) และระหว่างการเคลื่อนไหว (Dynamic balance) โดยไม่สูญเสียสมดุลหรือหกล้มในกีฬาฟุตบอล การทรงตัวเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักกีฬาสามารถควบคุมท่าทางในระหว่างการเลี้ยงบอล การเปลี่ยนทิศทาง หรือการปะทะกับคู่ต่อสู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หรือ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางหรือเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วและควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในการแข่งขัน โดยประกอบด้วยองค์ประกอบของความเร็วในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction speed) และความสามารถในการรับรู้และตัดสินใจ (Perceptual and decision-making ability) ในกีฬาฟุตบอล ความคล่องแคล่วว่องไวนี้สำคัญต่อการเลี้ยงหลบคู่ต่อสู้ การเปลี่ยนทิศทางเพื่อสร้างพื้นที่ หรือการเข้าสกัดบอลอย่างแม่นยำ

2.3 เวลาในการตอบสนอง (Response time) หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่การได้รับสิ่งเร้าภายนอก (Stimulus) จนถึงการเริ่มต้นตอบสนองด้วยการเคลื่อนไหว (Response initiation) โดยเป็นตัวบ่งชี้ความเร็วของระบบประสาทในการประมวลผลและส่งคำสั่งไปยัง

กล้ามเนื้อ ในกีฬาฟุตบอล เวลาในการตอบสนองมีความสำคัญต่อการตัดสินใจและการปฏิบัติในสถานการณ์การแข่งขัน เช่น การหยุดบอล การเลี้ยงหลบ หรือการยิงประตูอย่างแม่นยำและรวดเร็ว

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลหมายถึงความสามารถทางร่างกายที่ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง พลังระเบิด ความทนทาน ความเร็ว การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง ความยืดหยุ่น และการประสานงาน ซึ่งทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมเพื่อรองรับการปฏิบัติทักษะฟุตบอลได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพการแข่งขันที่เข้มข้นและต่อเนื่อง สมรรถภาพทางกายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มสมรรถนะ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และส่งเสริมความสำเร็จในระดับการแข่งขันสูงสุดของนักกีฬา

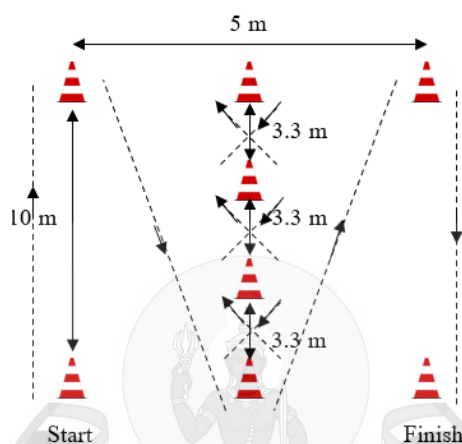
3. วิธีการวัดสมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกด้วยโปรแกรมความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

การวัดสมรรถภาพทางกายที่เกิดจากการฝึกสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ จำเป็นต้องพิจารณาหลายมิติ เนื่องจากเป็นผลรวมของการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถประเมินได้ผ่านการทดสอบที่หลากหลาย

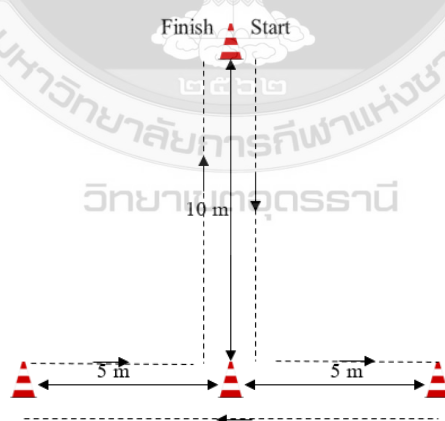
3.1 การวัดความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หรือ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถภาพทางกายที่สำคัญ โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและเปลี่ยนทิศทางบ่อยครั้ง ซึ่งความคล่องแคล่วว่องไวไม่เพียงขึ้นอยู่กับพลังกำลังหรือความเร็วเท่านั้น แต่ยังรวมถึงกระบวนการรับรู้ การตัดสินใจ และการตอบสนองทางระบบประสาทกล้ามเนื้ออย่างแม่นยำ (Akkuş and Demirel, 2025, pp. 1-8)

การประเมินความคล่องแคล่วว่องไวจึงต้องใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบที่สามารถสะท้อนการเคลื่อนไหวแบบพลวัต (Dynamic movement) ภายใต้แรงกดดันของเวลาและสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

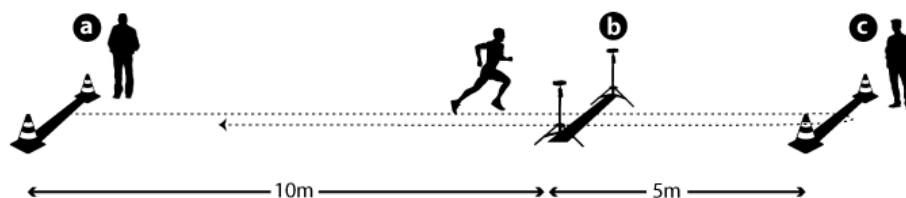
3.1.1 แบบทดสอบความคล่องแคล่ววงไวแบบทั่วไป (Pre-planned agility tests) เน้นการเคลื่อนไหวกที่มีทิศทางกำหนดไว้ล่วงหน้าภาพเคลื่อนไหว ตัวอย่างแบบทดสอบ Pre-planned agility tests ที่นิยมใช้ Illinois agility test, T-test (Agility t-test) และ 505 test



ภาพ 2.1 Illinois agility test from “Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes,” by Lockie, R. G., Callaghan, S. J., Berry, S. P., Cooke, E. R. A., Jordan, C. A., Luczo, T. M., & Jeffriess, M. D, 2014, Journal of Strength and Conditioning Research, 28(12), pp. 3557–3566.



ภาพ 2.2 T-test (Agility t-test) from “Agility training reduces metabolic demand and improves performance in young soccer players,” by Gomes, R. V., Souza, V. C., Serrão, J. C., & Gonçalves, M, 2013, Journal of Strength and Conditioning Research, 27(4), pp. 1033–1037

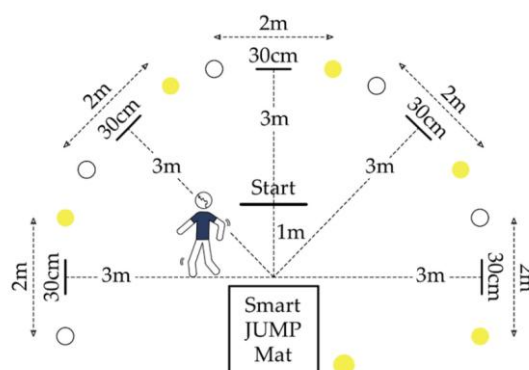


ภาพ 2.3 505 test from “Agility testing in team sports: The 505 test and its variations.” by Duarte, R., Bredt, S. D. G. T., & Palucci Vieira, L. H, 2022, International Journal of Sports Physiology and Performance, 17(3), pp. 412–418.

3.1.2 แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวที่อิงต่อสิ่งเร้า (Reactive agility tests) เน้นการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น เช่น แสง เสียง หรือภาพเคลื่อนไหว ตัวอย่างแบบทดสอบ Reactive agility tests ที่นิยมใช้ Reactive y-shaped agility test, Reactive shuttle run test



ภาพ 2.4 Reactive y-shaped agility test from “The development of a new test of agility for rugby league” by Serpell, B. G., Young, W. B., & Ford, M. 2011. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(10), 2702–2704.



ภาพ 2.5 Reactive shuttle run test form “Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of the Illinois change of direction test in male team sport athletes” By Hachana, Y., Chaabène, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. 2014. Journal of Strength and Conditioning Research, 28(10), 2759–2765.

3.2 การวัดเวลาในการตอบสนอง (Response time) เวลาในการตอบสนองเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการประมวลผลและส่งสัญญาณของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลายสู่กล้ามเนื้อ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือการกระทำตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปหมายถึงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มรับรู้สิ่งเร้า (Stimulus) จนถึงการเริ่มต้นตอบสนอง (Response initiation) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมที่ต้องการการตัดสินใจรวดเร็วและแม่นยำ เช่น กีฬา การขับขี่ การควบคุมเครื่องจักร หรือสถานการณ์ฉุกเฉิน (Krüger et al., 2024, pp. 1-13) เวลาในการตอบสนองสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

3.2.1 Simple reaction time (SRT) ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเพียงชนิดเดียว เช่น การกดปุ่มเมื่อเห็นแสงไฟ ตัวอย่างแบบทดสอบ Simple reaction time (SRT) ที่นิยมใช้ Ruler Drop Test (การจับไม้บรรทัด), Light-Based Reaction Test (SRT ด้วยแสง



ภาพ 2.6 Ruler drop test (การจับไม้บรรทัด) from “In Complete guide to fitness testing”

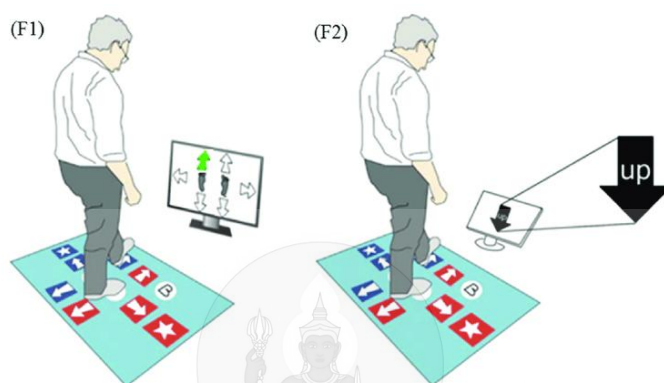
By Wood, R. J. 2010. <https://www.topendsports.com/testing/tests/ruler.htm>

3.2.2 Choice reaction time (CRT) ซึ่งเป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มีตัวเลือกมากกว่าหนึ่งแบบ เช่น การเลือกปุ่มที่ต้องตามสีของสัญญาณ ตัวอย่างแบบทดสอบ Choice reaction time (CRT) ที่นิยมใช้ Light-based reaction Test (SRT ด้วยแสง)



ภาพ 2.7 Light-based reaction Test (SRT ด้วยแสง) from “Complete Guide to Fitness Testing” by Wood, R. J. 2010. <https://www.topendsports.com/testing/>

3.2.3 Discrimination reaction time ซึ่งต้องใช้ทักษะในการแยกแยะและตอบสนองเฉพาะต่อสิ่งเร้าที่กำหนด โดยไม่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างแบบทดสอบ Discrimination reaction time ที่นิยมใช้ Stepping tests



ภาพ 2.8 Stepping tests from “Complete Guide to Fitness Testing” by Wood, R. J. 2010. <https://www.topendsports.com/testing/>

วิธีการวัดเวลาในการตอบสนอง ในปัจจุบันมีความหลากหลายมากขึ้นและมีความแม่นยำสูง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ วิธีการวัดด้วยระบบดิจิทัลหรือคอมพิวเตอร์ เช่น การใช้โปรแกรมประเมินบนคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา ซึ่งสามารถตั้งโปรโตคอลการวัดที่ชัดเจนและบันทึกผลได้อย่างละเอียด ตัวอย่างของเครื่องมือที่นิยมใช้ ได้แก่ โปรแกรม Deary–Liewald RT Task หรือ PsyToolkit และวิธีการวัดในบริบทของการออกกำลังกายหรือกีฬา เช่น การใช้ FitLight Trainer หรือ Blazepod ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบให้มีสิ่งเร้าเป็นแสงและให้ผู้ทดสอบตอบสนองด้วยการสัมผัสหรือเคลื่อนไหวในทิศทางที่กำหนด

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเวลาในการตอบสนอง ได้แก่ อายุ เพศ ระดับของความฟิตทางกาย ภาวะทางจิตใจ เช่น ความเครียด ความเหนื่อยล้า คุณภาพการนอนหลับ และประสบการณ์ในการฝึกฝนหรือการเล่นกีฬาในระดับต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้วบุคคลที่ผ่านการฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับความเร็วในการตอบสนองจะมีค่า RT ต่ำกว่าบุคคลทั่วไป ซึ่งหมายถึงมีการตอบสนองที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่า ในการประเมินผล การวัด Reaction time มักจะใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบหลายรอบเพื่อความแม่นยำ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะสะท้อนถึงสมรรถภาพทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมทั้งสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดในการประเมินผลของโปรแกรมฝึกอบรมต่าง ๆ ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความเร็วในการตอบสนองในกลุ่มนักกีฬา ผู้สูงอายุ หรือบุคคลทั่วไป

3.3 วัดการทรงตัวหรือความสมดุล (Balance) เป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทรงตัวของร่างกายภายใต้สถานการณ์ที่หลากหลายทั้งในภาวะนิ่งและเคลื่อนไหว โดยอาศัยกลไกของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ระบบการมองเห็น ระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular system) และระบบรับรู้ความรู้สึกจากการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Proprioceptive system) (Gao et al., 2022, pp. 21–33) การวัดความสมดุลสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

3.3.1 การทรงตัวหรือความสมดุลแบบคงที่ (Static balance) เป็นความสามารถในการรักษาท่าทางหรือการทรงตัวในสถานะนิ่ง เช่น การยืนบนขาข้างเดียว โดยไม่สูญเสียการทรงตัว เครื่องมือวัดที่ใช้บ่อย ได้แก่ Stork stand test หรือการยืนบน Force platform เพื่อวัด Center of pressure (COP)

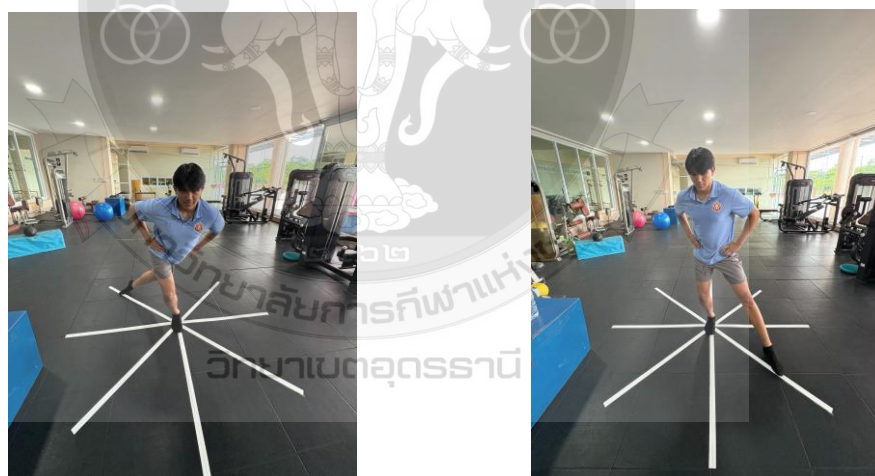


ภาพ 2.9 Stork stand test from “Complete Guide to Fitness Testing” by Wood, R. J. 2010. <https://www.topendsports.com/testing/>

3.3.2 ความสมดุลแบบเคลื่อนไหว (Dynamic balance) เป็นความสามารถในการรักษาการทรงตัวระหว่างการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การวิ่ง หรือการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหว อย่างฉับพลัน เครื่องมือที่นิยมใช้ ได้แก่ Y-balance test, Star excursion balance test (SEBT) หรือการใช้เทคโนโลยี Motion analysis



ภาพ 2.10 Y-balance test from “Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players” Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. 2006. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919.



ภาพ 2.11 Star excursion balance test (SEBT) from “Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players” Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. 2006. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919.

การเลือกใช้วิธีวัดความสมดุลควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการวัด กลุ่มประชากรที่ศึกษา และความแม่นยำของเครื่องมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยด้านกีฬาและเวชศาสตร์การกีฬา ความสมดุลถือเป็นปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงกับการป้องกันการบาดเจ็บ ประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว และการฟื้นฟูสมรรถภาพหลังการบาดเจ็บ

3.4 การวัดการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด (Intermuscular Coordination) ความสามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อในการควบคุมการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อหลายกลุ่ม เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ ประหยัดพลังงาน และมีประสิทธิภาพในสภาวะที่ต้องใช้แรงและทิศทางที่หลากหลาย (Seo et al., 2023, pp. 1-17)

การวัดการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยมีวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยและทางคลินิกดังนี้

3.4.1 การตรวจวัดด้วย Electromyography (EMG) เป็นวิธีที่ใช้วัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อในระหว่างการเคลื่อนไหว เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของการทำงานร่วมกัน (Co-activation) ระหว่างกล้ามเนื้อหลัก (Agonist) และกล้ามเนื้อต้าน (Antagonist) ตลอดจนความล่าช้าในการตอบสนองของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแสดงถึงระดับของการประสานงานระหว่างมัดกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจน

3.4.2 การทดสอบทักษะการเคลื่อนไหวเฉพาะการประเมินรูปแบบการเคลื่อนไหวเชิงฟังก์ชัน เช่น การกระโดด การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง หรือแบบฝึก Motor coordination test ช่วยสะท้อนระดับของ intermuscular coordination โดยเฉพาะในบริบทของกีฬาและการฟื้นฟูสมรรถภาพ

3.4.3 การใช้เครื่องมือวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analysis system) เทคโนโลยีการติดตามการเคลื่อนไหวของร่างกายผ่านกล้องหรือเซนเซอร์ความละเอียดสูงช่วยให้สามารถวิเคราะห์รูปแบบการทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อในขณะเคลื่อนไหวได้อย่างละเอียด โดยนำข้อมูลมาประมวลผลร่วมกับ EMG เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างมัดกล้ามเนื้อ

การวัดการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัดควรใช้ทั้งเครื่องมือที่สามารถให้ข้อมูลวัตถุวิสัย (Objective) และการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับทักษะทางกีฬา เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ครอบคลุมถึงกลไกการทำงานร่วมกันของระบบประสาทกล้ามเนื้อ

3.5 การวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor control & Accuracy) หมายถึง กระบวนการทางระบบประสาทที่ช่วยให้ร่างกายสามารถวางแผน ปรับเปลี่ยน และดำเนินการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ โดยรวมถึงความสามารถในการรักษา

เสถียรภาพของท่าทางและการปรับเปลี่ยนแรงเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนด การวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวและความแม่นยำ (Accuracy) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินสมรรถภาพทางกายและพัฒนาการทางกายภาพ โดยมักใช้เครื่องมือและวิธีการดังนี้

3.5.1 การทดสอบการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย (Targeted movement tests) เป็นการทดสอบที่ผู้ถูกประเมินต้องเคลื่อนที่มือ แขน หรือร่างกายไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่กำหนดไว้ เช่น การแตะเป้าหมาย การลากเส้นตามรูปแบบ หรือการวางสิ่งของในตำแหน่งที่แม่นยำ วิธีนี้ช่วยวัดความแม่นยำของการควบคุมกล้ามเนื้อและการตอบสนองทางระบบประสาท

3.5.2 การวิเคราะห์ความผิดพลาดเชิงตำแหน่ง (Positional error analysis) ใช้วัดความแตกต่างระหว่างตำแหน่งที่เคลื่อนที่จริงกับตำแหน่งเป้าหมาย เช่น Root mean square error (RMSE) หรือ Absolute error (AE) โดยข้อมูลนี้ช่วยบ่งชี้ความแม่นยำและประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเคลื่อนไหว

3.5.3 การใช้เครื่องมือ Electromyography (EMG) ร่วมกับ Motion capture

การบันทึกกิจกรรมกล้ามเนื้อพร้อมกับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ช่วยทำความเข้าใจกลไกการประสานงานของกล้ามเนื้อและการควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างละเอียด

3.5.4 การทดสอบความสามารถในการปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหว (Adaptation tests) ประเมินการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อเมื่อเจอสภาวะแวดล้อมหรือแรงต้านที่เปลี่ยนแปลง เช่น การควบคุมสมดุลบนพื้นผิวไม่เสถียร หรือการจับวัตถุที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน

3.6 การวัดการรับรู้เชิงสถานการณ์ (Situational awareness) ความสามารถในการรับรู้ เข้าใจ และคาดการณ์สถานการณ์หรือบริบทในสิ่งแวดล้อมที่มีความเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถตัดสินใจและดำเนินการอย่างเหมาะสมในเวลาที่เหมาะสม (Farooq et al., 2024, pp. 1-9) การวัดการรับรู้เชิงสถานการณ์จึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินสมรรถนะของบุคคลในหลายสาขา เช่น การบิน การแพทย์ และการกีฬา การวัดการรับรู้เชิงสถานการณ์มักแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1. การรับรู้ข้อมูลเบื้องต้น (Perception of elements in the environment) วัดความสามารถในการรับรู้ข้อมูลและวัตถุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์นั้น 2. การทำความเข้าใจสถานการณ์ (Comprehension of the current situation) ประเมินความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของสถานการณ์ 3. การคาดการณ์สถานการณ์ในอนาคต (Projection of future status) วัดความสามารถในการคาดการณ์ผลลัพธ์หรือการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

วิธีการวัดการรับรู้เชิงสถานการณ์ Situational awareness มีหลายวิธีการ โดยวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยและภาคปฏิบัติ ได้แก่

3.6.1 การทดสอบ SAGAT (Situation awareness global assessment technique) เป็นวิธีที่ใช้หยุดสถานการณ์ชั่วคราวแล้วถามคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ เพื่อวัดระดับการรับรู้ของผู้ปฏิบัติ

3.6.2 การประเมินแบบ SART (Situational awareness rating technique)

แบบสอบถามเชิงประเมินตนเองที่ผู้เข้าร่วมประเมินระดับการรับรู้ของตนในแต่ละด้านของ Situational awareness

3.6.3 การวิเคราะห์พฤติกรรม (Behavioral measures) เช่น การตรวจสอบการตอบสนอง การตัดสินใจ และการดำเนินการภายใต้สถานการณ์จริง

3.6.4 การใช้เทคโนโลยีจับตามองตา (Eye tracking) เพื่อตรวจสอบจุดที่ผู้ปฏิบัติจ้องมองและลักษณะการสแกนสถานการณ์

3.6.5 การใช้แบบทดสอบจำลองสถานการณ์ (Simulations and scenario-based tests) สร้างสถานการณ์จำลองเพื่อทดสอบความสามารถในการรับรู้และตัดสินใจในบริบทที่ซับซ้อน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ทัศนไธ คำชาย และต่อศักดิ์ แก้วจรัสโล (2567, น. 52-60) ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวควบคู่กับทักษะการเลี้ยงลูกบอลในนักกีฬาฟุตบอลชายอายุ 13-15 ปี จำนวน 30 คน ของโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ สมุทรสาคร โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไวและความเร็วในการเลี้ยงลูกบอลระหว่างก่อนและหลังการฝึก และเปรียบเทียบผลระหว่างสองโปรแกรม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมการฝึกดังกล่าว แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว และแบบทดสอบทักษะการเลี้ยงลูกบอล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์ ทั้งสองโปรแกรมทำให้ความคล่องแคล่วว่องไวและความเร็วในการเลี้ยงลูกบอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ฝึกด้วยโปรแกรมความคล่องแคล่วว่องไวควบคู่กับทักษะการเลี้ยงลูกบอลมีผลสูงกว่ากลุ่มที่ฝึกตามโปรแกรมปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ชัยวัฒน์ ศุจินราธร (2566, น. 102-111) ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชาย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างและแบบสองขาต่อสมรรถภาพกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดชายอายุ 18–35 ปี จำนวน 24 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการฝึกทดสอบพลังกล้ามเนื้อ ดัชนีความแข็งแรงแบบปฏิกิริยาตอบสนอง การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วระยะ 5 และ 10 เมตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Paired samples t-test และ Independent samples t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองรูปแบบการฝึกสามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อ การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วได้อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มฝึกแบบขาที่ละข้างมีพัฒนาการด้านพลังและความสูงในการกระโดดขาข้างเดียวดีกว่ากลุ่มฝึกสองขา สรุปได้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริกทั้งสองแบบช่วยพัฒนาสมรรถภาพทั่วไป แต่แบบขาที่ละข้างเหมาะสำหรับการเคลื่อนไหวที่ใช้ขาข้างเดียว ขณะที่แบบสองขาเหมาะสำหรับการเคลื่อนไหวที่พร้อมกันทั้งสองข้าง

Seesensui et al. (2023, pp. 36–42) มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อควบคุมกับการฝึกโยคะต่อความเร็ว ความคล่องแคล่ว และความยืดหยุ่นในนักกีฬาฟุตบอลชายอายุ 10–12 ปี จำนวน 30 คน การวิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มใช้ Wilcoxon signed rank test และการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มใช้ Mann-whitney test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถทางสมรรถภาพทางกายด้านความเร็ว ความคล่องแคล่ว และความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังการฝึก 8 สัปดาห์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม กลุ่มทดลองมีความสามารถทางกายด้านดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Rodnarai (2023, pp. 77–92) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกกระโดดโหม่งต่อความแม่นยำในการโหม่งของนักฟุตบอล ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกกระโดดโหม่ง และเปรียบเทียบผลการโหม่งระหว่างโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกกับการฝึกกระโดดโหม่งและการฝึกฟุตบอลปกติ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ถูกคัดเลือกโดยวิธีเจาะจง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกกระโดดโหม่ง และกลุ่มควบคุมที่ฝึกตามโปรแกรมฟุตบอลปกติ ผลการฝึกของกลุ่มทดลองที่ใช้โปรแกรมพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกกระโดดโหม่ง พบว่า หลังการฝึกครบ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการโหม่งบอลสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการฝึก ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ผลการฝึกของกลุ่มควบคุมที่ฝึกกระโดดโหม่งฟุตบอล พบว่า หลังการฝึกครบ 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการโหม่งบอลสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสัปดาห์ที่ 2 ยังไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่สัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า หลังการฝึกครบ 4, 6 และ 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีความแม่นยำในการโหม่งบอลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อรอุมา เชษฐา และกฤษา พรหมเทพ (2567, น. 855-870) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบผสมผสานที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อก่อนและหลังการฝึกของกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกแบบสถานีด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบผสมผสานและกลุ่มควบคุม และเปรียบเทียบผลของการฝึกดังกล่าวระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 15 คน และกลุ่มควบคุม 15 คน การวิจัยเป็นกึ่งทดลองโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือประกอบด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสถานีจำนวน 8 โปรแกรม (ดัชนีความสอดคล้องรวม = 0.88) และแบบทดสอบความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่า t และ ANOVA แบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ระบบประสาทและกล้ามเนื้อหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ($p < 0.05$) ขณะที่กลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่ากลุ่มทดลองมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทั้งหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ($p < 0.05$)

วรวัจน์ เพิ่มขึ้น และพงษ์เอก สุโกไส (2565, น. 65-68) ได้ศึกษาผลการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิง ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิงที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล ก่อนและหลังการฝึก และเพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิงที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล หลังการฝึกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยประชากรได้แก่ นักกีฬาฟุตบอลโรงเรียนมัธยมศึกษาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 10 คน โดย

ทำการฝึกโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิงที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และมีการเก็บข้อมูลโดยการทดสอบแบบทดสอบอิลลินอยส์ ก่อนและหลังการฝึก หลังสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยนำผลมาวิเคราะห์ตามระเบียบวิธีทางสถิติ โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์แบบก่อน-หลัง (Dependent t – test) และ การวิเคราะห์แบบสองกลุ่มเปรียบเทียบกัน (Independent t – test) ผลการวิจัยพบว่า ผลการเปรียบเทียบข้อมูลการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิงที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล ก่อนและหลังการฝึก มีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ การเปรียบเทียบกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ผลการเปรียบเทียบกลุ่มทดลองมีการพัฒนาว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่า การฝึกผสมพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิงที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลสามารถช่วยให้นักกีฬาฟุตบอลมีความคล่องแคล่วว่องไวพัฒนาดีขึ้น

การทบทวนงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมฝึกประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อ และการรับรู้ในนักกีฬาฟุตบอลชาย ทั้งในระดับเยาวชนและระดับมหาวิทยาลัย มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและทักษะการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การตอบสนองต่อสิ่งเร้า ความแม่นยำในการเคลื่อนไหว ความคล่องตัว และความมั่นคงในการทรงตัว โปรแกรมฝึกที่เน้นความหลากหลายของสิ่งเร้า การฝึกความเร็ว การรับรู้เชิงพื้นที่ และการควบคุมการเคลื่อนไหวอย่างละเอียด ช่วยส่งเสริมความสามารถในการตัดสินใจและการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในสถานการณ์แข่งขัน ส่งผลให้นักกีฬามีสมรรถภาพที่พร้อมสำหรับการเล่นฟุตบอลอย่างมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ดีขึ้น

วิทยาเขตอุดรธานี

งานวิจัยต่างประเทศ

Trajković and Bogataj (2020, pp. 1-12) ได้ศึกษาผลของการฝึกระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถทักษะกลไกการเคลื่อนไหวและสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงเยาวชน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการฝึก NMT เป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อความสามารถทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor competence) และสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงเยาวชน อายุ 10–12 ปี ผู้เข้าร่วมจำนวน 66 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน: 11.05 $\pm$ 0.72 ปี) ถูกสุ่มแบ่งเป็นกลุ่มฝึก NMT (NTG; n = 32) และกลุ่มควบคุม (CON; n = 34) การประเมินสมรรถภาพทางกายประกอบด้วย การวิ่งระยะ 10 เมตร, การทดสอบ T-test แบบปรับปรุง, การทดสอบแฟลงก์, การกระโดดแนวตั้ง และการขว้างลูกบอลอย่าง ในขณะที่ความสามารถทักษะกลไก

การเคลื่อนไหวถูกประเมินด้วยการทดสอบ Körperkoordinationstest für kinder (KTK) โปรแกรม NMT ถูกดำเนินการสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยใช้เวลา 30 นาทีแรกของการฝึกวอลเลย์บอลตามปกติ ส่วนกลุ่ม CON เข้าร่วมการฝึกวอลเลย์บอลตามปกติเท่านั้น สรุปได้ว่า การฝึก NMT มีผลในการพัฒนาความสามารถทักษะกลไกการเคลื่อนไหวและสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา วอลเลย์บอลหญิงเยาวชนอย่างมีนัยสำคัญ

Wan et al. (2025, pp. 1-13) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบ Integrative Neuromuscular Training (INT) กับการฝึกสมรรถภาพทางกายแบบดั้งเดิม (Traditional physical training - PT) ในนักกีฬาเยาวชน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการฝึกแบบ INT กับ PT ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเยาวชน โดยใช้วิธีการสืบค้นอย่างเป็นระบบ (Systematic review) จากฐานข้อมูลวิชาการชั้นนำ และทำการวิเคราะห์แบบอภิมาน (Meta-analysis) จากข้อมูลที่รวบรวมได้ พร้อมทั้งประเมินคุณภาพของงานวิจัยแต่ละชิ้นด้วยเครื่องมือมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์จากงานวิจัยที่คัดเลือกมาทั้งหมด 17 ชิ้น แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักกีฬาที่ได้รับการฝึกแบบ INT มีพัฒนาการของสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในด้านการทรงตัวแบบเคลื่อนไหวและอยู่กับที่ ความสามารถในการกระโดด ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น และความแข็งแรงสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านความคล่องแคล่วและความยืดหยุ่นระหว่างทั้งสองกลุ่ม สรุปได้ว่า การฝึกแบบ Integrative neuromuscular training (INT) มีศักยภาพในการเป็นวิธีฝึกที่มีประสิทธิภาพเพื่อยกระดับสมรรถภาพทางกายโดยรวมของนักกีฬาเยาวชน ทั้งนี้ ยังคงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดรูปแบบและปริมาณการฝึกที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาในแต่ละช่วงวัยต่อไป

Mikulič et al. (2025, pp. 1-13) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างของความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกและความเร็วในการวิ่งของนักฟุตบอลในอะคาเดมี่ โดยเน้นเป็นพิเศษในช่วงเปลี่ยนผ่านระหว่างกลุ่มอายุและนักกีฬาที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่ทีมชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาสมรรถภาพทางกายกับช่วงอายุของนักฟุตบอลเยาวชนในระดับอะคาเดมี่ชั้นนำ รวมถึงการเปรียบเทียบสมรรถภาพระหว่างนักกีฬาที่ได้รับการคัดเลือกติดทีมชาติกับนักกีฬาที่ไม่ได้รับการคัดเลือก โดยได้ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพทางกายจากนักฟุตบอลอะคาเดมี่จำนวน 83 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มตามช่วงอายุ ได้แก่ ความแข็งแรงแบบไอโซเมตริก (Isometric strength) ด้วยการทดสอบงอเข่า กางขา และหุบขา และสมรรถภาพด้านความเร็ว ด้วยการวิ่งระยะสั้น 10 เมตร และ 30 เมตร รวมถึงการทดสอบความคล่องแคล่วด้วย 505 Change of direction test สรุปว่า การพัฒนาความเร็ว มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเปลี่ยนผ่านจากกลุ่มอายุ U15 ไปสู่ U16 ในนัก

ฟุตบอลเยาวชน อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกสูงสุดแบบสัมพัทธ์ ไม่ใช่ตัวบ่งชี้หลักสำหรับการคัดเลือกนักกีฬาอะคาเดมีเข้าสู่ทีมชาติ

Williams et al. (2021, pp. 1975–1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการฝึก Neuromuscular training (NMT) ที่ใช้น้ำหนักตัวเท่านั้น ต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวในนักกีฬาเยาวชน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมการฝึก NMT โดยใช้น้ำหนักตัวเพียงอย่างเดียวต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวในกลุ่มนักกีฬาที่มีสุขภาพดีและมีอายุระหว่าง 8-18 ปี สรุปว่า ยิ่งนักกีฬามีอายุและน้ำหนักตัวมากขึ้น ประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึก NMT ที่ใช้น้ำหนักตัวเพียงอย่างเดียวจะลดลง โดยเฉพาะในนักกีฬาเพศหญิง ผลการศึกษานี้จึงเน้นย้ำความสำคัญของการเริ่มต้นโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาการควบคุมการเคลื่อนไหว ตั้งแต่ช่วงก่อนวัยรุ่น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดครับ

Hanssen-Doose et al. (2021, pp. 1-9) วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายของกลุ่มเด็กและเยาวชนที่เป็นโรคหอบหืด กับกลุ่มประชากรอ้างอิงที่มีสุขภาพดี เพื่อระบุความแตกต่างของสมรรถนะทางกายในประชากรกลุ่มนี้ และนำไปสู่ข้อเสนอแนะสำหรับการส่งเสริมสุขภาพต่อไป งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ภาคตัดขวาง (cross-sectional study) โดยใช้ข้อมูลจากโครงการวิจัยขนาดใหญ่ในประเทศเยอรมนีที่มีชื่อว่า MoMo (Motorik-Modul) ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกและแบ่งกลุ่มตัวอย่างเด็กและเยาวชนที่มีอายุระหว่าง 4-17 ปี ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่มีประวัติการเป็นโรคหอบหืด และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีภาวะดังกล่าว โดยทั้งสองกลุ่มเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่ครอบคลุมหลายด้าน ได้แก่ สมรรถภาพด้านหัวใจและหลอดเลือดวัดด้วยการทดสอบวิ่ง shuttle run ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อวัดด้วยการกระโดดไกล การยืนกระโดดสูง และการทดสอบแรงบีบมือ ความคล่องแคล่ววัดด้วยการวิ่งแบบสาลอม ความยืดหยุ่นวัดด้วยการทดสอบก้มตัว ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างทั้งสองกลุ่ม โดยมีการควบคุมตัวแปรที่มีผลกระทบร่วม (confounding variables) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เด็กและเยาวชนที่เป็นโรคหอบหืดมีสมรรถภาพทางกายที่ต่ำกว่า กลุ่มประชากรอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญในทุกการทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สรุปได้ว่า ภาวะโรคหอบหืดส่งผลกระทบในทางลบต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในเด็กและเยาวชนอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการส่งเสริมและออกแบบโปรแกรมกิจกรรมทางกายที่เหมาะสมและปลอดภัยสำหรับเด็กและเยาวชนกลุ่มนี้ เพื่อยกระดับสุขภาพโดยรวมและพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น

Hammami et al. (2025, pp. 1-17) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Training; NMT) กับการฝึกยืดเหยียดร่างกาย (Stretching Training; ST) ที่ดำเนินการในช่วงวอร์มอัปเดตต่อสมรรถภาพทางกายและสุขภาพจิตในนักฟุตบอลชายวัยเจริญเติบโตที่มีการฝึกฝนอย่างสูง การวิจัยนี้เป็นรูปแบบการทดลองแบบ Randomized Controlled Trial โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักฟุตบอลชายวัยเจริญเติบโตที่มีทักษะสูงออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง ทำการฝึกวอร์มอัปเดตโดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบ Neuromuscular Training ซึ่งประกอบด้วย การฝึกกระโดด การทรงตัว และการเคลื่อนที่อย่างคล่องแคล่ว กลุ่มควบคุม ทำการฝึกวอร์มอัปเดตโดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบ Stretching Training ซึ่งเน้นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบทั่วไป ทั้งสองกลุ่มดำเนินการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดเป็นระยะเวลาหลายสัปดาห์ ก่อนและหลังการทดลองจะมีการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลในด้านต่าง ๆ ดังนี้ สมรรถภาพทางกาย วัดความสามารถในการกระโดด สุขภาพจิต ประเมินระดับความวิตกกังวล ความเครียด และสุขภาวะทางจิต ผ่านแบบสอบถามมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าด้านสมรรถภาพทางกาย กลุ่มที่ทำการฝึกแบบ NMT มีพัฒนาการในด้านความสามารถในการกระโดด, ความคล่องแคล่วว่องไว และความเร็วดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ทำการฝึกแบบ ST ซึ่งไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในด้านดังกล่าว ด้านสุขภาพจิต การวิจัยนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองกลุ่มในด้านสุขภาพจิต ทั้งในเรื่องของความวิตกกังวล ความเครียด หรือสุขภาวะทางจิต ด้านการประยุกต์ใช้ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการการฝึกแบบ NMT เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการวอร์มอัปเดตนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกยืดเหยียดเพียงอย่างเดียวในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่จำเป็นสำหรับการเล่นฟุตบอลในนักกีฬาชายวัยเจริญเติบโต นอกจากนี้ การฝึกแบบ NMT ยังอาจมีประโยชน์ในการลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาในบริบทของการฝึกซ้อมกีฬาในระยะยาว

Arumugam et al. (2021, pp. 1-17) ได้ศึกษาผลของการฝึกระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ที่มีการรบกวนการมองเห็นหรือก็คือการรบกวนการรับรู้ผ่านสายตา ต่อกิจกรรมทางระบบประสาท งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการศึกษาแบบนอกร่อง ที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โดยกลุ่มผู้เข้าร่วมจะได้รับการฝึก Neuromuscular Training (NMT) เป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งในการฝึกจะมีการเพิ่มองค์ประกอบของการรบกวนการมองเห็นเข้ามา เช่น การฝึกโดยปิดตา หรือการใช้แสงไฟที่กระพริบเพื่อเบี่ยงเบนความสนใจ ก่อนและหลังโปรแกรมการฝึก ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลหลักสองส่วน กลไกการลงสู่พื้น ใช้กล้องจับการเคลื่อนไหวและแผ่นวัดแรงกระทำต่อพื้น เพื่อวิเคราะห์มุมข้อต่อและความสูงของการกระโดด รวมถึงแรงกระแทกที่เกิดขึ้นในขณะที่ยู่เข้าร่วมทำการกระโดด

และลงสู่พื้น กิจกรรมทางระบบประสาท ใช้เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหวและการประมวลผลข้อมูลการมองเห็น ผลการศึกษาพบว่า กลไกการลงสู่พื้นดีขึ้นการฝึก NMT ที่มีการรบกวนการมองเห็น ช่วยให้กลไกการลงสู่พื้นของผู้เข้าร่วมดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในเรื่องของการลดแรงกระแทกที่ข้อต่อหัวเข่าและข้อเท้า ซึ่งบ่งชี้ถึงการควบคุมการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมทางระบบประสาท ผลจากเครื่อง EEG ชี้ให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมองที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลการมองเห็นและการควบคุมการเคลื่อนไหว ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า สมองมีการปรับตัวเพื่อชดเชยการสูญเสียข้อมูลจากการมองเห็น ทำให้ร่างกายสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นแม้ในสถานการณ์ที่ไม่ปกติ ศักยภาพในการป้องกันการบาดเจ็บ ผลการวิจัยนำร่องนี้ชี้ให้เห็นว่าการฝึกแบบนี้มีศักยภาพในการ พัฒนาความสามารถของร่างกายในการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ไม่คาดคิด และอาจเป็นแนวทางใหม่ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาได้ โดยเฉพาะการบาดเจ็บที่หัวเข่าและข้อเท้าที่มักเกิดขึ้นจากการลงสู่พื้น

Wohl et al. (2024, pp. 1333–1347) ได้ศึกษาผลของการฝึกฟุตบอลที่มีการปรับระดับภาระทางปัญญา (Cognitive load modulation) ต่อการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในนักฟุตบอลวัยรุ่นชายอายุ 13–16 ปี จำนวน 40 คน โดยใช้การทดลองแบบสุ่มมีกลุ่มควบคุม แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 20 คน กลุ่มทดลองได้รับการฝึกโปรแกรมที่ออกแบบให้เพิ่มความซับซ้อนทางปัญญาอย่างเป็นระบบผ่านภารกิจผสมผสานทักษะฟุตบอลและการประมวลผลข้อมูลเชิงซ้อน เช่น การตัดสินใจทันทีและการตอบสนองต่อสัญญาณไม่คาดคิด ฝึก 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที กลุ่มควบคุมฝึกตามโปรแกรมมาตรฐานที่เน้นทักษะร่างกายและเทคนิคพื้นฐาน ผลการประเมินโดย Reaction time test, EMG และแบบทดสอบความแม่นยำการเคลื่อนไหว ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีการพัฒนาความสามารถในการปรับตัว ความรวดเร็วในการตอบสนอง และความแม่นยำของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าการปรับระดับภาระทางปัญญาในการฝึกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในนักกีฬาวัยรุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Broodryk et al. (2025, pp. 1-13) ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วปฏิกิริยาที่วัดจากแสง (Light-based reaction speed) กับ ความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิกิริยาในสนาม (Field-based reactive agility) ในนักฟุตบอล โดยตั้งสมมติฐานว่าความเร็วในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าทางสายตาอาจไม่ได้เป็นปัจจัยหลักเพียงอย่างเดียวที่กำหนดความสามารถในการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและแม่นยำในสนาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ (Correlational study)

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักฟุตบอลด้วยการทดสอบสองประเภท การวัดความเร็วปฏิกิริยาที่ตอบสนองต่อแสง: ใช้เครื่องมือที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อวัดเวลาที่นักกีฬาใช้ในการตอบสนองต่อสัญญาณไฟที่ปรากฏขึ้น การวัดความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิกิริยาในสนาม ใช้การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Agility test) ที่มีลักษณะเฉพาะทางกีฬาฟุตบอล ซึ่งนักกีฬาต้องตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวของคู่ต่อสู้หรือสิ่งเร้าที่ไม่คาดคิดในสนามจริง ข้อมูลที่ได้จากทั้งสองการทดสอบจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง สรุปผลการวิจัย ไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างผลการทดสอบความเร็วปฏิกิริยาที่วัดจากแสง กับผลการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิกิริยาในสนามของนักฟุตบอล ข้อจำกัดของสิ่งเร้า งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความเร็วปฏิกิริยาที่วัดจากสัญญาณไฟ เป็นเพียงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เรียบง่ายและเป็นเชิงเส้น (linear) ในขณะที่ความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิกิริยาในสนามนั้น เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนกว่ามาก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลหลากหลายรูปแบบพร้อมกัน เช่น การมองเห็น การได้ยิน การคาดการณ์ และการตัดสินใจอย่างรวดเร็วในสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน นัยสำคัญทางปฏิบัติ ผลการวิจัยนี้มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมสำหรับนักฟุตบอล โดยใช้ให้เห็นว่าการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวควรเน้นไปที่ แบบฝึกหัดที่จำลองสถานการณ์จริงในสนาม และกระตุ้นให้นักกีฬาต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลและตัดสินใจที่ซับซ้อน มากกว่าการฝึกที่มุ่งเน้นเพียงการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เรียบง่ายเพียงอย่างเดียว

สรุป การทบทวนงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า การฝึกที่บูรณาการกระบวนการรับรู้ รู้คิด และการเคลื่อนไหว มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพระบบประสาทกล้ามเนื้อในนักฟุตบอลเยาวชนอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะโปรแกรมที่เน้น Perceptual-cognitive-motor integration, Dual-task visual-motor coordination และ Cognitive load modulation ซึ่งช่วยเสริมความแม่นยำในการเคลื่อนไหว การตอบสนอง และความคล่องตัว การฝึกในสภาพแวดล้อมที่จำลองสถานการณ์จริง พร้อมการปรับระดับความซับซ้อนของภารกิจทางปัญญา เป็นกลยุทธ์สำคัญในการส่งเสริมการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ผลลัพธ์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการออกแบบโปรแกรมฝึกที่เหมาะสมกับลักษณะกีฬาและการพัฒนาการของเยาวชน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักกีฬาฟุตบอลชาย อายุไม่เกิน 13 ปี จากอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาฟุตบอลชาย อายุไม่เกิน 13 ปี จากอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี จำนวน 62 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 31 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน

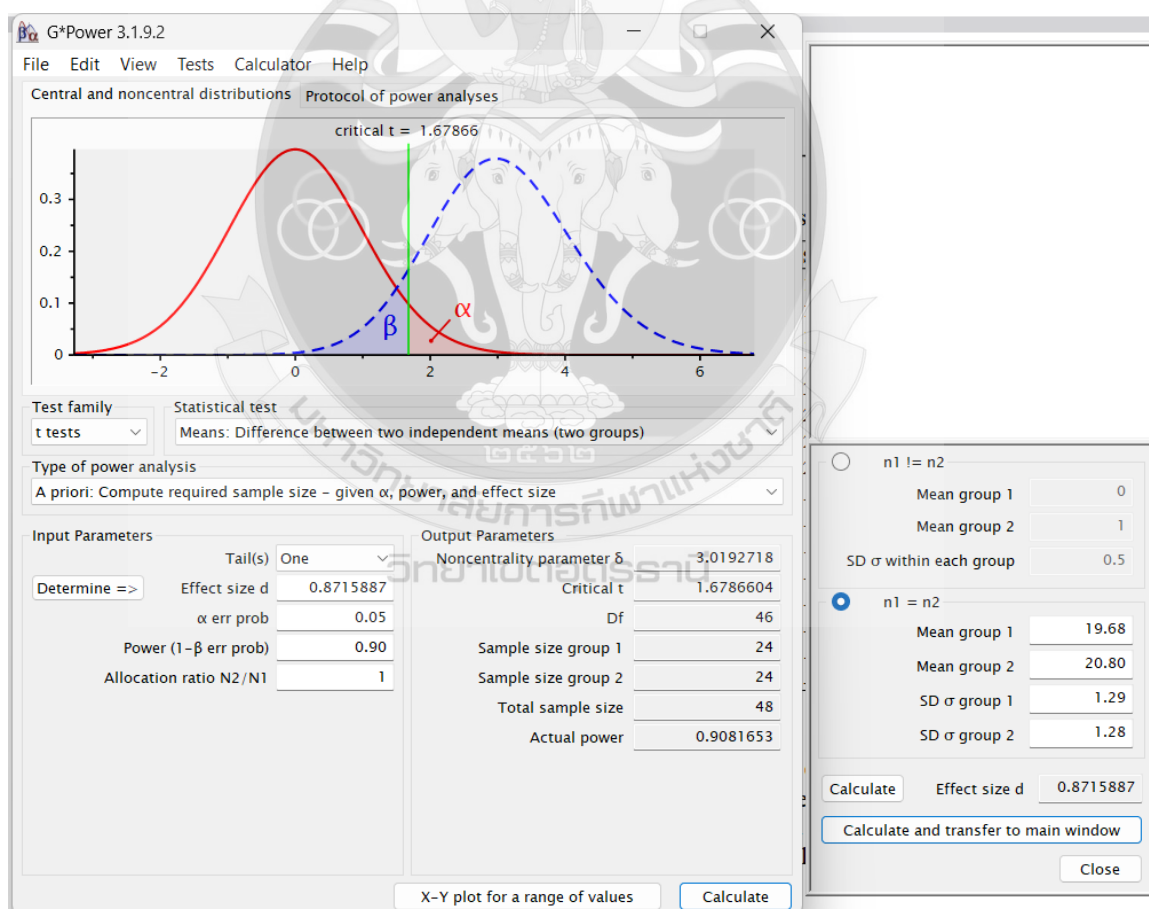
การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างในวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G* Power 3.1.9.7 โดยใช้การแปลผลค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่เป็นมาตรฐานของ Cohen (1988, P. 40) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ขนาดเล็ก (Small effect size)	เท่ากับ	0.00 ถึง 0.059
ขนาดกลาง (Medium effect size)	เท่ากับ	0.06 ถึง 0.139

ขนาดใหญ่ (Large effect size) เท่ากับ ≥ 0.14

ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ใช้ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 และกำลังของการทดสอบ (Power; $1 - \beta$) เท่ากับ 0.90 โดยเลือกใช้ขนาดอิทธิพล (Effect size) ระดับใหญ่ ซึ่งจากการคำนวณพบว่ามีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.87 โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 20.80 (SD = 1.28) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองเท่ากับ 19.68 (SD = 1.29) (Turna, 2020, pp. 127-135) ทั้งนี้ ได้ทำการคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.7 ผลการคำนวณปรากฏว่าจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 48 คน ดังนั้น เพื่อป้องกันการถอนตัว (Drop – out) ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างการทดลอง ผู้วิจัยจึงได้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 30 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง รวมเป็น จำนวน 62 คน (ดังภาพ 3.1)



ภาพ 3.1 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้นำจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณมาดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยมีขั้นตอนการสุ่ม (Creswell, 2014, pp. 109-114) ดังนี้

1. ทดสอบความสามารถในการทรงตัวของแต่ละบุคคล
2. จัดเรียงลำดับจากมากไปน้อย
3. จัดสรรเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแบบสลับลำดับ โดยผู้ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 จะอยู่ในกลุ่มทดลอง ลำดับที่ 2 อยู่ในกลุ่มควบคุม และสลับเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนได้จำนวนตัวอย่างครบตามที่กำหนด

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย อายุไม่เกิน 13 ปี ในอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี และ ยังไม่มีประสบการณ์การฝึกซ้อมอย่างเป็นระบบหรือการแข่งขันอย่างต่อเนื่อง
2. มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ ไม่มีอาการบาดเจ็บหรือโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบกล้ามเนื้อ กระดูก หรือระบบประสาท ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา
3. สามารถเข้าร่วมการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า ร้อยละ 80 ของระยะเวลาการฝึกทั้งหมด ที่ได้รับความยินยอมจากผู้ปกครอง และลงนามในแบบฟอร์มยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
4. ไม่เคยเข้าร่วมโปรแกรมฝึกประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อหรือการรับรู้ลักษณะเดียวกันในช่วง 6 เดือนก่อนเริ่มการศึกษา ๒๕๖๒

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่สามารถเข้าร่วมโปรแกรมฝึกหรือการทดสอบได้ตามกำหนดเวลาที่วางไว้
2. มีภาวะ บาดเจ็บทางระบบกล้ามเนื้อ กระดูก หรือระบบประสาท ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว หรือการทรงตัว หรืออยู่ระหว่างการรับการรักษาทางกายภาพบำบัดหรือการฟื้นฟูจากการบาดเจ็บ
3. ไม่ได้รับความยินยอมจากผู้ปกครอง และปฏิเสธการให้ข้อมูลหรือไม่สามารถเข้าใจคำชี้แจงในการเข้าร่วมวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง คือ การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยรวบรวมกระบวนการฝึกที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการทรงตัวและความมั่นคงของร่างกาย เสริมสร้างประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนรับรู้และการตอบสนอง (Perceptual and reactive abilities) เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง แม่นยำ และสอดคล้องกับสิ่งเร้า รวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการรับรู้และความจำ (Cognitive function) ของผู้ฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภาคผนวก ก) ประกอบด้วย

- 1.1.1 แบบฝึกยืนทรงตัวขาเดียว (One-leg Balance + Tap)
- 1.1.2 แบบฝึกเปลี่ยนทิศทางโดยใช้กรวย (Cone Direction Drill)
- 1.1.3 แบบฝึกจำตัวเลขแล้ววิ่งสปринต์ (Number Memory + Sprint)
- 1.1.4 แบบฝึกเลียนแบบการเคลื่อนที่ (Frontal Mirror Drill)
- 1.1.5 แบบฝึกกระโดดย่อเข่าแล้ววิ่งไปกลับ (Squat Jump + Shuttle Run)

1.2 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลของเยาวชน ประกอบด้วย

- 1.2.1 แบบทดสอบความสามารถในการทรงตัว โดยใช้แบบทดสอบ Y-balance test (Bubić and Kozinc, 2023, pp. 5–12)
- 1.2.2 แบบทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว โดยใช้แบบทดสอบ Reactive y-shaped agility test (Horníková et al., 2021, pp. 1-9)
- 1.2.3 แบบทดสอบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง โดยใช้แบบทดสอบ 505 Test (Dos’Santos et al., 2022, pp. 54–65)
- 1.2.4 แบบทดสอบเวลาในการตอบสนอง โดยใช้เครื่อง The FitLight device (FitLight Sports Corp, Aurora, Ontario Canada) (Hassan et al., 2022, pp. 1-17)
- 1.2.5 แบบทดสอบพลังระเบิด โดยใช้แบบทดสอบยืนกระโดดไกล (Standing long jump) (Marin-Jimenez et al., 2024, pp. 1379–1392)
- 1.2.6 แบบทดสอบความเร็ว โดยใช้แบบทดสอบวิ่งเร็ว 30 เมตร (30 Meter sprint test) (Beato et al., 2022, 518–524)

2. ขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง มีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังนี้

2.1.1 ศึกษาวิเคราะห์แนวทางการฝึกที่เกี่ยวข้องกับการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อจากแหล่งข้อมูลทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 ดำเนินการออกแบบและประยุกต์โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ จากนั้นนำเสนอโปรแกรมดังกล่าวต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อรับการตรวจพิจารณาและปรับปรุงให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1.3 นำโปรแกรมการฝึกที่ผ่านการปรับปรุงแล้วเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านทำการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องของรายการกับวัตถุประสงค์ (Index of item-objective congruence: IOC) เท่ากับ 0.87

2.1.4 ปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มุ่งเน้นการเสริมสร้างการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตามข้อเสนอแนะและคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ

2.1.5 นำโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อซึ่งมีระยะเวลาดำเนินการ 1 สัปดาห์ ไปทดลองใช้กับนักกีฬาฟุตบอลระดับสมัครเล่นที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างหลัก เพื่อประเมินความเหมาะสมและประสิทธิภาพของโปรแกรม จากนั้นดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาให้สมบูรณ์ ก่อนนำไปใช้ในการศึกษาหรือฝึกจริงต่อไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบความเชื่อมั่นภายในผู้ทดสอบ (Intratester reliability) ของแบบทดสอบความสามารถด้านทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ทั้งนี้ได้ดำเนินการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบทดสอบในเชิงความสอดคล้องหรือความเทียบเท่าระหว่างการวัด (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) โดยการทดสอบซ้ำทั้งหมด 2 ครั้ง โดยเว้นระยะห่างระหว่างทดสอบแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากทั้งสองครั้งมาวิเคราะห์หาค่า ICC เพื่อประเมินระดับความน่าเชื่อถือของแบบทดสอบ ได้ค่า ICC เท่ากับ 0.88

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการสร้างควมคุ้นเคย การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อทั้งหมดทุกท่าระยะเวลา 2 สัปดาห์

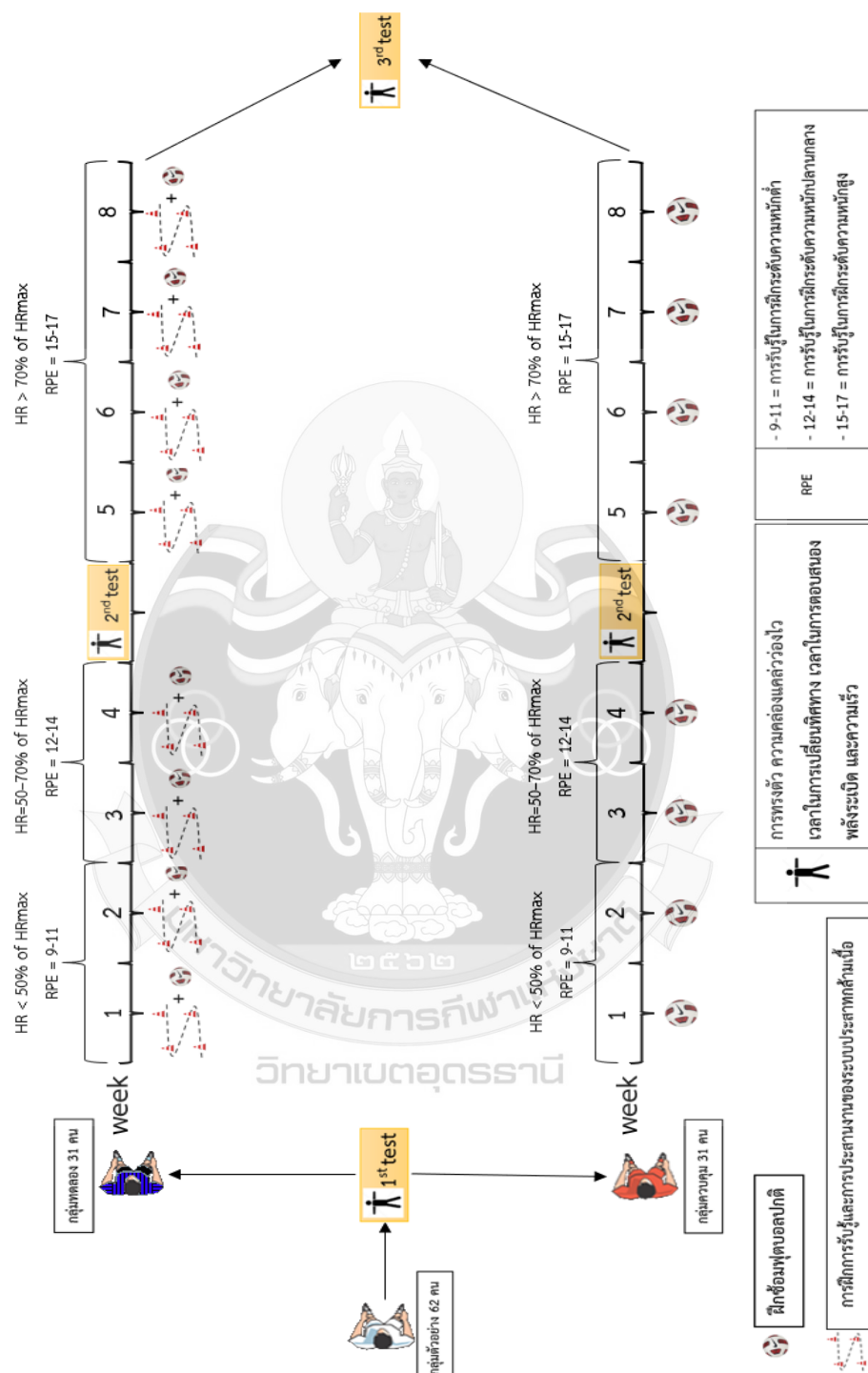
2. ผู้วิจัยดำเนินการประสานงานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดวัน เวลา และสถานที่สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึกที่มุ่งเน้นความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลของเยาวชน ประกอบด้วย

2.1 เก็บข้อมูลคุณลักษณะพื้นฐานของประชากร ได้แก่ อายุ (ปี) ส่วนสูง (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^2)

2.2 ทำการทดสอบแบบทดสอบการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ก่อนการฝึกทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Pre-test)

3. ทำการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ในสัปดาห์ที่ 1-8 วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ วันละ 1 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง/สัปดาห์) จนครบทั้งหมด 8 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ขั้นตอนการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ เป็นเวลา 40 นาที โดยประกอบด้วย แบบฝึกที่ 1 ยืนทรงตัวขาเดียว (One-leg Balance + Tap) 8 นาที แบบฝึกที่ 2 เปลี่ยนทิศทางโดยใช้กรวย (Cone Direction Drill) 8 นาที แบบฝึกที่ 3 แบบฝึกจำตัวเลขแล้ววิ่งสปринต์ (Number Memory + Sprint) 8 นาที แบบฝึกที่ 4 แบบฝึกเลียนแบบการเคลื่อนที่ (Frontal Mirror Drill) 8 นาที และแบบฝึกที่ 5 แบบฝึกกระโดดย่อเข่าแล้ววิ่งไปกลับ (Squat Jump + Shuttle Run) 8 นาที ก่อนทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างจะถูกร้องขอให้ฝึกเต็มความสามารถ และประเมินค่าคะแนนการรับรู้ในการฝึก (RPE) หลังการฝึกในแต่ละแบบฝึก ประเมินค่าคะแนนเป็นตัวเลขตั้งแต่ 6-20 (Borg Rating of Perceived Exertion scale) โดยที่ ระดับ 6 (ไม่มีการออกแรงเลย) ส่วน ระดับ 20 (รับรู้การออกแรงได้ในระดับสูงสุด) โดยกำหนดค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (RPE) ในระดับ 12-18 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPE 12-14, สัปดาห์ที่ 3-4 RPE 15-16, สัปดาห์ที่ 5-8 RPE 17-18) โดยระดับ 12 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับปานกลาง และระดับ 18 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับหนักมาก และสุดท้ายจะบันทึกการหอบเหนื่อย (Rate of perceive dyspnea; RPD) อยู่ในระดับ 4-9 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPD 4-5, สัปดาห์ที่ 3-4 RPD 6-7, สัปดาห์ที่ 5-8 RPD 8-9) โดยระดับ 4 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับปานกลาง และระดับ 9 หมายถึง การหอบเหนื่อยมากๆ และขั้นตอนการคลายอุ่น (Cool-down) 10 นาที

4. ทำการทดสอบแบบทดสอบการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Post-test) (ภาพ 3.2)



ภาพ 3.2 รูปแบบการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย Mean ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ (ปี) ส่วนสูง (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) และดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อเมตรกำลังสอง: กก./ม²)

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ประกอบด้วย

2.1 สถิติทดสอบ ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Analysis of Variance with repeated measures) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ในช่วงก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผลการวิเคราะห์พบว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์แตกต่างกัน จะทำการวิเคราะห์ multiple comparison เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Bonferroni

2.2 สถิติทดสอบ Independent t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ในช่วงก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. ขั้นตอนก่อนการนำสถิติ Independent sample t-test มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติดังกล่าวถ้าไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นจะเปลี่ยนมาใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ Mann whitney u-test มีขั้นตอนในการทดสอบเบื้องต้น ดังนี้

3.1 กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม

3.2 ทดสอบการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ ด้วยสถิติ Shapiro-wilk test

3.3 ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval scale) ขึ้นไป

3.4 กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน

3.5 ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร แต่ความแปรปรวนของประชากร แต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากัน

4. กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตบอลชาย อายุไม่เกิน 13 ปี จากอคาเดมีสโมสรหนองบัว พิชญ เอฟซี จำนวน 62 คน และข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างประกอบไปด้วย อายุ (ปี) ส่วนสูง (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^2) (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มทดลอง (n=31) และกลุ่มควบคุม (n=31)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n=31)		กลุ่มควบคุม (n=31)	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
อายุ (ปี)	13.00	-	13.00	-
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	52.52	±10.22	51.26	±12.04
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	163.94	±9.27	164.00	±7.80
ดัชนีมวลกาย (กก./ม. ²)	19.40	±2.75	18.82	±2.98

จากตารางที่ 4.1 พบว่า กลุ่มทดลอง จำนวน 31 คน มีอายุเฉลี่ย 13 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 52.52 กิโลกรัม (±10.22) ส่วนสูงเฉลี่ย 163.94 เซนติเมตร (±9.27) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.40 (±2.75) และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน มีอายุเฉลี่ย 13 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 51.26 กิโลกรัม (±12.04) ส่วนสูงเฉลี่ย 164.00 เซนติเมตร (±7.80) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 18.82 (±2.98)

ตารางที่ 4.2 อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายของกลุ่มทดลอง(n=31) และกลุ่มควบคุม(n=31)

อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกาย	กลุ่มทดลอง (n=31)		กลุ่มควบคุม (n=31)	
	($\bar{X}$, SD)	ระดับความหนัก	($\bar{X}$, SD)	ระดับความหนัก
สัปดาห์ที่ 1-2	13.16 (±0.86)	ปานกลาง	13.01 (±0.85)	ปานกลาง
	Min-max (12-14)		Min-max (12-14)	
สัปดาห์ที่ 3-4	15.48 (±0.50)	หนัก	15.02 (±0.70)	หนัก
	Min-max (15-16)		Min-max (15-16)	
สัปดาห์ที่ 5-8	17.48 (±0.51)	หนักมาก	17.30 (±0.91)	หนักมาก
	Min-max (17-18)		Min-max (17-18)	

จากตารางที่ 4.2 พบว่า อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายของกลุ่มทดลอง สัปดาห์ที่ 1-2 มีระดับความหนัก ปานกลาง (RPE=13.16±0.86) สัปดาห์ที่ 3-4 มีระดับความหนัก หนัก (RPE=15.48±0.50) สัปดาห์ที่ 5-8 มีระดับความหนัก หนักมาก (RPE=17.48±0.51) ในขณะที่ กลุ่มควบคุมมีอัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายใน สัปดาห์ที่ 1-2 มีระดับความหนัก ปานกลาง (RPE=13.01±0.85) สัปดาห์ที่ 3-4 มีระดับความหนัก หนัก (RPE=15.02±0.70) สัปดาห์ที่ 5-8 มีระดับความหนัก หนักมาก (RPE=17.30±0.91)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติดังกล่าว (ตาราง 4.3) ถ้าไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้นจะเปลี่ยนมาใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ Friedman test และผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-wilk test

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-wilk test ของกลุ่มทดลอง (n=31) และกลุ่มควบคุม (n=31)

ตัวแปร		กลุ่มทดลอง (n=31)			กลุ่มควบคุม (n=31)		
		df	statistic	Sig.	df	statistic	Sig.
การทรงตัว-ขาขวา	ก่อนการทดลอง	30	0.43	0.33	30	0.62	0.27
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	1.33	0.91	30	3.22	0.65
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	2.43	0.99	30	0.69	0.43
การทรงตัว-ขาซ้าย	ก่อนการทดลอง	30	0.50	0.22	30	0.69	0.25
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	2.15	0.14	30	4.20	0.10
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	3.45	0.17	30	3.66	0.13
ความคล่องแคล่วว่องไว	ก่อนการทดลอง	30	0.73	0.77	30	1.60	0.95
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	0.54	0.29	30	2.76	0.99
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	6.70	0.33	30	1.77	0.96
เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง	ก่อนการทดลอง	30	0.22	0.41	30	3.26	0.65
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	1.26	0.10	30	1.03	0.15
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	6.80	0.21	30	6.80	0.65
เวลาในการตอบสนอง	ก่อนการทดลอง	30	2.41	0.24	30	1.44	0.92
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	2.79	0.26	30	1.43	0.92
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	6.43	0.23	30	6.15	0.48
พลังระเบิด	ก่อนการทดลอง	30	1.03	0.15	30	2.78	0.99
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	0.27	0.39	30	2.09	0.98
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	4.54	0.25	30	1.26	0.90
ความเร็ว	ก่อนการทดลอง	30	0.57	0.71	30	2.70	0.35
	หลังสัปดาห์ที่ 4	30	2.34	0.97	30	2.99	0.38
	หลังสัปดาห์ที่ 8	30	0.79	0.21	30	6.80	0.24

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ การทรงตัว-ขาขวา การทรงตัว-ขาซ้าย ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ทั้งก่อนการทดลอง หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติ (Normal distribution) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติพารามิเตอร์ (Parametric statistics) มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8



ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวใน นักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31) และกลุ่มควบคุม (n=31)

ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว	กลุ่มทดลอง (n=31) $\bar{X}$ (SD)	กลุ่มควบคุม (n=31) $\bar{X}$ (SD)
การทรงตัว-ขา-ข้างขวา (เซนติเมตร)		
ก่อนการฝึก	87.04 (±0.15)	86.34 (±0.14)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	101.75 (±0.58)	98.74 (±0.20)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	103.46 (±0.99)	99.68 (±0.05)
การทรงตัว-ขาข้างซ้าย (เซนติเมตร)		
ก่อนการฝึก	89.81 (±0.46)	90.94 (±0.61)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	103.25 (±0.85)	100.71 (±0.67)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	108.59 (±0.33)	102.43 (±0.41)
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)		
ก่อนการฝึก	2.61 (±0.27)	2.61 (±0.25)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	2.49 (±0.20)	2.60 (±0.28)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	2.40 (±0.21)	2.53 (±0.31)
เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง (วินาที)		
ก่อนการฝึก	3.74 (±0.39)	2.16 (±0.21)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.28 (±0.38)	3.69 (±0.35)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	2.17 (±0.18)	3.69 (±0.41)
เวลาในการตอบสนอง (วินาที)		
ก่อนการฝึก	0.50 (±0.06)	0.48 (±0.04)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	0.45 (±0.05)	0.45 (±0.04)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	0.43 (±0.04)	0.60 (±0.53)
พลังระเบิด (เซนติเมตร)		
ก่อนการฝึก	184.68 (±0.39)	187.03 (±0.74)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	193.45 (±0.83)	188.65 (±0.59)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	195.61 (±0.98)	188.71 (±0.38)
ความเร็ว (วินาที)		
ก่อนการฝึก	3.69 (±0.23)	3.72 (±0.25)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.65 (±0.43)	3.83 (±0.58)
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.55 (±0.41)	3.83 (±0.43)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทรงตัวของกลุ่มทดลองทั้งขาขวาและขาซ้าย ก่อนการฝึกมีค่าเท่ากับ 87.04 (± 0.15) เซนติเมตร และ 89.81 (± 0.46) เซนติเมตร ตามลำดับ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 101.75 (± 0.58) เซนติเมตร และ 103.25 (± 0.85) เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 103.46 (± 0.99) เซนติเมตร และ 108.59 (± 0.33) ตามลำดับ กลุ่มควบคุมทั้งขาขวาและขาซ้าย ก่อนการฝึกมีค่าเท่ากับ 86.34 (± 0.14) เซนติเมตร และ 90.94 (± 0.61) เซนติเมตร ตามลำดับ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 98.74 (± 0.20) เซนติเมตร และ 100.71 (± 0.67) เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 99.68 (± 0.05) เซนติเมตร และ 102.43 (± 0.41) ตามลำดับ ความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.61 (± 0.27) วินาที 2.49 (± 0.20) วินาที และ 2.40 (± 0.21) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุมก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.61 (± 0.25) วินาที 2.60 (± 0.28) วินาที และ 2.53 (± 0.31) วินาที ตามลำดับ เวลาในการเปลี่ยนทิศทางของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.74 (± 0.39) วินาที 3.28 (± 0.38) วินาที และ 2.17 (± 0.18) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.16 (± 0.21) วินาที 3.69 (± 0.35) วินาที และ 3.69 (± 0.41) วินาที ตามลำดับ เวลาในการตอบสนองของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 0.50 (± 0.06) วินาที 0.45 (± 0.05) วินาที และ 0.43 (± 0.04) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 0.48 (± 0.04) วินาที 0.45 (± 0.04) วินาที และ 0.60 (± 0.53) วินาที ตามลำดับ พลังระเบิดของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 184.68 (± 0.39) เซนติเมตร 193.45 (± 0.83) เซนติเมตร และ 195.61 (± 0.98) เซนติเมตร ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 187.03 (± 0.74) เซนติเมตร 188.65 (± 0.59) เซนติเมตร และ 188.71 (± 0.38) เซนติเมตร ตามลำดับ และความเร็วของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.69 (± 0.23) วินาที 3.65 (± 0.43) วินาที และ 3.55 (± 0.41) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.72 (± 0.25) วินาที 3.83 (± 0.58) วินาที และ 3.83 (± 0.43) วินาที ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง

3.1 การทรงตัว-ขาข้างขวา

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	12907.09	2	403.35	7.26	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	3334.69	60	55.58		
รวม	16241.78				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	87.04 (± 0.15)	-	14.70*	14.41*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	101.75 (± 0.58)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	103.46 (± 0.99)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างขวา ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 การทรงตัว-ขาข้างซ้าย

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	16133.17	2	504.16	3.93	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	7694.99	60	128.25		
รวม	23828.16				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	95.54 (± 0.85)	-	13.44*	18.78*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	105.46 (± 0.26)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	106.75 (± 0.27)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ความคล่องแคล่วว่องไว

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	4.04	2	0.13	6.52	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	1.16	60	0.02		
รวม	5.20				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni ความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึกหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	2.61 (± 0.27)	-	-	0.19*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	2.49 (± 0.20)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	2.40 (± 0.21)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.4 เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	46.09	2	1.44	19.83	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	4.36	60	0.07		
รวม	50.45				

$p \leq .05$

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	3.74 (± 0.39)	-	1.57*	1.12*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.28 (± 0.38)	-	-	0.45*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	2.17 (± 0.18)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.5 เวลาในการตอบสนอง

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	0.22	2	0.01	6.78	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	0.06	60	0.00		
รวม	0.28				

$p \leq .05$

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni เวลาในการตอบสนอง ก่อนการ ฝึกหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	0.50 (± 0.06)	-	0.05*	0.07*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	0.45 (± 0.05)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	0.43 (± 0.04)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า เวลาในการตอบสนอง ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.6 พลังระเบิด

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	27775.35	2	867.98	5.29	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	9837.89	60	163.96		
รวม	37613.24				

$p \leq .05$

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	184.68 (± 0.39)	-	-	1.06*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	193.45 (± 0.83)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	195.61 (± 0.98)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า พลังระเบิด ระหว่างก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.7 ความเร็ว

ตารางที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	8.86	2	0.28	4.21	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	3.94	60	0.07		
รวม	12.80				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.18 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni ความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	3.69 (± 0.23)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.65 (± 0.43)	-	-	0.20*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.55 (± 0.41)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.18 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความเร็ว ระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม

4.1 การทรงตัว-ขาข้างขวา

ตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	11153.56	2	348.55	6.88	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	3040.49	60	50.67		
รวม	14194.05				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.20 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	86.34 (± 0.14)	-	12.39*	13.33*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	98.74 (± 0.20)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	99.68 (± 0.05)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.20 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างขวา ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 การทรงตัว-ขาข้างซ้าย

ตารางที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	10141.33	2	316.92	8.32	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	2285.66	60	38.09		
รวม	12426.99				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.21 พบว่า ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	90.94 (± 0.61)	-	9.76*	11.49*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	100.71 (± 0.67)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	102.43 (± 0.41)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 ความคล่องแคล่วว่องไว

ตารางที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	10141.33	2	316.92	8.32	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	2285.66	60	38.09		
รวม	12426.99				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.23 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni ความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	2.61 (± 0.25)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	2.60 (± 0.28)	-	-	0.03*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	2.53 (± 0.31)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.4 เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง

ตารางที่ 4.25 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	45312.02	2	1416.00	1.01	0.48
ความคลาดเคลื่อน	84256.95	60	1404.28		
รวม	129568.97				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.25 พบว่า ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

4.5 เวลาในการตอบสนอง

ตารางที่ 4.26 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	3.41	2	0.11	0.99	0.50
ความคลาดเคลื่อน	6.43	60	0.11		
รวม	9.84				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.26 พบว่า ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

4.6 พลังระเบิด

ตารางที่ 4.27 ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลัง การฝึก สัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	22046.45	2	688.95	5.75	<0.001
ความคลาดเคลื่อน	7186.00	60	119.77		
รวม	29232.45				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.27 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

ตารางที่ 4.28 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการ ฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

ช่วงเวลา	$\bar{x}$	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4	หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 8
ก่อนการฝึก	187.03 (± 0.74)	-	1.61*	1.67*
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4	188.65 (± 0.59)	-	-	-
หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8	188.71 (± 0.38)	-	-	-

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.28 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า พลังระเบิด ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.7 ความเร็ว

ตารางที่ 4.29 ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลัง การฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม (n=31)

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในกลุ่ม	164831.53	2	5150.99	1.01	0.47
ความคลาดเคลื่อน	305084.17	60	5084.74		
รวม	469915.70				

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.29 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni



5. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวก่อนการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวก่อนการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลอง (n=31) และกลุ่มควบคุม (n=31)

ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว	ก่อน			
	$\bar{X}$ (SD)	t	df	p-value
การทรงตัว-ขาข้างขวา				
กลุ่มทดลอง	87.04 (± 0.15)	0.20	60	0.84
กลุ่มควบคุม	86.34 (± 0.14)			
การทรงตัว-ขาข้างซ้าย				
กลุ่มทดลอง	89.81 (± 0.46)	-0.43	60	0.67
กลุ่มควบคุม	90.94 (± 0.61)			
ความคล่องแคล่วว่องไว				
กลุ่มทดลอง	2.61 (± 0.27)	0.00	60	0.99
กลุ่มควบคุม	2.61 (± 0.25)			
เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง				
กลุ่มทดลอง	3.74 (± 0.39)	0.18	60	0.86
กลุ่มควบคุม	2.16 (± 0.21)			
เวลาในการตอบสนอง				
กลุ่มทดลอง	0.50 (± 0.06)	1.58	60	0.12
กลุ่มควบคุม	0.48 (± 0.04)			
พลังระเบิด				
กลุ่มทดลอง	184.68 (± 0.39)	-0.53	60	0.60
กลุ่มควบคุม	187.03 (± 0.74)			
ความเร็ว				
กลุ่มทดลอง	3.69 (± 0.23)	-0.57	60	0.57
กลุ่มควบคุม	3.72 (± 0.25)			

p $\leq$.05

จากตารางที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวก่อนการฝึกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.84$, $p=0.67$, $p=0.99$, $p=0.86$, $p=0.12$, $p=0.60$ และ $p=0.57$ ตามลำดับ)



5.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.31 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว

หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลอง (n=31) และกลุ่มควบคุม (n=31)

ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว	หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4			
	$\bar{X}$ (SD)	t	df	p-value
การทรงตัว-ขาข้างขวา				
กลุ่มทดลอง	101.75 (± 0.58)	1.20	60	0.24
กลุ่มควบคุม	98.74 (± 0.20)			
การทรงตัว-ขาข้างซ้าย				
กลุ่มทดลอง	103.25 (± 0.85)	0.92	60	0.36
กลุ่มควบคุม	100.71 (± 0.67)			
ความคล่องแคล่วว่องไว				
กลุ่มทดลอง	2.49 (± 0.20)	-0.05	60	0.96
กลุ่มควบคุม	2.60 (± 0.28)			
เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง				
กลุ่มทดลอง	3.28 (± 0.38)	0.50	60	0.62
กลุ่มควบคุม	3.69 (± 0.35)			
เวลาในการตอบสนอง				
กลุ่มทดลอง	0.45 (± 0.05)	-0.36	60	0.72
กลุ่มควบคุม	0.45 (± 0.04)			
พลังระเบิด				
กลุ่มทดลอง	193.45 (± 0.83)	1.03	60	0.31
กลุ่มควบคุม	188.65 (± 0.59)			
ความเร็ว				
กลุ่มทดลอง	3.75 (± 0.43)	-0.61	60	0.55
กลุ่มควบคุม	3.83 (± 0.58)			

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.31 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.24$, $p=0.36$, $p=0.96$, $p=0.62$, $p=0.72$, $p=0.31$ และ $p=0.55$ ตามลำดับ)

5.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.32 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว

หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลอง ($n=31$) และกลุ่มควบคุม ($n=31$)

ความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว	หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8			
	$\bar{X}$ (SD)	t	df	p-value
การทรงตัว-ขาข้างขวา				
กลุ่มทดลอง	103.46 (± 0.99)	1.65	60	0.10
กลุ่มควบคุม	99.68 (± 0.05)			
การทรงตัว-ขาข้างซ้าย				
กลุ่มทดลอง	108.59 (± 0.33)	1.56	60	0.12
กลุ่มควบคุม	102.43 (± 0.41)			
ความคล่องแคล่วว่องไว				
กลุ่มทดลอง	2.40 (± 0.21)	-1.94	60	0.05*
กลุ่มควบคุม	2.53 (± 0.31)			
เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง				
กลุ่มทดลอง	2.17 (± 0.18)	-3.99	60	<0.001*
กลุ่มควบคุม	3.67 (± 0.41)			
เวลาในการตอบสนอง				
กลุ่มทดลอง	0.43 (± 0.04)	-1.78	60	0.08
กลุ่มควบคุม	0.59 (± 0.09)			
พลังระเบิด				
กลุ่มทดลอง	195.61 (± 0.98)	1.73	60	0.08
กลุ่มควบคุม	188.71 (± 0.38)			
ความเร็ว				
กลุ่มทดลอง	3.55 (± 0.41)	-2.62	60	0.01*
กลุ่มควบคุม	3.82 (± 0.43)			

$p \leq .05$

จากตารางที่ 4.32 ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง และความเร็ว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.05$, $p<0.001$ และ $p=0.01$ ตามลำดับ) ในทางตรงกันข้าม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.10$, $p=0.12$, $p=0.08$ และ $p=0.08$ ตามลำดับ)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

กลุ่มทดลอง จำนวน 31 คน มีอายุเฉลี่ย 13 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 52.52 กิโลกรัม (± 10.22) ส่วนสูงเฉลี่ย 163.94 เซนติเมตร (± 9.27) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 19.40 (± 2.75) และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน มีอายุเฉลี่ย 13 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 51.26 กิโลกรัม (± 12.04) ส่วนสูงเฉลี่ย 164.00 เซนติเมตร (± 7.80) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 18.82 (± 2.98)

อัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายของกลุ่มทดลอง สัปดาห์ที่ 1-2 มีระดับความหนัก ปานกลาง ($RPE=13.16\pm 0.86$) สัปดาห์ที่ 3-4 มีระดับความหนัก หนัก ($RPE=15.48\pm 0.50$) สัปดาห์ที่ 5-8 มีระดับความหนัก หนักมาก ($RPE=17.48\pm 0.51$) ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีอัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกายใน สัปดาห์ที่ 1-2 มีระดับความหนัก ปานกลาง ($RPE=13.01\pm 0.85$) สัปดาห์ที่ 3-4 มีระดับความหนัก หนัก ($RPE=15.02\pm 0.70$) สัปดาห์ที่ 5-8 มีระดับความหนัก หนักมาก ($RPE=17.30\pm 0.91$)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ผลการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-wilk test

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ได้แก่ การทรงตัว-ขาขวา การทรงตัว-ขาซ้าย ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ทั้งก่อนการทดลอง หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีลักษณะการแจกแจงเป็นปกติ

(Normal distribution) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้สถิติพารามิเตอร์ (Parametric statistics)

2. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทรงตัวของกลุ่มทดลองทั้งชายและหญิง ก่อนการฝึกมีค่าเท่ากับ 87.04 (± 0.15) เซนติเมตร และ 89.81 (± 0.46) เซนติเมตร ตามลำดับ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 101.75 (± 0.58) เซนติเมตร และ 103.25 (± 0.85) เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 103.46 (± 0.99) เซนติเมตร และ 108.59 (± 0.33) ตามลำดับ กลุ่มควบคุมทั้งชายและหญิง ก่อนการฝึกมีค่าเท่ากับ 86.34 (± 0.14) เซนติเมตร และ 90.94 (± 0.61) เซนติเมตร ตามลำดับ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 98.74 (± 0.20) เซนติเมตร และ 100.71 (± 0.67) เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 99.68 (± 0.05) เซนติเมตร และ 102.43 (± 0.41) ตามลำดับ ความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.61 (± 0.27) วินาที 2.49 (± 0.20) วินาที และ 2.40 (± 0.21) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุมก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.61 (± 0.25) วินาที 2.60 (± 0.28) วินาที และ 2.53 (± 0.31) วินาที ตามลำดับ เวลาในการเปลี่ยนทิศทางของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.74 (± 0.39) วินาที 3.28 (± 0.38) วินาที และ 2.17 (± 0.18) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 2.16 (± 0.21) วินาที 3.69 (± 0.35) วินาที และ 3.69 (± 0.41) วินาที ตามลำดับ เวลาในการตอบสนองของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 0.50 (± 0.06) วินาที 0.45 (± 0.05) วินาที และ 0.43 (± 0.04) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 0.48 (± 0.04) วินาที 0.45 (± 0.04) วินาที และ 0.60 (± 0.53) วินาที ตามลำดับ พลังระเบิดของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 184.68 (± 0.39) เซนติเมตร 193.45 (± 0.83) เซนติเมตร และ 195.61 (± 0.98) เซนติเมตร ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 187.03 (± 0.74) เซนติเมตร 188.65 (± 0.59) เซนติเมตร และ 188.71 (± 0.38) เซนติเมตร ตามลำดับ และความเร็วของกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.69 (± 0.23) วินาที 3.65 (± 0.43) วินาที และ 3.55 (± 0.41) วินาที ตามลำดับ กลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก

หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 3.72 (± 0.25) วินาที 3.83 (± 0.58) วินาที และ 3.83 (± 0.43) วินาที ตามลำดับ

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง

3.1 การทรงตัว-ขาข้างขวา

ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างขวา ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 การทรงตัว-ขาข้างซ้าย

ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ความคล่องแคล่วว่องไว

ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.4 เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง

ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.5 เวลาในการตอบสนอง

ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า เวลาในการตอบสนอง ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.6 พลังระเบิด

ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า พลังระเบิด ระหว่างก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.7 ความเร็ว

ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความเร็ว ระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลอง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม

4.1 การทรงตัว-ขาข้างขวา

ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างขวา ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างขวา ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 การทรงตัว-ขาข้างซ้าย

ผลการเปรียบเทียบการทรงตัว-ขาข้างซ้าย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า การทรงตัว-ขาข้างซ้าย ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3 ความคล่องแคล่วว่องไว

ผลการเปรียบเทียบความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.4 เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง

ผลการเปรียบเทียบเวลาในการเปลี่ยนทิศทาง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

4.5 เวลาในการตอบสนอง

ผลการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนอง ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

4.6 พลังระเบิด

ผลการเปรียบเทียบพลังระเบิด ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยวิธี Bonferroni พบว่า พลังระเบิด ระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.7 ความเร็ว

ผลการเปรียบเทียบความเร็ว ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยวิธี Bonferroni

5. ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5.1 ผลการเปรียบเทียบก่อนการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวก่อนการฝึก ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.84$, $p=0.67$, $p=0.99$, $p=0.86$, $p=0.12$, $p=0.60$ และ $p=0.57$ ตามลำดับ)

5.2 ผลการเปรียบเทียบหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.24$, $p=0.36$, $p=0.96$, $p=0.62$, $p=0.72$, $p=0.31$ และ $p=0.55$ ตามลำดับ)

5.3 ผลการเปรียบเทียบหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง และความเร็ว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.05$, $p<0.001$ และ $p=0.01$ ตามลำดับ) ในทางตรงกันข้าม พบว่า การทรงตัว (ขาข้างขวาและขาซ้าย) เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p=0.10$, $p=0.12$, $p=0.08$ และ $p=0.08$ ตามลำดับ)

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากผลการศึกษาสามารถอภิปรายผลการวิจัย โดยแยกเป็นรายด้าน ดังนี้

การทรงตัว

ผลการศึกษาการทรงตัวทั้งขาข้างขวาและขาข้างซ้าย พบว่าหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถส่งเสริมความสามารถในการควบคุมการทรงตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจอธิบายได้จากการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Adaptation) ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลาง ระบบรับรู้ความรู้สึกจากข้อต่อและกล้ามเนื้อ (Proprioception) รวมถึงการตอบสนองของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมท่าทาง ส่งผลให้ร่างกายสามารถรักษาสถิตยั้งหรือเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในนักกีฬาฟุตบอลที่ต้องอาศัยการควบคุมการทรงตัวขณะเปลี่ยนทิศทาง การหยุด การหมุนตัว และการลงน้ำหนักบนขาข้างเดียวอยู่เป็นประจำ (Alonso-Aubin et al., 2021, pp. 2263–2271) นอกจากนี้ โปรแกรมการฝึกที่มีองค์ประกอบของการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง การตอบสนองต่อสิ่งเร้า และการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว กล้ามเนื้อรอบข้อเท้า และข้อเข่า ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของร่างกาย ส่งผลให้ผู้ฝึกสามารถควบคุมจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Arumugam et al. (2021, pp. 1–17) ที่กล่าวว่า การฝึกประสานงานระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ตำแหน่งของร่างกายอย่างต่อเนื่อง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทรงตัวและการควบคุมการเคลื่อนไหวในนักกีฬาเยาวชนได้อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภายในกลุ่มทดลองจะมีพัฒนาการด้านการทรงตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการฝึกที่อาจยังไม่ยาวนานเพียงพอ ความใกล้เคียงกันของพื้นฐานสมรรถภาพทางกายของทั้งสองกลุ่ม หรือกลุ่มควบคุมอาจได้รับการฝึกตามปกติที่มีผลต่อการพัฒนาการทรงตัว

เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนอยู่ในช่วงวัยที่ระบบประสาทและกล้ามเนื้อมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วตามธรรมชาติ จึงอาจทำให้ทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาความสามารถด้านการทรงตัวไปในทิศทางเดียวกัน (Brini et al., 2023, pp. 1-16) อีกประเด็นหนึ่งคือ การทรงตัวเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับหลายระบบร่วมกัน ได้แก่ ระบบการมองเห็น ระบบประสาทการทรงตัว ในหูชั้นใน และระบบรับรู้ความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพด้านนี้อาจต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกต่อเนื่องมากกว่า 8 สัปดาห์ จึงจะสามารถแสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีระดับสมรรถภาพค่อนข้างดีอยู่แล้ว (Comeras-Chueca et al., 2021, pp. 1-23)

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ โดยพบว่า การทรงตัวทั้งขาข้างขวาและขาข้างซ้ายดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก ซึ่งสะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การทำงานของระบบรับรู้ความรู้สึกจากข้อต่อและกล้ามเนื้อ รวมถึงการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการฝึกที่ยังไม่เพียงพอ พื้นฐานสมรรถภาพทางกายที่ใกล้เคียงกัน และพัฒนาการตามธรรมชาติของนักกีฬาวัยเยาวชน ดังนั้น โปรแกรมการฝึกดังกล่าวจึงมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการทรงตัวได้ดีในระดับบุคคล แต่ควรมีการฝึกอย่างต่อเนื่องและระยะเวลานานขึ้นเพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ความคล่องแคล่วว่องไว

ผลการศึกษาความคล่องแคล่วว่องไว พบว่า หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ของกลุ่มทดลองมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถส่งเสริมความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ ทั้งนี้ ความคล่องแคล่วว่องไวเป็นสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะความสามารถในการรับรู้สิ่งเร้า การตัดสินใจ และการสั่งงานของระบบประสาทไปยังกล้ามเนื้อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและแม่นยำ การฝึกที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง การเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทาง จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของหน่วยมอเตอร์ (Motor Unit Recruitment) และการประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อ ส่งผลให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้คล่องตัวมากขึ้น (Nandedkar et al., 2022, pp. 750-756) นอกจากนี้ โปรแกรมการฝึกที่มีองค์ประกอบของการรับรู้และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ยังช่วยพัฒนากระบวนการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดการประมวลผลข้อมูลและตอบสนองต่อ

สถานการณ์ได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของความคล่องแคล่วว่องไวในกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องเปลี่ยนทิศทางอย่างฉับพลันหรือหลบหลีกคู่ต่อสู้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Zheng et al. (2025, pp. 1-20) ที่ระบุว่า การฝึกการเปลี่ยนทิศทางร่วมกับการรับรู้และการตัดสินใจ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้าน ความคล่องแคล่วว่องไวได้อย่างมีประสิทธิภาพใน นักกีฬาเยาวชน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภายในกลุ่มทดลองจะมีพัฒนาการด้านความคล่องแคล่วว่องไว แต่ผลการเปรียบเทียบก่อนการฝึกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพด้านความคล่องแคล่วว่องไวใกล้เคียงกันก่อนเริ่มการทดลอง จึงช่วยลดอคติจากความแตกต่างของสมรรถภาพพื้นฐาน และสะท้อนว่าโปรแกรมการฝึกที่นำมาใช้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการฝึก อีกทั้ง การที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อาจบ่งชี้ว่าการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสมรรถภาพด้านนี้เกี่ยวข้องกับความเร็วในการส่งสัญญาณประสาท การควบคุมแรง และการประสานงานของการเคลื่อนไหวหลายส่วนพร้อมกัน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างชัดเจน (Kreher et al., 2025, pp. 1-7)

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่า หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองมีความคล่องแคล่วว่องไวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก ซึ่งสะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ทั้งด้านการรับรู้สิ่งเร้า การตัดสินใจ และการสั่งงานของกล้ามเนื้อที่รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น โปรแกรมการฝึกที่ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวหลายทิศทาง การเปลี่ยนทิศทาง และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและการประสานงานของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้คล่องตัวมากขึ้น นอกจากนี้ การที่ก่อนการฝึกทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน และผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นน่าจะมาจากโปรแกรมการฝึกโดยตรง ทั้งนี้ การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวจำเป็นต้องอาศัยการฝึกอย่างต่อเนื่องและใช้ระยะเวลาเพียงพอ เพื่อให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างชัดเจนมากขึ้น

เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง

ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการเปลี่ยนทิศทางของกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก รวมถึงหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ยังแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนา

ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการลดระยะเวลาในการเคลื่อนไหวขณะเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพในกีฬาฟุตบอล ในเชิงสรีรวิทยา การพัฒนาดังกล่าวอาจเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Adaptation) ที่ทำให้การสั่งงานของระบบประสาทไปยังกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อได้รวดเร็วและสัมพันธ์กันมากขึ้น โดยเฉพาะกล้ามเนื้อของขา สะโพก และแกนกลางลำตัว ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทาง นอกจากนี้ การฝึกที่มีการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง การหยุดและออกตัวอย่างรวดเร็ว รวมถึงการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรับรู้ความรู้สึกจากกล้ามเนื้อและข้อต่อ (Proprioceptive System) ทำให้นักกีฬาสามารถควบคุมตำแหน่งร่างกายและถ่ายน้ำหนักได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ส่งผลให้เวลาในการเปลี่ยนทิศทางลดลง (Scotto et al., 2024, pp. 1-40) นอกจากนี้ โปรแกรมการฝึกที่ใช้ในการศึกษายังมีลักษณะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในกีฬาฟุตบอล เช่น การเคลื่อนไหวแบบเร่ง-หยุด-เปลี่ยนทิศทาง การตอบสนองต่อสัญญาณ และการเคลื่อนไหวหลายระนาบ จึงช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทส่วนกลางและระบบกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ Bassa et al. (2024, pp. 248–257) ที่ระบุว่า การฝึก การเปลี่ยนทิศทางร่วมกับการฝึกการรับรู้และการตัดสินใจ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวและลดเวลาในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษายังพบว่า ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน และการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกอาจยังไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อย่างไรก็ตาม หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองมีเวลาในการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการฝึกอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาเพียงพอสามารถกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะในด้านการควบคุมแรง ความเร็วในการตอบสนอง และประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว (Zemková et al., 2022, pp. 76–83) อีกทั้ง การพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางจำเป็นต้องอาศัยทั้งองค์ประกอบด้านความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ การทรงตัว และการประสานงานของระบบประสาทร่วมกัน ดังนั้น โปรแกรมที่ผสมผสานการฝึกการรับรู้ การตอบสนอง และการเคลื่อนไหวเฉพาะกีฬา จึงมีส่วนสำคัญในการช่วยพัฒนาความสามารถดังกล่าวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่าเวลาในการเปลี่ยนทิศทางดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 รวมถึงมีพัฒนาการต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 4 ไปสู่สัปดาห์ที่ 8 ซึ่งสะท้อนถึงการปรับตัวของ

ระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการเคลื่อนไหว การตอบสนอง และการถ่ายน้ำหนักของร่างกาย โปรแกรมการฝึกที่มีลักษณะเฉพาะกีฬา เช่น การเร่ง-หยุด-เปลี่ยน ทิศทาง และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า มีส่วนช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้นักกีฬาสามารถเปลี่ยนทิศทางได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น แม้ในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 จะไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองมีพัฒนาการดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการฝึกอย่างต่อเนื่องและเพียงพอสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างชัดเจน

เวลาในการตอบสนอง

ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการตอบสนองของกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาความสามารถในการตอบสนองของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ โดยเฉพาะความสามารถในการรับรู้สิ่งเร้า การประมวลผลข้อมูล และการตอบสนองต่อสถานการณ์ได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเล่นกีฬาฟุตบอลที่ต้องอาศัยการตัดสินใจและการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้น ในเชิงสรีรวิทยา การพัฒนาของเวลาในการตอบสนองอาจเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย โดยการฝึกที่มีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น สัญญาณเสียง สัญญาณภาพ หรือการเคลื่อนไหวเฉพาะสถานการณ์กีฬา สามารถช่วยเพิ่มความเร็วในการส่งสัญญาณประสาท และเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งงานระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ร่างกายสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ การฝึกอย่างต่อเนื่องยังช่วยพัฒนากระบวนการประสานสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาท การรับรู้ และการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดรูปแบบการตอบสนองอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Zouhal et al., 2020, pp. 987–1007) อีกทั้ง โปรแกรมการฝึกที่มีองค์ประกอบของการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง การเปลี่ยนจังหวะการเคลื่อนไหว และการตอบสนองต่อสถานการณ์จำลองในกีฬาฟุตบอล ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบรับรู้สัมผัสและการตัดสินใจภายใต้เวลาจำกัด ส่งผลให้นักกีฬามีความสามารถในการตอบสนองต่อสถานการณ์การแข่งขันได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Logerstedt et al. (2022, pp. 201–235) ที่พบว่า การฝึกแบบ Neuromuscular และ Perceptual-Cognitive Training สามารถช่วยพัฒนา Reaction Time และประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวในนักกีฬาเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภายในกลุ่มทดลองจะมีพัฒนาการด้านเวลาในการตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจ

อธิบายได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน และกลุ่มควบคุมอาจได้รับการฝึกพื้นฐานทางกีฬาตามปกติที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการตอบสนองเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ เวลาในการตอบสนองเป็นสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางประสาทที่ซับซ้อนและต้องอาศัยการฝึกอย่างเฉพาะเจาะจงและต่อเนื่องในระยะเวลาอันยาวนาน จึงอาจทำให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มยังไม่ชัดเจนภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ (Matsutake et al., 2024, pp. 1-15) นอกจากนี้ นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนอยู่ในช่วงวัยที่ระบบประสาทมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วตามธรรมชาติ จึงอาจส่งผลให้ทั้งสองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพัฒนาการด้านการตอบสนองไปในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่เด่นชัด แม้ว่าภายในกลุ่มทดลองจะมีแนวโน้มพัฒนาที่ดีขึ้นก็ตาม ดังนั้น การฝึกที่ผสมผสานการรับรู้ การตัดสินใจ และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเฉพาะกีฬาอย่างต่อเนื่อง อาจช่วยให้เกิดการพัฒนาเวลาในการตอบสนองได้ชัดเจนมากขึ้นในระยะยาว

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาเวลาในการตอบสนองของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ โดยกลุ่มทดลองมีเวลาในการตอบสนองดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 สะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาท การรับรู้ และการสั่งงานของกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากพื้นฐานสมรรถภาพที่ใกล้เคียงกัน พัฒนาการตามวัย และระยะเวลาในการฝึกที่ยังไม่เพียงพอ ดังนั้น การฝึกอย่างต่อเนื่องและเฉพาะเจาะจงอาจช่วยให้พัฒนาเวลาในการตอบสนองได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในระยะยาว

พลักระเบิด

ผลการศึกษาพบว่า พลักระเบิดของกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถส่งเสริมการพัฒนาพลักระเบิดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อได้รับการฝึกในระยะเวลาที่เพียงพอ ทั้งนี้ พลักระเบิดเป็นความสามารถในการสร้างแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การสรรหาใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและประสิทธิภาพในการส่งแรงของกล้ามเนื้อ ในเชิงสรีรวิทยา การพัฒนาพลักระเบิดอาจเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสั่งงานของหน่วยมอเตอร์และเพิ่มความสามารถในการกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถสร้างแรงได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ โปรแกรมการฝึกที่มีองค์ประกอบของการกระโดด การเร่งความเร็ว การหยุดและออกตัว รวมถึงการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง ยังช่วยกระตุ้นวงจรการยึดและหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาพลักระเบิดในนักกีฬา (Lee et al., 2021, pp. 5-12) อีกทั้ง โปรแกรมการฝึกที่ใช้มีลักษณะใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล เช่น การเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และ

การตอบสนองต่อสิ่งเร้า จึงช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาท กล้ามเนื้อ และการควบคุมการเคลื่อนไหว ส่งผลให้ความสามารถในการสร้างแรงระเบิดของร่างกายดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อฝึกอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภายในกลุ่มทดลองจะมีพัฒนาการด้านพลังระเบิด แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน รวมถึงกลุ่มควบคุมอาจได้รับการฝึกฟุตบอลตามปกติที่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ การพัฒนาพลังระเบิดจำเป็นต้องอาศัยการฝึกที่มีความเข้มข้นสูงและต่อเนื่องในระยะเวลาอันพอสมควร จึงอาจทำให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มยังไม่เด่นชัดภายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ (Oliver et al., 2024, pp. 623–643) นอกจากนี้ นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนยังอยู่ในช่วงวัยที่มีการพัฒนาด้านระบบประสาทและกล้ามเนื้อตามธรรมชาติ ส่งผลให้ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอาจมีแนวโน้มพัฒนาพลังระเบิดไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น การฝึกที่ผสมผสานการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อร่วมกับการฝึกแรงระเบิดเฉพาะก็หาอย่างต่อเนื่อง อาจช่วยให้เกิดการพัฒนาพลังระเบิดได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในระยะยาว

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาพลังระเบิดของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ โดยพบว่าพลังระเบิดของกลุ่มทดลองดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 สะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างแรงอย่างรวดเร็ว โปรแกรมการฝึกที่มีการกระโดด การเร่ง-หยุด การเปลี่ยนทิศทาง และการเคลื่อนไหวเฉพาะกีฬา มีส่วนช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน การพัฒนาตามธรรมชาติของนักกีฬาเยาวชน และระยะเวลาในการฝึกที่อาจยังไม่เพียงพอ ดังนั้น การฝึกอย่างต่อเนื่องและมีความเข้มข้นเหมาะสมอาจช่วยให้พัฒนาพลังระเบิดได้ชัดเจนมากขึ้นในระยะยาว

ความเร็ว

ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วของกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อได้รับการฝึกอย่างสม่ำเสมอในระยะเวลาที่เพียงพอ ทั้งนี้ ความเร็วเป็นสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการสร้างแรงและเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งต้องอาศัยการสั่งงานของระบบประสาทที่มีประสิทธิภาพ การทำงานของใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วและการประสานงานของการเคลื่อนไหว (Bassa et al., 2024,

pp. 248–257) ในเชิงสรีรวิทยา การพัฒนาความเร็วอาจเกิดจากการปรับตัวของระบบประสาทที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสรรหาหน่วยมอเตอร์และเพิ่มอัตราความถี่ในการกระตุ้นเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถสร้างแรงและเคลื่อนไหวได้รวดเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ การฝึกที่มีการเร่งความเร็ว การหยุดและออกตัว การเปลี่ยนทิศทาง และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรการยึดและหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความเร็วในการเคลื่อนไหว (Bianco et al., 2020, pp. 187–201) อีกทั้ง โปรแกรมการฝึกที่มีลักษณะเฉพาะกีฬา เช่น การวิ่งระยะสั้น การเปลี่ยนทิศทาง การตอบสนองต่อสัญญาณ และการเคลื่อนไหวหลายทิศทาง ยังช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันของระบบประสาท กล้ามเนื้อ และการควบคุมการเคลื่อนไหว ส่งผลให้นักกีฬาสามารถเร่งความเร็วและเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Liu et al. (2025, pp. 1-11) ที่ระบุว่า การฝึก Sprint Training ร่วมกับ Neuromuscular Training สามารถพัฒนาความเร็วและสมรรถภาพการเคลื่อนไหวในนักกีฬายาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษายังพบว่า ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน และการเปลี่ยนแปลงในระยะแรกอาจยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อย่างไรก็ตาม หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่ากลุ่มทดลองมีความเร็วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการฝึกอย่างต่อเนื่องสามารถกระตุ้นการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะด้านการสร้างแรง การตอบสนอง และประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนยังอยู่ในช่วงวัยที่ระบบประสาทและกล้ามเนื้อมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การฝึกที่ผสมผสานการรับรู้ การประสานงาน และการเคลื่อนไหวเฉพาะกีฬา จึงช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านความเร็วได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อจึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน โดยเฉพาะเมื่อฝึกอย่างต่อเนื่องและมีความเข้มข้นเหมาะสม

สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่าความเร็วของกลุ่มทดลองดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งสะท้อนถึงการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ทั้งด้านการสั่งงานกล้ามเนื้อ การสร้างแรง และการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วมากขึ้น โปรแกรมการฝึกที่ประกอบด้วย การเร่งความเร็ว การเปลี่ยนทิศทาง และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเฉพาะกีฬา มีส่วนช่วยพัฒนาความเร็วและประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น นอกจากนี้ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มทดลองมีความเร็วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการฝึกอย่างต่อเนื่องและเหมาะสมสามารถช่วยพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้อย่างชัดเจน

โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อสามารถส่งผลให้กลุ่มทดลองมีพัฒนาการด้านการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าตัวแปรส่วนใหญ่ ได้แก่ การทรงตัว เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเพียงความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ที่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ประเด็นดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้โปรแกรมการฝึกจะส่งผลให้กลุ่มทดลองมีพัฒนาการภายในกลุ่ม แต่ผลของตัวแปรต้นยังไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากพื้นฐานสมรรถภาพของทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน นักกีฬาฟุตบอลเยาวชนมีการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้กลุ่มควบคุมยังคงได้รับการกระตุ้นด้านสมรรถภาพทางกาย และทักษะการเคลื่อนไหว รวมไปถึงพัฒนาการตามวัยของนักกีฬาเยาวชน ช่วงวัยรุ่นเป็นช่วงที่ระบบประสาท กล้ามเนื้อ และสมรรถภาพทางกายมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามธรรมชาติ จึงอาจทำให้ทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มพัฒนาขึ้นพร้อมกัน ระยะเวลาในการฝึกอาจยังไม่เพียงพอ การฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์อาจเพียงพอต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มทดลอง แต่ยังไม่มากพอที่จะสร้างความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจนในบางตัวแปร

ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อมีแนวโน้มส่งเสริมสมรรถภาพและทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน แต่ผลของโปรแกรมต่อการสร้างความแตกต่างระหว่างกลุ่มยังปรากฏชัดเจนเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวเฉพาะกีฬา ได้แก่ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความเร็ว ขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ ยังไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ซึ่งอาจสะท้อนว่าความถี่ ความเข้มข้น หรือระยะเวลาของโปรแกรมควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้ผลของตัวแปรต้นปรากฏเด่นชัดมากยิ่งขึ้นในการศึกษาครั้งต่อไป โดยเฉพาะในตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิด ซึ่งยังคงได้รับอิทธิพลจากการฝึกตามปกติและพัฒนาการตามวัยของนักกีฬาเยาวชนร่วมด้วย

สรุป

โปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อช่วยพัฒนาสมรรถภาพและทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ โดยกลุ่มทดลองมีพัฒนาการภายหลังการฝึกหลายด้าน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าตัวแปรส่วนใหญ่ ได้แก่ การทรงตัว เวลาในการตอบสนอง และพลังระเบิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเฉพาะความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 เท่านั้น การไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอาจเกิดจากทั้งสองกลุ่มมีพื้นฐานสมรรถภาพใกล้เคียงกัน ได้รับการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งได้รับอิทธิพลจากพัฒนาการตามวัยของนักกีฬาเยาวชน และระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์อาจยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ผลของโปรแกรมปรากฏเด่นชัดในทุกตัวแปร ดังนั้น โปรแกรมดังกล่าวจึงมีแนวโน้มช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ แต่ควรเพิ่มความถี่ ความเข้มข้น หรือระยะเวลาในการฝึก เพื่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มระยะเวลาในการฝึกให้ยาวนานมากกว่า 8 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างชัดเจนมากขึ้น และสามารถเห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้เด่นชัดยิ่งขึ้น
2. ควรพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อสถานการณ์การแข่งขันจริงมากขึ้น เช่น การตอบสนองต่อคู่ต่อสู้ การตัดสินใจภายใต้แรงกดดัน หรือการเคลื่อนไหวร่วมกับลูกฟุตบอล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้กับการเล่นฟุตบอลจริง
3. ควรมีการติดตามผลหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก เพื่อศึกษาความคงทนของสมรรถภาพและประสิทธิภาพของการฝึกในระยะยาว ว่าสามารถคงระดับการพัฒนาไว้ได้มากน้อยเพียงใด

บรรณานุกรม

- การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2550). *ข้อบังคับการกีฬาแห่งประเทศไทย ว่าด้วยการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติ*. การกีฬาแห่งประเทศไทย
- ชัยวัฒน์ ศุจินราธร. (2566). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกแบบขาที่ละข้างที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬาฟุตบอลชายหาดขาย. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทัศนไธ คำขาย และต่อศักดิ์ แก้วจรัสวิไล. (2567). ผลของโปรแกรมการฝึกความคล่องแคล่วว่องไวควบคู่กับทักษะการเลี้ยงลูกบอลของนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์สมุทรสาคร. *สภากาชาดวารสารศึกษาศาสตร์*, 11(1), 52–60. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sikkha/article/view/262302>
- พนมพร พวงมะลัย. (2566). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกร่วมกับการฝึกเปลี่ยนทิศทางแบบมีน้ำหนักและไม่มีน้ำหนักที่มีต่อความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถด้านแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลชาย. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวิจน์ เพิ่มขึ้น และพงษ์เอก สุขใส. (2565). ผลการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกบันไดลิง ที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล. *วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิรัตน์ สนธิจันทร์ และสรลีสันธิจันทร์. (2567). ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาความหนักสูงที่มีต่อสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายในนักกีฬาฟุตบอล. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา*. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เสถียรพูนสุข, ธ., หวังหุ่นกลาง, ว., เรืองศรี, เ., วงษ์มี, อ., เทียนทอง, ช., & แสนภักดี, ณ. (2023). ผลการฝึกพลัยโอเมตริกที่ส่งผลต่อสมรรถภาพทางด้านความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาฟุตบอล วิทยาลัยนครราชสีมา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอินทร์*, 2(3), 85–98. <https://he03.tci-thaijo.org/index.php/scintc/article/view/1168>

- อรอุมา เชษฐา และกริธา พรหมเทพ. (2567). ผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบผสมผสานที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 9(8), 855-870.
- Abd-Alrazaq, A., Abuelezz, I., AlSaad, R., Al-Jafar, E., Ahmed, A., Aziz, S., Nashwan, A., & Sheikh, J. (2023). Serious games for learning among older adults with cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. *Journal of medical internet research*, 25(4), 1-20. <https://doi.org/10.2196/43607>
- Agredo-Zuñiga, R. A., Parra, D. C., Ortega-Ávila, J. G., & Suarez-Ortegon, M. F. (2024). Cardiorespiratory fitness and cardiometabolic risk factors in children and adolescents from southwest colombia: association patterns considering adiposity. *American journal of human biology*, 36(11), 1-11. <https://doi.org/10.1002/ajhb.24163>
- Ahern, L., Nicholson, O., O'Sullivan, D., & McVeigh, J. G. (2021). Effect of functional rehabilitation on performance of the star excursion balance test among recreational athletes with chronic ankle instability: a systematic review. *Archives of rehabilitation research and clinical translation*, 3(3), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.arrct.2021.100133>
- Akkuş, C., & Demirel, A. (2025). The impact of chronic low back pain and motor control impairment on athletic performance in elite soccer players: A cross-sectional study. *BMC musculoskeletal disorders*, 26(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-09023-x>
- Ali, A., Tabassum, D., Baig, S. S., Moyle, B., Redgrave, J., Nichols, S., McGregor, G., Evans, K., Totton, N., Cooper, C., & Majid, A. (2021). Effect of exercise interventions on health-related quality of life after stroke and transient ischemic attack: A systematic review and meta-analysis. *Stroke*, 52(7), 2445–2455. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.032979>

- Almonroeder, T. G., Tighe, S. M., Miller, T. M., & Lanning, C. R. (2020). The influence of fatigue on decision-making in athletes: A systematic review. *Sports biomechanics*, 19(1), 76–89. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1472798>
- Alons, E., Dijkhuis, L., van Tuijl, P., & van Ewijk, L. (2022). Development and diagnostic accuracy of a shortened Dutch naming test for people with aphasia using item response theory. *Archives of clinical neuropsychology*, 37(8), 1735–1748. <https://doi.org/10.1093/arclin/acac057>
- Alonso-Aubin, D. A., Picón-Martínez, M., Rebullido, T. R., Faigenbaum, A. D., Cortell-Tormo, J. M., & Chulvi-Medrano, I. (2021). Integrative neuromuscular training enhances physical fitness in 6- to 14-year-old rugby players. *Journal of strength and conditioning research*, 35(8), 2263–2271. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003995>
- American College of Sports Medicine. (2021). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (11th ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Ammar, A., Simak, M. L., Salem, A., Horst, F., & Schöllhorn, W. I. (2024). Unveiling individuality in the early phase of motor learning: A machine learning approach for analysing weightlifting technique in novices. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 12(3), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1426058>
- An, B. L., Tan, N., Koh, V., Poh, L., & Medalia, A. (2024). Integrative neuro-social cognitive strategy programme for instilling recovery (INSPIRE): A community-based cognitive remediation trial-study protocol. *BMC psychiatry*, 24(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12888-024-06070-x>
- Arce-Álvarez, A., Zaio, Á., Salazar-Ardiles, C., Álvarez, C., Merino-Muñoz, P., Vasquez-Muñoz, M., Izquierdo, M., Castro, M., & Andrade, D. C. (2024). Detraining's effects on cardiorespiratory fitness and maximal and explosive strength in army soldiers: does age matter? *Sports*, 12(7), 1-11. <https://doi.org/10.3390/sports12070183>

- Aslam, S., Habyarimana, J. D., & Bin, S. Y. (2025). Neuromuscular adaptations to resistance training in elite versus recreational athletes. *Frontiers in physiology*, 16(3), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1598149>
- Ataei, G., Abedi, R., Mohammadi, Y., & Fatourae, N. (2020). Analysing the effect of wearable lift-assist vest in squat lifting task using back muscle EMG data and musculoskeletal model. *Physical and engineering sciences in medicine*, 43(2), 651–658. <https://doi.org/10.1007/s13246-020-00872-5>
- Athanasίου, N., Bogdanis, G. C., & Mastorakos, G. (2023). Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. *Reviews in endocrine and metabolic disorders*, 24(2), 251–266. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09758-1>
- Arumugam, A., Björklund, M., Mikko, S., & Häger, C. K. (2021). Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: A systematic review and grade evidence synthesis. *BMJ open*, 11(5), 1-17. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049226>
- Aydin, M., Kose, E., Odabas, I., Meric Bingul, B., Demirci, D., & Aydin, Z. (2021). The effect of exercise on life quality and depression levels of breast cancer patients. *Asian pacific journal of cancer prevention*, 22(3), 725–732. <https://doi.org/10.31557/APJCP.2021.22.3.725>
- Bagheri, R., Robinson, I., Moradi, S., Purcell, J., Schwab, E., Silva, T., Baker, B., & Camera, D. M. (2022). Muscle protein synthesis responses following aerobic-based exercise or high-intensity interval training with or without protein ingestion: a systematic review. *Sports medicine*, 52(11), 2713–2732. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01707-x>
- Barbieri, F. A., & Rodrigues, S. T. (2020). Editorial: The role of eye movements in sports and active living. *Frontiers in sports and active living*, 2(4), 150–155. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.603206>

- Bassa, E., Lola, A. C., Melliou, A., Prassa, M., Stavropoulou, G., & Ziogas, N. (2024). Agility ladder training combined with plyometric or multidirectional speed drills: Short-term adaptations on jump, speed, and change of direction performance in young female volleyball players. *Pediatric exercise science*, 36(4), 248–257. <https://doi.org/10.1123/pes.2024-0024>
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2022). A single session of straight line and change-of-direction sprinting per week does not lead to different fitness improvements in elite young soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 36(2), 518–524. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003369>
- Behm, D. G., Muehlbauer, T., & Granacher, U. (2023). Effects of balance training on balance performance in youth: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 53(2), 207–222. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01771-5>
- Betsch, T., Lindow, S., Lehmann, A., & Stenmans, R. (2021). From perception to inference: Utilization of probabilities as decision weights in children. *Memory & cognition*, 49(4), 826–842. <https://doi.org/10.3758/s13421-020-01127-0>
- Bianco, V., Berchicci, M., Quinzi, F., Perri, R. L., Spinelli, D., & Di Russo, F. (2020). Females are more proactive, males are more reactive: Neural basis of the gender-related speed/accuracy trade-off in visuo-motor tasks. *Brain structure and function*, 225(1), 187–201. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01998-3>
- Bishop, D. J., Granata, C., & Eynon, N. (2023). Muscle adaptation and exercise intensity: The molecular basis. *Sports Medicine*, 53(2), 179–190.
- Bolger, L. E., Bolger, L. A., O'Neill, C., Coughlan, E., O'Brien, W., Lacey, S., Burns, C., & Bardid, F. (2021). Global levels of fundamental motor skills in children: a systematic review. *Journal of sports sciences*, 39(7), 717–753. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1841405>

- Borrego-Sánchez, A., Vinolo-Gil, M. J., de-la-Casa-Almeida, M., Rodríguez-Huguet, M., Casuso-Holgado, M. J., & Martín-Valero, R. (2021). Effects of training on cardiorespiratory fitness in triathletes: a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(24), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413332>
- Boutin, A., & Doyon, J. (2020). A sleep spindle framework for motor memory consolidation. *Philosophical transactions of the royal society b: biological sciences*, 375(1799), 1-7. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0232>
- Brand, C., Fochesatto, C. F., Dias, A. F., Gaya, A. R., de Lucena Martins, C. M., Renner, J. D. P., Reuter, C. P., & Kelishadi, R. (2021). Child's body mass index and mother's obesity: The moderating role of physical fitness. *European journal of pediatrics*, 180(3), 843–850. <https://doi.org/10.1007/s00431-020-03810-5>
- Brant, M., Barrick, C., Munro, L., & Stegemoller, E. (2025). A pilot study on the influence of self-paced auditory cues and preferred music on gait in persons with parkinson's disease. *Brain sciences*, 15(5), 1-8. <https://doi.org/10.3390/brainsci15050528>
- Bregenhof, B., Aagaard, P., Nissen, N., Creaby, M. W., Thorlund, J. B., Jensen, C., Torfing, T., & Holsgaard-Larsen, A. (2023). The effect of progressive resistance exercise on knee muscle strength and function in participants with persistent hamstring deficit following ACL reconstruction: A randomized controlled trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 53(1), 40–48. <https://doi.org/10.2519/jospt.2023.11414>
- Brini, S., Boullosa, D., Calleja-González, J., Ramirez-Campillo, R., Nobari, H., Castagna, C., Clemente, F. M., & Ardigo, L. P. (2023). Neuromuscular and balance adaptations following basketball-specific training programs based on combined drop jump and multidirectional repeated sprint versus multidirectional plyometric training. *Plos one*, 18(3), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283026>

- Broodryk, A., Skala, F., & Broodryk, R. (2025). Light-based reaction speed does not predict field-based reactive agility in soccer players. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 10(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jfmk10030239>
- Brüll, L., Hezel, N., Arampatzis, A., & Schwenk, M. (2023). Comparing the effects of two perturbation-based balance training paradigms in fall-prone older adults: A randomized controlled trial. *Gerontology*, 69(7), 910–922. <https://doi.org/10.1159/000530167>
- Bubić, A., & Kozinc, Ž. (2023). Lower and upper quarter y-balance test in recreationally active healthy adults: test-retest reliability, gender differences and inter-limb asymmetries. *Exercise and quality of life journal*, 15(2), 5-12. <https://doi.org/10.31382/eqol.231201>
- Buckthorpe, M., & Della Villa, F. (2021). Recommendations for plyometric training after acl reconstruction: A clinical commentary. *International journal of sports physical therapy*, 16(3), 879–895. <https://doi.org/10.26603/001c.23549>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., Leitzmann, M., Milton, K., Ortega, F. B., Ranasinghe, C., Stamatakis, E., Tiedemann, A., Troiano, R. P., van der Ploeg, H. P., Wari, V., & Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Bunday, K. L., Ellmers, T. J., Wimalaratna, M. R., Nadarajah, L., & Bronstein, A. M. (2024). Dissociated cerebellar contributions to feedforward gait adaptation. *Experimental brain research*, 242(7), 1583–1593. <https://doi.org/10.1007/s00221-024-06840-9>

- Calcaterra, V., Vandoni, M., Bianchi, A., Pirazzi, A., Tiranini, L., Baldassarre, P., Diotti, M., Cavallo, C., Nappi, R. E., & Zuccotti, G. (2024). Menstrual Dysfunction in Adolescent Female Athletes. *Sports*, 12(9), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/sports12090245>
- Caldemeyer, L. E., Brown, S. M., & Mulcahey, M. K. (2020). Neuromuscular training for the prevention of ankle sprains in female athletes: A systematic review. *The physician and sportsmedicine*, 48(4), 363–369.
<https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1732246>
- Cariati, I., Bonanni, R., Cifelli, P., D'Arcangelo, G., Padua, E., Annino, G., & Tancredi, V. (2025). Virtual reality and sports performance: A systematic review of randomized controlled trials exploring balance. *Frontiers in sports and active living*, 7(5), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1497161>
- Carnavale, B. F., da Silva Santos, V. R., Farche, A. C. S., Rossi, P. G., Fiogbé, E., de Souza Buto, M. S., de Vassimon-Barroso, V., & de Medeiros Takahashi, A. C. (2024). Effects of a multicomponent training and detraining on frailty status, physical activity level, sedentary behavior patterns and physical performance of pre-frail older adults: A randomized controlled trial. *European geriatric medicine*, 15(6), 1701–1712. <https://doi.org/10.1007/s41999-024-01052-4>
- Carrard, J., Rigort, A. C., Appenzeller-Herzog, C., Colledge, F., Königstein, K., Hinrichs, T., & Schmidt-Trucksäss, A. (2022). Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review. *Sports health*, 14(5), 665–673.
<https://doi.org/10.1177/19417381211044739>
- Carrasco-Poyatos, M., López-Osca, R., Martínez-González-Moro, I., & Granero-Gallegos, A. (2024). HRV-guided training vs traditional HIIT training in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial. *Geroscience*, 46(2), 2093–2106.
<https://doi.org/10.1007/s11357-023-00951-x>

- Carvalho, L., Junior, R. M., Barreira, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Barroso, R. (2022). Muscle hypertrophy and strength gains after resistance training with different volume-matched loads: a systematic review and meta-analysis. *Applied/physiology, nutrition, and metabolism*, 47(4), 357–368. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0515>
- Cesanelli, L., Eimantas, N., Iovane, A., Messina, G., & Satkunskiene, D. (2022). The role of age on neuromuscular performance decay induced by a maximal intensity sprint session in a group of competitive endurance athletes. *European journal of translational myology*, 32(1), 1-9. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2022.10378>
- Chance, E. A. (2025). The combined impact of AI and VR on interdisciplinary learning and patient safety in healthcare education: A narrative review. *BMC medical education*, 25(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-07589-7>
- Chaves, T. S., da Silva, D. G., Lixandrão, M. E., & Libardi, C. A. (2025). Within-individual design for assessing true individual responses in resistance training-induced muscle hypertrophy. *Frontiers in sports and active living*, 7(3), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1517190>
- Chen, N., He, X., Feng, Y., Ainsworth, B. E., & Liu, Y. (2021). Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European review of aging and physical activity*, 18(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00277-7>
- Chen, S., Gao, J., Zhou, Y., Zheng, B., Liu, Y., Cao, M., Huang, H., Su, X., & Chen, J. (2024). Implications of neuromuscular electrical stimulation on gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 21(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01462-2>

- Chen, X., Han, H., Jiang, T., & Cai, G. (2025). Effects of Tai Chi on executive function, single-leg dynamic balance, and brain functional connectivity in older adults. *Scientific reports*, 15(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93321-w>
- Cho, J., Im, H. Y., Yoon, Y. J., Joo, S. J., & Chong, S. C. (2023). The effect of masks on the emotion perception of a facial crowd. *Scientific reports*, 13(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41366-0>
- Clemente, F. M., Martinho, D. V., Silva, R., Trybulski, R., Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Beato, M., & Afonso, J. (2025). Physiological, physical and technical demands during sided soccer game formats: A review. *International journal of sports medicine*. 10(9), 1-15.
- Clemente, F. M., Praça, G. M., Aquino, R., Castillo, D., Raya-González, J., Rico-González, M., Afonso, J., Sarmiento, H., Silva, A. F., Silva, R., & Ramirez-Campillo, R. (2023). Effects of pitch size on soccer players' physiological, physical, technical, and tactical responses during small-sided games: A meta-analytical comparison. *Biology of sport*, 40(1), 111–147. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.110748>
- Coffman, B. A., Candelaria-Cook, F. T., & Stephen, J. M. (2020). Unisensory and multisensory responses in fetal alcohol spectrum disorders (FASD): Effects of spatial congruence. *Neuroscience*, 430(8), 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.01.013>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Colenso-Semple, L. M., D'Souza, A. C., Elliott-Sale, K. J., & Phillips, S. M. (2023). Current evidence shows no influence of women's menstrual cycle phase on acute strength performance or adaptations to resistance exercise training. *Frontiers in sports and active living*, 5(2), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1054542>

- Coletti, C., Acosta, G. F., Keslacy, S., & Coletti, D. (2022). Exercise-mediated reinnervation of skeletal muscle in elderly people: An update. *European journal of translational myology*, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2022.10416>
- Comeras-Chueca, C., Marin-Puyalto, J., Matute-Llorente, A., Vicente-Rodriguez, G., Casajus, J. A., & Gonzalez-Aguero, A. (2021). The Effects of Active Video Games on Health-Related Physical Fitness and Motor Competence in Children and Adolescents with Healthy Weight: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(13), 1-23. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136965>
- Concha-Cisternas, Y., Castro-Piñero, J., Vásquez-Muñoz, M., Molina-Márquez, I., Vásquez-Gómez, J., & Guzmán-Muñoz, E. (2024). Effects of neuromuscular training on postural balance and physical performance in older women: Randomized controlled trial. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 9(4), 1-12. <https://doi.org/10.3390/jfmk9040195>
- Contreras-Osorio, F., Ramirez-Campillo, R., Cerda-Vega, E., Campos-Jara, R., Martínez-Salazar, C., Reigal, R. E., Hernández-Mendo, A., Carneiro, L., & Campos-Jara, C. (2022). Effects of physical exercise on executive function in adults with depression: A systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(22), 1-22. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215270>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). United Kingdom: SAGE Publications.

- Crider, K., Williams, J., Qi, Y. P., Gutman, J., Yeung, L., Mai, C., Finkelstein, J., Mehta, S., Pons-Duran, C., Menéndez, C., Moraleda, C., Rogers, L., Daniels, K., & Green, P. (2022). Folic acid supplementation and malaria susceptibility and severity among people taking antifolate antimalarial drugs in endemic areas. *Cochrane database of systematic reviews*, 3(2), 1-21. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD014217>
- Criss, C. R., Melton, M. S., Ulloa, S. A., Simon, J. E., Clark, B. C., France, C. R., & Grooms, D. R. (2021). Rupture, reconstruction, and rehabilitation: A multi-disciplinary review of mechanisms for central nervous system adaptations following anterior cruciate ligament injury. *Knee*, 30(4), 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2021.03.009>
- Cuomo, G., Maglianella, V., Ghanbari Ghooshchy, S., Zoccolotti, P., Martelli, M., Paolucci, S., & Iosa, M. (2022). Motor imagery and gait control in parkinson's disease: techniques and new perspectives in neurorehabilitation. *Expert review of neurotherapeutics*, 22(1), 43–51. <https://doi.org/10.1080/14737175.2022.2020864>
- Cunningham, I., Mergler, J., & Wattie, N. (2022). Training and development in sport officials: A systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 32(4), 654–671. <https://doi.org/10.1111/sms.14128>
- Cupka, M., & Sedliak, M. (2023). Hungry runners - low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: mini-review. *European journal of translational myology*, 33(2), 1-9. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2023.11104>
- Davis, H. L., Alabed, S., & Chico, T. J. A. (2020). Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open sport & exercise medicine*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000614>

- De Blaiser, C., Roosen, P., Willems, T., De Bleecker, C., Vermeulen, S., Danneels, L., & De Ridder, R. (2021). The role of core stability in the development of non-contact acute lower extremity injuries in an athletic population: A prospective study. *Physical therapy in sport*, 47(5), 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.11.035>
- De Sousa, R. A. L., Rocha-Dias, I., de Oliveira, L. R. S., Improta-Caria, A. C., Monteiro-Junior, R. S., & Cassilhas, R. C. (2021). Molecular mechanisms of physical exercise on depression in the elderly: A systematic review. *Molecular biology reports*, 48(4), 3853–3862. <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06330-z>
- Dedthonglang, P., Keawklay, D. D., & Sungthong, A. (2023). The effect of plyometric training together with SAQ training on agility and leg strength of futsal player. *Mahachula academic journal*, 10(2), 285–299. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JMA/article/view/265342>
- Dideriksen, J., & Del Vecchio, A. (2023). Adaptations in motor unit properties underlying changes in recruitment, rate coding, and maximum force. *Journal of neurophysiology*, 129(1), 235–246. <https://doi.org/10.1152/jn.00222.2022>
- Diker, G., Darendeli, A., Chamari, K., Dellal, A., Müniroğlu, S., Ön, S., & Özkamçı, H. (2023). Recovery time variation during sprint interval training impacts amateur soccer players adaptations - a pilot study. *Biology of sport*, 40(2), 417-424. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2023.116008>
- Coates, A. M., Joyner, M. J., Little, J. P., Jones, A. M., & Gibala, M. J. (2023). A perspective on high-intensity interval training for performance and health. *Sports medicine*, 53(1), 85–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01938-6>
- Coletti, C., Acosta, G. F., Keslacy, S., & Coletti, D. (2022). Exercise-mediated reinnervation of skeletal muscle in elderly people: An update. *European journal of translational myology*, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2022.10416>

- de Carvalho, M., & Swash, M. (2023). Upper and lower motor neuron neurophysiology and motor control. *In handbook of clinical neurology*. 195(5), pp. 17–29. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98818-6.00018-2>
- Doğanay, M., Bingül, B. M., & Álvarez-García, C. (2020). Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(9), 1240–1246. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10999-X>
- Domingues, L. B., Schneider, V. M., Abreu, R. F., Carpes, L. O., & Ferrari, R. (2024). Effects of a 4-Week Detraining Period After 12 Weeks of Combined Training Using Different Weekly Frequencies on Health-Related Physical Fitness in Older Adults. *International journal of environmental research and public health*, 21(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph21111433>
- Dos Santos, M. P. G., Lemos, T., da Silva, D. C. L., Martins, C. P., Martins, J. V. P., & de Oliveira, L. A. S. (2025). The effectiveness of progressions of difficulty during an exercise program to improve balance and gait in older individuals: A randomized clinical trial. *Brazilian journal of physical therapy*, 29(3), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2025.101207>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2023). Assessing change of direction ability in athletes: A brief review of the most commonly used tests. *Strength and conditioning journal*, 45(2), 54–65. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000706>
- Drigas, A., & Sideraki, A. (2024). Brain neuroplasticity leveraging virtual reality and brain-computer interface technologies. *Sensors*, 24(17), 1-36. <https://doi.org/10.3390/s24175725>

- Drozd, D., Alvarez-Pitti, J., Wójcik, M., Borghi, C., Gabbianelli, R., Mazur, A., Herceg-Cavrak, V., Lopez-Valcarcel, B. G., Brzezinski, M., Lurbe, E., et al. (2021). Obesity and cardiometabolic risk factors: From childhood to adulthood. *Nutrients*, 13(11), 1-20. <https://doi.org/10.3390/nu13114176>
- Düking, P., Zinner, C., Reed, J. L., Holmberg, H. C., & Sperlich, B. (2020). Predefined vs data-guided training prescription based on autonomic nervous system variation: A systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(12), 2291–2304. <https://doi.org/10.1111/sms.13802>
- Duarte, R., Bredt, S. D. G. T., & Palucci Vieira, L. H. (2022). Agility testing in team sports: The 505 test and its variations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(3), 412–418.
- Elgueta-Cancino, E., Evans, E., Martinez-Valdes, E., & Falla, D. (2022). The effect of resistance training on motor unit firing properties: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 13(8), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.817631>
- Eliason, P. H., Galarneau, J. M., Kolstad, A. T., Pankow, M. P., West, S. W., Bailey, S., Miutz, L., Black, A. M., Broglio, S. P., Davis, G. A., Hagel, B. E., Smirl, J. D., Stokes, K. A., Takagi, M., Tucker, R., Webborn, N., Zemek, R., Hayden, A., Schneider, K. J., & Emery, C. A. (2023). Prevention strategies and modifiable risk factors for sport-related concussions and head impacts: A systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 57(12), 749–761. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106656>
- Elshafey, M. A., Abdrabo, M. S., & Elnaggar, R. K. (2022). Effects of a core stability exercise program on balance and coordination in children with cerebellar ataxic cerebral palsy. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 22(2), 172–178. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9186458/>

- Emery, C. A., Owoeye, O. B. A., Räisänen, A. M., Befus, K., Hubkarao, T., Palacios-Derflingher, L., & Pasanen, K. (2022). The "SHRed Injuries Basketball" neuromuscular training warm-up program reduces ankle and knee injury rates by 36% in youth basketball. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 52(1), 40–48. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.10959>
- Emuk, Y., Kahraman, T., & Sengul, Y. (2022). The acute effects of action observation training on upper extremity functions, cognitive processes and reaction times: A randomized controlled trial. *Journal of comparative effectiveness research*, 11(13), 987–998. <https://doi.org/10.2217/cer-2022-0079>
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of strength and conditioning research*, 23(5), 60–79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Fakontis, C., Iakovidis, P., Kasimis, K., Lytras, D., Koutras, G., Fetlis, A., & Algiounidis, I. (2023). Efficacy of resistance training with elastic bands compared to proprioceptive training on balance and self-report measures in patients with chronic ankle instability: A systematic review and meta-analysis. *Physical therapy in sport*, 64(6), 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.09.009>
- Farooq, F., Hassan, S. U., Farooq, F., Farooq, F., & Tareen, M. S. K. (2024). Bridging the gap: The importance of non-technical skills in cardiology for enhanced patient care and team performance. *Cureus*, 16(12), 1-9. <https://doi.org/10.7759/cureus.75460>
- Farrell, C., & Turgeon, D. R. (2023). *Normal versus chronic adaptations to aerobic exercise*. United Kingdom: StatPearls Publishing.

- Fazlollahi, A. M., Bakhaidar, M., Alsayegh, A., Yilmaz, R., Winkler-Schwartz, A., Mirchi, N., Langleben, I., Ledwos, N., Sabbagh, A. J., Bajunaid, K., Harley, J. M., & Del Maestro, R. F. (2022). Effect of artificial intelligence tutoring vs expert instruction on learning simulated surgical skills among medical students: A randomized clinical trial. *JAMA network open*, 5(2), 1-15.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.49008>
- Fédération Internationale de Football Association. (2022). *Laws of the game 2022/23*. FIFA. <https://downloads.theifab.com/downloads/presentation-of-all-changes-and-clarifications-to-the-laws-2022-23?l=en>.
- Ferraz, M., Garganta, J., Bagatin, R., & Barreira, D. (2025). Assessing physical, technical, and tactical performance of youth football players in small-sided games: A systematic review. *Retos*, 66(5), 206–225.
<https://doi.org/10.47197/retos.v66.110366>
- Feulner, B., Perich, M. G., Miller, L. E., Clopath, C., & Gallego, J. A. (2025). A neural implementation model of feedback-based motor learning. *Nature communications*, 16(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54738-5>
- Filipas, L., Bonato, M., Gallo, G., & Codella, R. (2022). Effects of 16 weeks of pyramidal and polarized training intensity distributions in well-trained endurance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 32(3), 498–511.
<https://doi.org/10.1111/sms.14101>
- Franca, M. C., Boyer, V. E., & Tripathee, P. (2024). Effects of training in voice auditory-perceptual skills. *International journal of language & communication disorders*, 59(6), 2605–2616. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.13103>
- Francini, L., Castagna, C., Bosio, A., Connolly, D., Induni, M., Cereda, F., & Rampinini, E. (2023). Association between match physical activity and neuromuscular characteristics in youth football. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 63(1), 202–211. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.13537-1>

- Friebe, D., Banzer, W., Giesche, F., Haser, C., Hülsdünker, T., Pfab, F., Rußmann, F., Sieland, J., Spataro, F., & Vogt, L. (2024). Effects of 6-week motor-cognitive agility training on football test performance in adult amateur players: A three-armed randomized controlled trial. *Journal of sports science and medicine*, 23(2), 276–288. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.276>
- Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72–89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Gad, P., Hastings, S., Zhong, H., Seth, G., Kandhari, S., & Edgerton, V. R. (2021). Transcutaneous spinal neuromodulation reorganizes neural networks in patients with cerebral palsy. *Neurotherapeutics*, 18(3), 1953–1962. <https://doi.org/10.1007/s13311-021-01087-6>
- Gaesser, V. J., Maakestad, W. M., Hayes, E. S., & Snyder, S. J. (2020). Motivational Coaching Improves Intrinsic Motivation in Adult Fitness Program Participants. *International journal of exercise science*, 13(5), 1167–1178.
- Galati, D., Turner, A. N., Bishop, C., & Maloney, S. J. (2023). Contemporary Practices of Strength and Conditioning Coaches in High-Level Male Ice Hockey: A Survey-Based Investigation. *Journal of strength and conditioning research*, 37(11), 2241–2250. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004541>
- Galvez-Rodriguez, C., Valenzuela-Reyes, P., Fuentealba-Sepúlveda, S., Farias-Valenzuela, C., & Salinas, A. E. (2025). Cold Water Immersion, Heart Rate Variability and Post-Exercise Recovery: A Systematic Review. *Physiotherapy research international*, 30(2), 1-20. <https://doi.org/10.1002/pri.70033>
- Gao, P., Tang, F., Liu, W., & Mo, Y. (2022). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation in treating chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 35(1), 21–33. <https://doi.org/10.3233/BMR-200306>

- Ghaderi, M., Letafatkar, A., Thomas, A. C., & Keyhani, S. (2021). Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized clinical trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 13(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00275-3>
- Ghazzawi, H. A., Hussain, M. A., Raziq, K. M., Alsendi, K. K., Alaamer, R. O., Jaradat, M., Alobaidi, S., Al Aqili, R., Trabelsi, K., & Jahrami, H. (2023). Exploring the relationship between micronutrients and athletic performance: A comprehensive scientific systematic review of the literature in sports medicine. *Sports*, 11(6), 1–20. <https://doi.org/10.3390/sports11060109>
- Gilboa, A., & Moscovitch, M. (2021). No consolidation without representation: Correspondence between neural and psychological representations in recent and remote memory. *Neuron*, 109(14), 2239–2255. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.04.025>
- Giuriato, M., Lovecchio, N., Carnevale Pellino, V., Mieszkowski, J., Kawczynski, A., Nevill, A., & Biino, V. (2022). Gross motor coordination and their relationship with body mass and physical activity level during growth in children aged 8–11 years old: A longitudinal and allometric approach. *PeerJ*, 10(8), 1-14. <https://doi.org/10.7717/peerj.13483>
- Gomes, R. V., Souza, V. C., Serrão, J. C., & Gonçalves, M. (2013). Agility training reduces metabolic demand and improves performance in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(4), 1033–1037.
- Gonzalo-Skok, O., Arede, J., & Dos'Santos, T. (2025). Effects of strength training and detraining considering maturity status in youth highly trained basketball players. *Plos one*, 20(2), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317879>

- Grainger, A., Comfort, P., Twist, C., Heffernan, S. M., & Tarantino, G. (2024). Real-world fatigue testing in professional rugby union: A systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 54(4), 855–874. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01973-3>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 11(2), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Gu, P., Zhang, L., Zheng, X., & Zhang, X. (2021). Effects of post-exercise recovery methods on exercise-induced hormones and blood fatigue factors: a systematic review and meta-analysis. *Annals of palliative medicine*, 10(1), 184-193. <https://doi.org/10.21037/apm-20-2409>
- Guo, Z., Li, M., Cai, J., Gong, W., Liu, Y., & Liu, Z. (2023). Effect of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on fat loss and cardiorespiratory fitness in the young and middle-aged: A systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 20(6), 1-21. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064741>
- Hachana, Y., Chaabène, H., Nabli, M. A., Attia, A., Moualhi, J., Farhat, N., & Elloumi, M. (2014). Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of the Illinois change of direction test in male team sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2759–2765.
- Hajder, Đ., Bjelica, B., Bubanj, S., Aksović, N., Marković, M., Arsenijević, R., Lupu, G. S., Gašić, T., Sufaru, C., Toskić, L., Dobreci, D. L., Dobrescu, T., & Sava, M. A. (2025). A systematic review and meta-analysis of virtual and traditional physical activity programs: Effects on physical, health, and cognitive outcomes. *Healthcare*, 13(7), 1-20. <https://doi.org/10.3390/healthcare13070711>

- Hammami, A., Selmi, W., Mahmoudi, A., Negra, Y., Chaouachi, A., Behm, D. G., Granacher, U., & Hammami, R. (2025). Effects of neuromuscular versus stretching training performed during the warm-up on measures of physical fitness and mental well-being in highly-trained pubertal male soccer players. *Plos one*, 20(2), 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318318>
- Hanssen-Doose, A., Jaeschke, R., Niessner, C., Oriwol, D., & Worth, A. (2021). Physical fitness of children and youth with asthma in comparison to the reference population: Cross-sectional results of the population-based MoMo study in Germany. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 13(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00359-0>
- Hasani Chenari, R., Mohammad Ali Nasab Firouzjah, E., & Roshani, S. (2025). The effect of Stop X exercises on balance, strength and range of motion of male adolescent football players with dynamic knee valgus. *Scientific reports*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00840-7>
- Hassan, A. K., Alhumaid, M. M., & Hamad, B. E. (2022). The effect of using reactive agility exercises with the FITLIGHT training system on the speed of visual reaction time and dribbling skill of basketball players. *Sports*, 10(11), 1-17. <https://doi.org/10.3390/sports10110176>
- Heinemann, A., Brodsky, M., Hoenig, H., & Chan, L. (2021). Archives of Physical Medicine and Rehabilitation recommends prospective registration of systematic reviews. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 102(1), 167–168. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.09.371>
- Hinss, M. F., Brock, A. M., & Roy, R. N. (2022). Cognitive effects of prolonged continuous human-machine interaction: The case for mental state-based adaptive interfaces. *Frontiers in neuroergonomics*, 3(2), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2022.935092>

- Hoh, J. E., & Semrau, J. A. (2025). The role of sensory impairments on recovery and rehabilitation after stroke. *Current neurology and neuroscience reports*, 25(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11910-025-01407-9>
- Horníková, H., Jelen, M., & Zemková, E. (2021). Determinants of reactive agility in tests with different demands on sensory and motor components in handball players. *Applied sciences*, 11(14), 1-9. <https://doi.org/10.3390/app11146531>
- Horníková, H., Hadža, R., & Zemková, E. (2025). The contribution of perceptual-cognitive skills to reactive agility in early and middle adolescent soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 39(3), 478–484. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004997>
- Horváth, D., Négyesi, J., Gyori, T., Szucs, B., Tóth, P. J., Matics, Z., Ökrös, C., Sáfár, S., Szabó, N., Takács, B., Kathy, R., Tóth, K., Ferguson, D. P., Nagatomi, R., & Rácz, L. (2022). Application of a reactive agility training program using light-based stimuli to enhance the physical and cognitive performance of car racing drivers: A randomized controlled trial. *Sports medicine - open*, 8(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00509-9>
- Hou, X., Zhang, Y., Fei, X., Zhou, Q., & Li, J. (2023). Sports-related concussion affects cognitive function in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *The american journal of sports medicine*, 51(13), 3604–3618. <https://doi.org/10.1177/03635465221142855>
- Howie, E. E., Dharanikota, H., Gunn, E., Ambler, O., Dias, R., Wigmore, S. J., Skipworth, R. J. E., & Yule, S. (2023). Cognitive load management: An invaluable tool for safe and effective surgical training. *Journal of surgical education*, 80(3), 311–322. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2022.12.010>

- Hua, J., Williams, G. J., Jin, H., Chen, J., Xu, M., Zhou, Y., Gu, G., & Du, W. (2022). Early motor milestones in infancy and later motor impairments: A population-based data linkage study. *Frontiers in psychiatry*, 13(2), 1-11.
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.809181>
- Huang, P. Y., Jankaew, A., & Lin, C. F. (2021). Effects of plyometric and balance training on neuromuscular control of recreational athletes with functional ankle instability: A randomized controlled laboratory study. *International journal of environmental research and public health*, 18(10), 87-94.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18105269>
- Hunter, B., Meyler, S., Maunder, E., Cox, T. H., & Muniz-Pumares, D. (2024). The relationship between the moderate-heavy boundary and critical speed in running. *International journal of sports physiology and performance*, 19(9), 963-972. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0101>
- Igonin, P. H., Cognasse, F., Gonzalo, P., Philippot, P., Rogowski, I., Sabot, T., Boisseau, N., & Martin, C. (2024). Monitoring of sprint and change of direction velocity, vertical jump height, and repeated sprint ability in sub-elite female football players throughout their menstrual cycle. *Science and medicine in football*, 8(4), 418-426. <https://doi.org/10.1080/24733938.2024.2328674>
- Inglis, J. G., Cabral, H. V., Cosentino, C., Bonardi, A., & Negro, F. (2025). Motor unit discharge behavior in human muscles throughout force gradation: A systematic review and meta-analysis with meta-regression. *Journal of applied physiology*, 138(4), 1050-1065. <https://doi.org/10.1152/jap.2024.00863>
- Inoue, K., Athey, S., & Tsugawa, Y. (2023). Machine-learning-based high-benefit approach versus conventional high-risk approach in blood pressure management. *International journal of epidemiology*, 52(4), 1243-1256.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyad037>

- Irwin, C., Khalesi, S., Desbrow, B., & McCartney, D. (2020). Effects of acute caffeine consumption following sleep loss on cognitive, physical, occupational and driving performance: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, 108(6), 877–888.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.12.008>
- Isath, A., Koziol, K. J., Martinez, M. W., Garber, C. E., Martinez, N. M., Emery, M. S., Baggish, A. L., Naidu, S. S., Lavie, C. J., Arena, R., & Krittanawong, C. (2023). Exercise and cardiovascular health: A state-of-the-art review. *Progress in cardiovascular diseases*, 79(2), 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2023.04.008>
- Iwamoto, K., Pines, K., Lochala, C., Long, D., Hess, P., & Sargent, B. (2025). Systematic Review to Inform the Developmental Coordination Disorder Clinical Practice Guideline Update: Physical Therapy Intervention. *Pediatric physical therapy*, 37(2), 194-208. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000001177>
- J, S., & S, S. (2023). Comprehensive Evaluation of Fundamental Motor Skills: Insights From the Test of Gross Motor Development-3. *Cureus*, 15(10), 1-7.
<https://doi.org/10.7759/cureus.46381>
- Jafarnezhadgero, A. A., Noroozi, R., Fakhri, E., Granacher, U., & Oliveira, A. S. (2022). The impact of COVID-19 and muscle fatigue on cardiorespiratory fitness and running kinetics in female recreational runners. *Frontiers in physiology*, 13(9), 1-10.
- Johnson, Q. R. (2025). Part I: Development and implementation of the ten, five, three (TFT) model for resistance training. *Muscles*, 4(2), 1-17.
<https://doi.org/10.3390/muscles4020014>
- Joo, S. Y., Lee, C. B., Joo, N. Y., & Kim, C. R. (2021). Feasibility and effectiveness of a motion tracking-based online fitness program for office workers. *Health care*, 9(5), 1-11. <https://doi.org/10.3390/healthcare9050584>

- Jorgić, B., Dimitrijević, L., Aleksandrović, M., Bratić, M., & Milanović, Z. (2024). Effects of 12-week aquatic exercises on gross motor function, swimming skills and walking ability in children with cerebral palsy. *Minerva pediatrica (torino)*, 76(2), 149–160. <https://doi.org/10.23736/S2724-5276.21.05896-1>
- Jouira, G., Rebai, H., Alexe, D. I., & Sahli, S. (2024). Effect of combined training with balance, strength, and plyometrics on physical performance in male sprint athletes with intellectual disabilities. *Adapted physical activity quarterly*, 41(3), 382–401. <https://doi.org/10.1123/apaq.2023-0105>
- Jung, K. S., Bang, H., In, T. S., & Cho, H. Y. (2020). Gait training with auditory feedback improves trunk control, muscle activation and dynamic balance in patients with hemiparetic stroke: A randomized controlled pilot study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 33(1), 1–6. <https://doi.org/10.3233/BMR-170852>
- Kaewmee, C., & Thongrod, S. (2025). An analysis of the relationship between physical fitness and volleyball performance achievement among lower secondary school students. *Journal of academic surindra rajabhat*, 3(2), 155–158. <https://doi.org/10.14456/jasrru.2025.18>
- Kajaia, T., Maskhulia, L., Chelidze, K., Akhalkatsi, V., & Kakhbrishvili, Z. (2021). Assessment of effects of non-functional overreaching and overtraining on responses of skeletal muscle and cardiac biomarkers for monitoring of overtraining syndrome in athletes. *Georgian medical news*, 4(311), 79–84. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33814396/>
- Kaluga, E., Straburzynska-Lupa, A., & Rostkowska, E. (2020). Hand-eye coordination, movement reaction time and hand tactile sensitivity depending on the practiced sports discipline. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(1), 17–25. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09726-3>

- Kaluschke, M., Yin, M. S., Haddawy, P., Suebnukarn, S., & Zachmann, G. (2023). The effect of 3D stereopsis and hand-tool alignment on learning effectiveness and skill transfer of a VR-based simulator for dental training. *Plos one*, 18(10), 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291389>
- Kang, S., & Park, I. (2024). Effects of instability neuromuscular training using an inertial load of water on the balance ability of healthy older women: A randomized clinical trial. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 9(1), 1-14. <https://doi.org/10.3390/jfmk9010050>
- Kassiano, W., Nunes, J. P., Costa, B., Ribeiro, A. S., Schoenfeld, B. J., & Cyrino, E. S. (2022). Does Varying Resistance Exercises Promote Superior Muscle Hypertrophy and Strength Gains? A Systematic Review. *Journal of strength and conditioning research*, 36(6), 1753-1762. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004258>
- Katagiri, M., Ito, H., Murayama, Y., Hamada, M., Nakajima, S., Takayanagi, N., Uemiya, A., Myogan, M., Nakai, A., & Tsujii, M. (2021). Fine and gross motor skills predict later psychosocial maladaptation and academic achievement. *Brain & development*, 43(5), 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2021.01.003>
- Khamis, A., Novak, I., Morgan, C., Tzannes, G., Pettigrew, J., Cowell, J., & Badawi, N. (2020). Motor learning feeding interventions for infants at risk of cerebral palsy: A systematic review. *Dysphagia*, 35(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00455-019-10016-x>
- Khan, A., Imam, Y. Z., Muneer, M., Al Jerdi, S., & Gill, S. K. (2024). Virtual reality in stroke recovery: A meta-review of systematic reviews. *Bioelectronic medicine*, 10(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s42234-024-00150-9>
- Khatun, Z., Kristinsdóttir, S., Thóra Thórisdóttir, A., Björk Halldórsdóttir, L., Tortorella, F., Gargiulo, P., & Helgason, T. (2025). Assessing neuromuscular system via patellar tendon reflex analysis using EMG in healthy individuals. *Frontiers in neurology*, 15(6), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1522121>

- Kitai, K., Nishigaya, K., Mizomoto, Y., Ito, H., Yamauchi, R., Katayama, O., Morita, K., Murata, S., & Kodama, T. (2025). Enhancing hand sensorimotor function in individuals with cervical spinal cord injury: A novel tactile discrimination feedback approach using a multiple-baseline design. *Brain sciences*, 15(4), 1-15.
<https://doi.org/10.3390/brainsci15040352>
- Ke, X. W., Wang, Y. T., Shi, A., Zheng, Z., Phillips, D., Long, D., Chen, S., & Berk, B. (2025). Application of visual feedback and AR-enhanced wheelchair skill training. *Disability and rehabilitation: assistive technology*, 20(4), 757–766.
<https://doi.org/10.1080/17483107.2024.2426615>
- Kittel, A., Lindsay, R., Le Noury, P., & Wilkins, L. (2024). The use of extended reality technologies in sport perceptual-cognitive skill research: A systematic scoping review. *Sports medicine - open*, 10(1), 1-20.
<https://doi.org/10.1186/s40798-024-00794-6>
- Klatt, S., & Smeeton, N. J. (2020). Visual and auditory information during decision making in sport. *Journal of sport and exercise psychology*, 42(1), 15–25.
<https://doi.org/10.1123/jsep.2019-0107>
- Kononowicz, T. W., Sander, T., Van Rijn, H., & van Wassenhove, V. (2020). Precision timing with α - β oscillatory coupling: Stopwatch or motor control? *Journal of cognitive neuroscience*, 32(9), 1624–1636. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01570
- Kraemer, W. J., & Nitka, M. (2025). Progression to heavy loading. *Strength and conditioning journal*, 47(4), 494–498. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000860>
- Kreher, J. B., Stepanek, J., Amrine, R., & Reddy, S. (2025). Overtraining Syndrome (OTS) in three endurance athletes and roads to recovery. *BMJ case reports*, 18(7), 1-7. <https://doi.org/10.1136/bcr-2025-265066>

- Krüger, M., Puri, R., Summers, J. J., & Hinder, M. R. (2024). Influence of age and cognitive demand on motor decision making under uncertainty: A study on goal directed reaching movements. *Scientific reports*, 14(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-59415-7>
- Kunnath, A. J., Gifford, R. H., & Wallace, M. T. (2023). Cholinergic modulation of sensory perception and plasticity. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, 152(3), 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105323>
- Larrosa, M., Gil-Izquierdo, A., González-Rodríguez, L. G., Alférez, M. J. M., San Juan, A. F., Sánchez-Gómez, Á., Calvo-Ayuso, N., Ramos-Álvarez, J. J., Fernández-Lázaro, D., Lopez-Grueso, R., López-León, I., Moreno-Lara, J., Domínguez-Balmaseda, D., Illescas-Quiroga, R., Cuenca, E., López, T., Montoya, J. J., Rodrigues-de-Souza, D. P., Carrillo-Alvarez, E., Casado, A., Rodriguez-Doñate, B., Porta-Oliva, M., Santiago, C., Iturriaga, T., De Lucas, B., Solaesa, Á. G., Montero-López, M. D. P., Benítez De Gracia, E., Veiga-Herreros, P., Muñoz-López, A., Orantes-Gonzalez, E., Barbero-Alvarez, J. C., Cabeza-Ruiz, R., Carnero-Diaz, Á., Sospedra, I., Fernández-Galván, L. M., Martínez-Sanz, J. M., Martín-Almena, F. J., Pérez, M., Guerra-Hernández, E. J., López-Samanes, Á., Sánchez-Oliver, A. J., & Domínguez, R. (2025). Nutritional strategies for optimizing health, sports performance, and recovery for female athletes and other physically active women: A systematic review. *Nutrition reviews*, 83(3), 1068–1089. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae082>
- Lea, J. W. D., O'Driscoll, J. M., Hulbert, S., Scales, J., & Wiles, J. D. (2022). Convergent validity of ratings of perceived exertion during resistance exercise in healthy participants: A systematic review and meta-analysis. *Sports medicine - open*, 8(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00386-8>

- Lee, J., Martin, J., Wildehain, R., & Ambegaonkar, J. (2021). Plyometrics or balance training effects on lower body power, balance and reactive agility in collegiate basketball athletes: A randomized control trial. *Turkish journal of sports medicine*, 56(1), 5-12. <https://doi.org/10.47447/tjism.0472>
- Lee, K. (2025). Effects of core stability training on deep stabilizing muscle function and neuromuscular control. *Medicina*, 61(3), 1-13. <https://doi.org/10.3390/medicina61030364>
- Lehmann, N., Aye, N., Kaufmann, J., Heinze, H. J., Düzel, E., Ziegler, G., & Taubert, M. (2023). Changes in cortical microstructure of the human brain resulting from long-term motor learning. *Journal of neuroscience*, 43(50), 8637–8648. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0537-23.2023>
- Leite, M. R., Ramos, E. M. C., Kalva-Filho, C. A., De Alencar Silva, B. S., Freire, A. P. C. F., Campos, E. Z., & Ramos, D. (2020). Analysis of the heart rate deflection point as a tool for exercise prescription in subjects with COPD: A cross-sectional study. *Physiotherapy theory and practice*, 36(12), 1322–1328. <https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1579282>
- Lepers, R., Mater, A., Assadi, H., Zanou, N., Gremeaux, V., Place, N. (2024). Effect of 12 weeks of detraining and retraining on the cardiorespiratory fitness in a competitive master athlete: a case study. *Frontiers in physiology*, 15(6), 1-8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1508642>
- Levin, M. F., & Demers, M. (2021). Motor learning in neurological rehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 43(24), 3445–3453. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1752317>
- Liu, P., Liu, Y., Hao, X., Cheng, N., Kang, J., Xiao, Z., He, P., & Yan, J. (2025). The impact of an 8-week integrated neuromuscular training on strength, speed, and agility in military personnel: A randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 17(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01172-9>

- Liu, S., Wu, C., Xiao, S., Liu, Y., & Song, Y. (2024). Optimizing young tennis players' development: Exploring the impact of emerging technologies on training effectiveness and technical skills acquisition. *Plos one*, 19(8), 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307882>
- Liu, Y., Fu, W., Ren, Y., Li, H., & Chen, A. (2025). Functional electrical stimulation enhances motor control in stroke rehabilitation. *American journal of translational research*, 17(5), 3889–3897. <https://doi.org/10.62347/THME3127>
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Myer, G. D., De Ste Croix, M., & Read, P. J. (2020). Seasonal variation in neuromuscular control in young male soccer players. *Physical therapy in sport*, 42(7), 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.12.006>
- Loch, F., Hof Zum Berge, A., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2020). Acute Effects of Mental Recovery Strategies After a Mentally Fatiguing Task. *Frontiers in psychology*, 11(11), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.558856>
- Lochbaum, M., Stoner, E., Hefner, T., Cooper, S., Lane, A. M., & Terry, P. C. (2022). Sport psychology and performance meta-analyses: A systematic review of the literature. *Plos one*, 17(2), 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263408>
- Lockie, R. G., Callaghan, S. J., Berry, S. P., Cooke, E. R. A., Jordan, C. A., Luczo, T. M., & Jeffriess, M. D. (2014). Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(12), 3557–3566.
- Logerstedt, D. S., Ebert, J. R., MacLeod, T. D., Heiderscheit, B. C., Gabbett, T. J., & Eckenrode, B. J. (2022). Effects of and response to mechanical loading on the knee. *Sports medicine*, 52(2), 201–235. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01579-7>

- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., Teodoro, J. L., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Pinto, R. S. (2021). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine & science in sports & exercise*, 53(6), 1206-1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>
- Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D., & Sampaio, J. (2020). A systematic review of collective tactical behaviours in football using positional data. *Sports medicine*, 50(2), 343–385. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01194-7>
- Luciani, M. G., Cortelazzo, A., & Proverbio, A. M. (2022). The role of auditory feedback in the motor learning of music in experienced and novice performers. *Scientific reports*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24262-x>
- Ma, W., Chen, J., Yi, Q., Zhang, S., Xing, W., Ren, H., & Li, R. (2025). A study on the effects of different self-controlled feedback methods on the learning of table tennis serving skills. *European journal of sport science*, 25(6), 1-15. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12324>
- Ma, Z. Z., Wu, J. J., Cao, Z., Hua, X. Y., Zheng, M. X., Xing, X. X., Ma, J., & Xu, J. G. (2024). Motor imagery-based brain-computer interface rehabilitation programs enhance upper extremity performance and cortical activation in stroke patients. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 21(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01387-w>
- Malone, L. A., Hill, N. M., Tripp, H., Zipunnikov, V., Wolpert, D. M., & Bastian, A. J. (2025). The control of movement gradually transitions from feedback control to feedforward adaptation throughout childhood. *NPJ science of learning*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00304-7>

- Marasco, P. D., & de Nooij, J. C. (2023). Proprioception: A new era set in motion by emerging genetic and bionic strategies? *Annual review of physiology*, 85(2), 1–24. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-040122-081302>
- Markose, G., Berezowski, B. M., Chiu, G. A., & Cousin, G. C. S. (2021). Situational awareness in driving, and lessons for surgeons. *British journal of oral and maxillofacial surgery*, 59(4), 485–489. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.11.003>
- Marin-Jimenez, N., Perez-Bey, A., Cruz-Leon, C., Conde-Caveda, J., Segura-Jimenez, V., Castro-Piñero, J., & Cuenca-Garcia, M. (2024). Criterion-related validity and reliability of the standing long jump test in adults: The adult-fit project. *European journal of sport science*, 24(9), 1379–1392. <https://doi.org/10.1002/ejsc.12182>
- Martin, M. S., Pareja-Blanco, F., & De Villarreal, E. S. (2021). Effects of different in-season strength training methods on strength gains and water polo performance. *International journal of sports physiology and performance*, 16(4), 591–600. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0046>
- Martins, A. D., Fernandes, O., Pereira, A., Oliveira, R., Alderete Goñi, F. D., Leite, N. J. C., & Brito, J. P. (2022). The effects of high-speed resistance training on health outcomes in independent older adults: A systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(9), 1-29. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095390>
- Matteucci, G., Guyoton, M., Mayrhofer, J. M., Auffret, M., Foustoukos, G., Petersen, C. C. H., & El-Boustani, S. (2022). Cortical sensory processing across motivational states during goal-directed behavior. *Neuron*, 110(24), 4176–4193. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2022.09.032>

- Matsutake, T., Nakata, H., Matsuo, G., Natsuhara, T., Zippo, K., Watanabe, K., & Sugo, T. (2024). Fast and stable responses during decision making require strong inhibitory processes in soccer players. *Brain sciences*, 14(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/brainsci14030199>
- McBurnie, A. J., & Dos'Santos, T. (2022). Multidirectional speed in youth soccer players: Theoretical underpinnings. *Strength and conditioning journal*, 44(1), 15–33. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000658>
- McCunn, R., Beaudouin, F., Stewart, K., Meyer, T., & MacLean, J. (2021). Heading in football: Incidence, biomechanical characteristics and the association with acute cognitive function—A three-part systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 51(7), 2147–2163. <https://doi.org/10.1111/sms.14067>
- McGregor, G., Powell, R., Begg, B., Birkett, S. T., Nichols, S., Ennis, S., McGuire, S., Prosser, J., Fiassam, O., Hee, S. W., Hamborg, T., Banerjee, P., Hartfiel, N., Charles, J. M., Edwards, R. T., Drane, A., Ali, D., Osman, F., He, H., Lachlan, T., Haykowsky, M. J., Ingle, L., & Shave, R. (2023). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: A multi-centre randomized controlled trial. *European journal of preventive cardiology*, 30(9), 745–755. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad039>
- Mcleod, J. C., Currier, B. S., Lowisz, C. V., Phillips, S. M. (2024). The influence of resistance exercise training prescription variables on skeletal muscle mass, strength, and physical function in healthy adults: An umbrella review. *Journal of sport and health science*, 13(1), 47–60. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.005>
- Meijer, J. S., de Jonge, M. L., Leenen, S., van Beek, P. E., de Kort, E., Vugs, B., & Andriessen, P. (2025). From movement to mind: Early fine motor skills are associated with cognitive performance at school age in very preterm infants. *Early human development*, 201(2), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2025.106197>

- Mendoza, E., Moen, D. S., & Holt, N. C. (2023). The importance of comparative physiology: Mechanisms, diversity and adaptation in skeletal muscle physiology and mechanics. *Journal of experimental biology*, 226(1), 1-20.
<https://doi.org/10.1242/jeb.245158>
- Mikkonen, R. S., Drain, J. R., Vaara, J., Nindl, B., & Kyröläinen, H. (2024). Importance of strength training for sustaining performance and health in military personnel. *BMJ military health*. 11(7). 1-5. <https://doi.org/10.1136/military-2024-002744>
- Mikulič, M., Cholp, J., Nagy, N., & Skala, F. (2025). Differences in isometric strength and sprinting speed of academy soccer players: a special interest in transition between the age groups and national team selected players. *Frontiers in sports and active living*, 17(7), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1630522>
- Mildren, R. L., & Cullen, K. E. (2025). Sensorimotor transformations for postural control in the vermis of the cerebellum. *Journal of neuroscience*, 45(21), 1-20.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0249-25.2025>
- Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L., & Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior research methods*, 53(5), 2083–2091.
<https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
- Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of Periodization on Strength and Muscle Hypertrophy in Volume-Equated Resistance Training Programs: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine*, 52(7), 1647-1666. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1>
- Moinuddin, A., Goel, A., & Sethi, Y. (2021). The role of augmented feedback on motor learning: A systematic review. *Cureus*, 13(11), 1-5.
<https://doi.org/10.7759/cureus.19277>

- Molenaar, C. J. L., Minnella, E. M., Coca-Martinez, M., Ten Cate, D. W. G., Regis, M., Awasthi, R., Martínez-Palli, G., López-Baamonde, M., Sebío-García, R., Feo, C. V., van Rooijen, S. J., Schreinemakers, J. M. J., Bojesen, R. D., Gögenur, I., van den Heuvel, E. R., Carli, F., Slooter, G. D., & PREHAB Study Group. (2023). Effect of multimodal prehabilitation on reducing postoperative complications and enhancing functional capacity following colorectal cancer surgery: The prehab randomized clinical trial. *JAMA surgery*, 158(6), 572–581.
<https://doi.org/10.1001/jamasurg.2023.0198>
- Morral-Yepes, M., Gonzalo-Skok, O., Dos Santos, T., & Moras Feliu, G. (2023). Are change of direction speed and agility different abilities from time and coordinative perspectives? *Plos one*, 18(12), 1-14.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295405>
- Muller, M. R., Lemes, Í. R., Silva, M. S. C., Silva, N. S., Hernández, A. G. M., & Pinto, R. Z. (2023). The efficacy of neuromuscular training, with minimal or no equipment, on performance of youth athletes: A systematic review with meta-analysis. *Physical therapy in sport*, 64(3), 104–116.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.09.010>
- Murata, Y., Nishida, M., Ichinose, A., Suyama, S., Youn, S., & Shioda, K. (2022). Potential benefits of daytime naps on consecutive days for motor adaptation learning. *Clocks & sleep*, 4(3), 387–401. <https://doi.org/10.3390/clockssleep4030033>
- Muro, S., & Akita, K. (2023). Pelvic floor and perineal muscles: A dynamic coordination between skeletal and smooth muscles on pelvic floor stabilization. *Anatomical science international*, 98(3), 407–425.
<https://doi.org/10.1007/s12565-023-00717-7>
- Nandedkar, S. D., Barkhaus, P. E., & Stålberg, E. V. (2022). Motor unit recruitment and firing rate at low force of contraction. *Muscle & nerve*, 66(6), 750–756.
<https://doi.org/10.1002/mus.27737>

- Nelson, K. L., Davis, J. E., & Corbett, C. F. (2022). Sleep quality: An evolutionary concept analysis. *Nursing forum*, 57(1), 144–151. <https://doi.org/10.1111/nuf.12659>
- Nimbley, E., Golds, L., Sharpe, H., Gillespie-Smith, K., & Duffy, F. (2022). Sensory processing and eating behaviours in autism: A systematic review. *European eating disorders review*, 30(5), 538–559. <https://doi.org/10.1002/erv.2920>
- Novak, D., Loncar, I., Sinkovic, F., Barbaros, P., & Milanovic, L. (2023). Effects of Plyometric Training with Resistance Bands on Neuromuscular Characteristics in Junior Tennis Players. *International journal of environmental research and public health*, 20(2), 1-9. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021085>
- O'Brien, J., Mason, A., Chan, J., & Setti, A. (2023). Can we train multisensory integration in adults? A systematic review. *Multisensory research*, 36(2), 111–180. <https://doi.org/10.1163/22134808-bja10090>
- Oliver, J. L., Ramachandran, A. K., Singh, U., Ramirez-Campillo, R., & Lloyd, R. S. (2024). The effects of strength, plyometric and combined training on strength, power and speed characteristics in high-level, highly trained male youth soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 54(3), 623–643. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01944-8>
- Patel, H., Vanguri, P., Kumar, D., & Levin, D. (2024). The Impact of Inadequate Sleep on Overtraining Syndrome in 18-22-Year-Old Male and Female College Athletes: A Literature Review. *Cureus*, 16(3), 1-10. <https://doi.org/10.7759/cureus.56186>
- Patterson, J. W., Armstrong, V., Duku, E., Richard, A., Franchini, M., Brian, J., Zwaigenbaum, L., Bryson, S. E., Sacrey, L. R., Roncadin, C., & Smith, I. M. (2022). Early trajectories of motor skills in infant siblings of children with autism spectrum disorder. *Autism research*, 15(3), 481-492. <https://doi.org/10.1002/aur.2641>

- Phoemsapthawee, J., & Sriton, B. (2021). Combined exercise training improves blood pressure at rest and during exercise in young obese prehypertensive men. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 61(3), 468–479. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11222-2>
- Pigsborg, K., Kalea, A. Z., De Dominicis, S., & Magkos, F. (2023). Behavioral and Psychological Factors Affecting Weight Loss Success. *Current obesity reports*, 12(3), 223–230. <https://doi.org/10.1007/s13679-023-00511-6>
- Pizzie, R. G., Raman, N., & Kraemer, D. J. M. (2020). Math anxiety and executive function: Neural influences of task switching on arithmetic processing. *Cognitive, affective, & behavioral neuroscience*, 20(2), 309–325. <https://doi.org/10.3758/s13415-020-00770-z>
- Plaza-Díaz, J., Izquierdo, D., Torres-Martos, Á., Baig, A. T., Aguilera, C. M., & Ruiz-Ojeda, F. J. (2022). Impact of Physical Activity and Exercise on the Epigenome in Skeletal Muscle and Effects on Systemic Metabolism. *Biomedicines*, 10(1), 1-29. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10010126>
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(12), 911–919.
- Plotkin, D., Coleman, M., Van Every, D., Maldonado, J., Oberlin, D., Israetel, M., Feather, J., Alto, A., Vigotsky, A. D., & Schoenfeld, B. J. (2022). Progressive overload without progressing load? The effects of load or repetition progression on muscular adaptations. *PeerJ*, 10(11), 1-19. <https://doi.org/10.7717/peerj.14142>
- Praça, G. M., Chagas, M. H., Bredt, S. D. G. T., & de Andrade, A. G. P. (2022). Small-sided soccer games with larger relative areas result in higher physical and physiological responses: A systematic and meta-analytical review. *Journal of human kinetics*, 81(12), 163–176. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0013>

- Priambodo, A. P., Nurhamsyah, D., Lai, W. S., & Chen, H. M. (2022). Simulation-based education promoting situation awareness in undergraduate nursing students: A scoping review. *Nurse education in practice*, 65(4), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103499>
- Prelock, P. A., & Tantucci, V. (2024). Editorial: 15 years of Frontiers in Human Neuroscience: Social cognition and discourse processing. *Frontiers in human neuroscience*, 18(5), 1-2. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2024.1506988>
- Prieto-González, P., & Sedlacek, J. (2022). Effects of running-specific strength training, endurance training, and concurrent training on recreational endurance athletes' performance and selected anthropometric parameters. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710773>
- Promsri, A. (2022). Analysis of bilateral muscle coordination for characterizing neuromuscular function in postural control. *Methodsx*, 9(3), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101944>
- Raichlen, D. A., Bharadwaj, P. K., Nguyen, L. A., Franchetti, M. K., Zigman, E. K., Solorio, A. R., & Alexander, G. E. (2020). Effects of simultaneous cognitive and aerobic exercise training on dual-task walking performance in healthy older adults: Results from a pilot randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 20(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-1484-5>
- Rashnoudi, P., Soltani, E., Mohammadinejad, A., & Mahabadi, H. A. (2025). Investigating the impact of situational awareness and resilience on occupational stress: A case study of nurses in medical and educational hospitals in Ahvaz. *Scientific reports*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06570-0>
- Ren, Z., Wang, X., Angelov, M., De Zeeuw, C. I., & Gao, Z. (2025). Neuronal dynamics of cerebellum and medial prefrontal cortex in adaptive motor timing. *Nature communications*, 16(1), 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-55884-0>

- Roberts, B. M., Nuckols, G., & Krieger, J. W. (2020). Sex differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 34(5), 1448–1460. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003521>
- Rodnarai, S. (2023). The effects of plyometric training upon jump heading football of football players in nakhon sawan sports school to be under national sports university. *Academic journal of thailand national sports university*, 15(2), 77–92. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/TNSUJournal/article/view/258201>
- Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D., & Morouço, P. (2022). A review on aging, sarcopenia, falls, and resistance training in community-dwelling older adults. *International journal of environmental research and public health*, 19(2), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020874>
- Rollo, S., Antsygina, O., & Tremblay, M. S. (2020). The whole day matters: Understanding 24-hour movement guideline adherence and relationships with health indicators across the lifespan. *Journal of sport and health science*, 9(6), 493–510. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.07.004>
- Romagnoli, C., Gatta, G., Lamouchideli, N., Bianco, A., Loddo, S., Alashram, A. R., Bonaiuto, V., Annino, G., & Padua, E. (2022). Specificity of weightlifting bench exercises in kayaking sprint performance: A perspective for neuromuscular training. *Frontiers in physiology*, 13(14), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.898468>
- Roth, R. H., & Ding, J. B. (2024). Cortico-basal ganglia plasticity in motor learning. *Neuron*, 112(15), 2486–2502. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2024.06.014>
- Rudisill, S. S., Varady, N. H., Kucharik, M. P., Eberlin, C. T., & Martin, S. D. (2023). Evidence-based hamstring injury prevention and risk factor management: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The american journal of sports medicine*, 51(7), 1927–1942. <https://doi.org/10.1177/03635465221083998>

- Sadaqa, M., Németh, Z., Makai, A., Prémusz, V., & Hock, M. (2023). Effectiveness of exercise interventions on fall prevention in ambulatory community-dwelling older adults: A systematic review with narrative synthesis. *Frontiers in public health*, 11(10), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1209319>
- Salatino, A., Miccolis, R., Gammeri, R., Ninghetto, M., Belli, F., Nobili, M., Mouraux, A., & Ricci, R. (2022). Improvement of impulsivity and decision making by transcranial direct current stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex in a patient with gambling disorder. *Journal of gambling studies*, 38(2), 627–634. <https://doi.org/10.1007/s10899-021-10050-1>
- Sánchez-Otero, T., Tuimil, J. L., Boullosa, D., Varela-Sanz, A., & Iglesias-Soler, E. (2022). Active vs. passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners. *European journal of applied physiology*, 122(5), 1281–1291. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04926-2>
- Sadeghi, H., Jehu, D. A., Daneshjoo, A., Shakoor, E., Razeghi, M., Amani, A., Hakim, M. N., & Yusof, A. (2021). Effects of 8 weeks of balance training, virtual reality training, and combined exercise on lower limb muscle strength, balance, and functional mobility among older men: A randomized controlled trial. *Sports health*, 13(6), 606–612. <https://doi.org/10.1177/1941738120986803>
- Sadeqi, S., Norte, G. E., Murray, A., Erbulut, D. U., & Goel, V. K. (2023). Effect of whole body parameters on knee joint biomechanics: Implications for ACL injury prevention during single-leg landings. *American journal of sports medicine*, 51(8), 2098–2109. <https://doi.org/10.1177/03635465231174899>
- Sandford, G. N., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2021). Anaerobic speed/power reserve and sport performance: Scientific basis, current applications and future directions. *Sports medicine*, 51(10), 2017–2028. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01523-9>

- Sarkukaew, S., Nonthawong, S., Ruengpanyawut, P., Ainto, P., & Kumpuang, C. (2024). Effect of complex training on the leg power and speed of men's futsal. *Journal of sports science and health*, 25(1), 55–66. retrieved from https://he02.tci-thaijo.org/index.php/spsc_journal/article/view/266984
- Sartori, R. F., Nobre, G. C., Fonseca, R. P., & Valentini, N. C. (2022). Do executive functions and gross motor skills predict writing and mathematical performance in children with developmental coordination disorder? *Applied neuropsychology: child*, 11(4), 825–839. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1987236>
- Schedler, S., Tenelsen, F., Wich, L., & Muehlbauer, T. (2020). Effects of balance training on balance performance in youth: Role of training difficulty. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00218-4>
- Scheliga, S., Kellermann, T., Lampert, A., Rolke, R., Spehr, M., & Habel, U. (2022). Neural correlates of multisensory integration in the human brain: An ALE meta-analysis. *Reviews in the neurosciences*, 34(2), 223–245. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2022-0065>
- Schneider, A., Leite, L. B., Teixeira, J., Forte, P., Barbosa, T. M., & Monteiro, A. M. (2025). Multicomponent exercise and functional fitness: Strategies for fall prevention in aging women. *Sports (basel)*, 13(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/sports13060159>
- Schoenfeld, B. J., Fisher, J. P., Grgic, J., Haun, C. T., & Helms, E. R. (2021). Resistance training volume, intensity, and frequency: The effects on skeletal muscle plasticity. *Sports medicine*, 51(2), 221–241. Doi: 10.1007/s40279-016-0543-8
- Schumann, M., Feuerbacher, J. F., Sünkeler, M., Freitag, N., Rønnestad, B. R., Doma, K., & Lundberg, T. R. (2022). Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: An updated systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 52(3), 601–612. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-7>

- Schweizer, T., Wyss, T., & Gilgen-Ammann, R. (2022). Detecting soldiers' fatigue using eye-tracking glasses: Practical field applications and research opportunities. *Military medicine*, 187(11–12), 1330–1337. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab509>
- Scotto, C. R., Bernardo, M., Tisserand, R., Casiez, G., & Blandin, Y. (2024). Reliability of online visual and proprioceptive feedback: Impact on learning and sensorimotor coding. *Psychological research*, 89(1), 1-40. <https://doi.org/10.1007/s00426-024-02041-9>
- Scoubeau, C., Bonnechère, B., Cnop, M., Faoro, V., & Klass, M. (2022). Effectiveness of whole-body high-intensity interval training on health-related fitness: A systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 1-28. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159559>
- Seesensui, S., Thiankaew, N., & Atchariyachiwin, C. (2023). Effect of program coordination with flexibility by yoga training on speed agility and flexibility in futsal athletes. *Koch cha sarn journal of science*, 45(2), 36–42. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/kochasarn/article/view/259431>
- Selmi, O., Ouergui, I., Muscella, A., My, G., Marsigliante, S., Nobari, H., Suzuki, K., & Bouassida, A. (2022). Monitoring psychometric states of recovery to improve performance in soccer players: A brief review. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 1-18. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159385>
- Seo, G., Park, J. H., Park, H. S., & Roh, J. (2023). Developing new intermuscular coordination patterns through an electromyographic signal-guided training in the upper extremity. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 20(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01236-2>

- Serpell, B. G., Young, W. B., & Ford, M. (2011). The development of a new test of agility for rugby league. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2702–2704.
- Shi, P., & Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives. *Frontiers in psychology*, 13(3), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1017825>
- Siddique, U., Frazer, A. K., Avela, J., Walker, S., Ahtiainen, J. P., Howatson, G., Tallent, J., & Kidgell, D. J. (2022). Determining the cortical, spinal and muscular adaptations to strength-training in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, 82(5), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101746>
- Silva, J. R. (2022). The soccer season: performance variations and evolutionary trends. *PeerJ*, 10(4), 1-20. <https://doi.org/10.7717/peerj.14082>
- Silvestri, F., Campanella, M., Marcelli, L., Ferrari, D., Gallotta, M. C., Hamdi, F., Albuquerque, M. R., Bertollo, M., & Curzi, D. (2025). Gross-motor coordination and executive functions development in soccer and artistic gymnastics preadolescent female athletes. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 10(1), 1-18. <https://doi.org/10.3390/jfmk10010085>
- Šimić, G., Tkalčić, M., Vukić, V., Mulc, D., Španić, E., Šagud, M., Olucha-Bordonau, F. E., Vukšić, M., & Hof, P. R. (2021). Understanding emotions: Origins and roles of the amygdala. *Biomolecules*, 11(6), 1-58. <https://doi.org/10.3390/biom11060823>
- Simon, N. G. (2021). Developing a framework for neuromuscular ultrasound training and accreditation. *Muscle & nerve*, 63(5), 625–627. <https://doi.org/10.1002/mus.27207>

- Skurvydas, A., Zlibinaite, L., Solianik, R., Brazaitis, M., Valanciene, D., Baranauskiene, N., Majauskiene, D., Mickeviciene, D., Venckunas, T., & Kamandulis, S. (2020). One night of sleep deprivation impairs executive function but does not affect psychomotor or motor performance. *Biology of sport*, 37(1), 7–14.
<https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.89936>
- Son, S. M., Yun, S. H., & Kwon, J. W. (2022). Motor imagery combined with physical training improves response inhibition in the stop signal task. *Frontiers in psychology*, 13(3), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.905579>
- Song, W., Jayaprakash, N., Saleknezhad, N., Puleo, C., Al-Abed, Y., Martin, J. H., & Zanos, S. (2024). Transspinal focused ultrasound suppresses spinal reflexes in healthy rats. *Neuromodulation*, 27(4), 614–624. <https://doi.org/10.1016/j.neurom.2023.04.476>
- Sonntag, J., Yu, L., Wang, X., & Schack, T. (2025). Neurophysiological predictors of deep learning based unilateral upper limb motor imagery classification. *Frontiers in human neuroscience*, 19(6), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1617748>
- Spieszny, M., Trybulski, R., Biel, P., Zajac, A., & Krzysztofik, M. (2022). Post-isometric back squat performance enhancement of squat and countermovement jump. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912720>
- Spring, K. E., Lang, D., Pangelinan, M. M., & Wadsworth, D. D. (2024). Effects of an 8-week active play intervention on body composition and fundamental motor skills in preschool children. *Children*, 11(5), 1-15.
<https://doi.org/10.3390/children11101173>
- Sta Maria, M. T., Hasegawa, Y., Khaing, A. M. M., Salazar, S., & Ono, T. (2023). The relationships between mastication and cognitive function: A systematic review and meta-analysis. *Japanese dental science review*, 59(9), 375–388.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2023.10.001>

- Stadnyk, A. M. J., Stanley, J., Decker, T., & Slattery, K. M. (2024). Training for elite team-pursuit track cyclists—Part II: A comparison of preparation phases in consecutive world-record-breaking seasons. *International journal of sports physiology and performance*, 19(10), 1148–1157. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0497>
- Stergiou, M., Calvo, A. L., & Forelli, F. (2025). Effectiveness of neuromuscular training in preventing lower limb soccer injuries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*, 14(5), 1-16. <https://doi.org/10.3390/jcm14051714>
- Stern, D., Gonzalo-Skok, O., Loturco, I., Turner, A., & Bishop, C. (2020). A comparison of bilateral vs. unilateral-biased strength and power training interventions on measures of physical performance in elite youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(8), 2105–2111. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003659>
- Su, W., Wang, J., Ying, Y., Lu, B., Liu, H., Zhou, Z., Liu, C., & Yun, H. (2025). Injury risk reduction programs including balance training reduce the incidence of anterior cruciate ligament injuries in soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 20(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-05639-w>
- Sui, X., Sarzynski, M. A., Gribben, N., Zhang, J., & Lavie, C. J. (2022). Cardiorespiratory fitness and the risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality in men with hypercholesterolemia. *Journal of clinical medicine*, 11(17), 1-11. <https://doi.org/10.3390/jcm11175211>
- Sun, M., Soh, K. G., Cao, S., Yaacob, A. B., Ma, S., & Ding, C. (2025). Effects of speed, agility, and quickness training on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 17(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01101-w>

- Sutapa, P., Pratama, K. W., Rosly, M. M., Ali, S. K. S., & Karakauki, M. (2021). Improving Motor Skills in Early Childhood through Goal-Oriented Play Activity. *Children*, 8(11), 1-11. <https://doi.org/10.3390/children8110994>
- Sutter, K., Oostwoud Wijdenes, L., van Beers, R. J., & Medendorp, W. P. (2022). Even well-practiced movements benefit from repetition. *Journal of neurophysiology*, 127(5), 1407–1416. <https://doi.org/10.1152/jn.00003.2022>
- Tappan, R. S., Freeland, M. L., Holland, E. E., Park, Y. S., & Roth, H. R. (2025). Comparison of standard setting procedures to establish defensible passing standards for clinical skills assessment: Angoff, borderline group, contrasting groups and patient safety methods. *The clinical teacher*, 22(5), 1-10. <https://doi.org/10.1111/tct.70198>
- Takahashi, I., Obara, T., Ishikuro, M., Murakami, K., Ueno, F., Noda, A., Onuma, T., Shinoda, G., Nishimura, T., Tsuchiya, K. J., & Kuriyama, S. (2023). Screen Time at Age 1 Year and Communication and Problem-Solving Developmental Delay at 2 and 4 Years. *Journal of the american medical association pediatrics*, 177(10), 1039-1046. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2023.3057>
- Telford, R. M., Olive, L. S., & Telford, R. D. (2022). The effect of a 6-month physical literacy intervention on preschool children's gross and fine motor skill: The Active Early Learning randomised controlled trial. *Journal of science and medicine in sport*, 25(8), 655–660. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.04.009>
- Thompson, B., Adams, C., & Green, F. (2020). The role of exercise intensity in physiological adaptation: A systematic review. *Journal of applied physiology*, 128(5), 1182–1195. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00000.2020>
- Thompson, W. R. (2020). Worldwide survey of fitness trends for 2020. *ACSM's health & fitness journal*, 24(1), 10–15. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000618>

- Tisdall, L., & Mata, R. (2023). Age differences in the neural basis of decision-making under uncertainty. *Cognitive, affective, & behavioral neuroscience*, 23(3), 788–808.
<https://doi.org/10.3758/s13415-022-01060-6>
- Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. (2021). Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Current cardiology reviews*, 17(5), 1-10.
<https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>
- Tøien, T., Nielsen, J. L., Berg, O. K., Brobakken, M. F., Nyberg, S. K., Espedal, L., Malmo, T., Frandsen, U., Aagaard, P., & Wang, E. (2023). The impact of life-long strength versus endurance training on muscle fiber morphology and phenotype composition in older men. *Journal of applied physiology*, 135(6), 1360–1371.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00208.2023>
- Tometz, M. J., Jervas, S. A., Esposito, P. M., & Annaccone, A. R. (2022). Validation of internal and external load metrics in NCAA D1 women's beach volleyball. *Journal of strength and conditioning research*, 36(8), 2223–2229.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003963>
- Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and peripheral fatigue in physical exercise explained: A narrative review. *International journal of environmental research and public health*, 19(7), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073909>
- Tortora, S., Beraldo, G., Bettella, F., Formaggio, E., Rubega, M., Del Felice, A., Masiero, S., Carli, R., Petrone, N., Menegatti, E., & Tonin, L. (2022). Neural correlates of user learning during long-term BCI training for the cybathlon competition. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 19(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12984-022-01047-x>

- Tosti, B., Corrado, S., Mancone, S., Di Libero, T., Carissimo, C., Cerro, G., Rodio, A., da Silva, V. F., Coimbra, D. R., Andrade, A., & Diotaiuti, P. (2024). Neurofeedback training protocols in sports: A systematic review of recent advances in performance, anxiety, and emotional regulation. *Brain sciences*, 14(10), 1-14.
<https://doi.org/10.3390/brainsci14101036>
- Tourillon, R., Michel, A., Fourchet, F., Edouard, P., & Morin, J. B. (2024). Human foot muscle strength and its association with sprint acceleration, cutting and jumping performance, and kinetics in high-level athletes. *Journal of sports sciences*, 42(9), 814–824. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2367365>
- Trajković, N., & Bogataj, Š. (2020). Effects of Neuromuscular Training on Motor Competence and Physical Performance in Young Female Volleyball Players. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1-12.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17051755>
- Trajković, N., Sporiš, G., Krističević, T., Madić, D. M., & Bogataj, Š. (2020). The importance of reactive agility tests in differentiating adolescent soccer players. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 1-10.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17113839>
- Tranaeus, U., Weiss, N., Lyberg, V., Hagglund, M., Waldén, M., Johnson, U., Asker, M., & Skillgate, E. (2022). Study protocol for a prospective cohort study identifying risk factors for sport injury in adolescent female football players: The Karolinska football Injury Cohort (KIC). *BMJ open*, 12(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-055063>
- Turna, B. (2020). The effect of agility training on reaction time in fencers. *Journal of education and learning*, 9(1), 127–135. <https://doi.org/10.12345/jel.2020.127>
- Turpin, N. A., Uriac, S., & Dalleau, G. (2021). How to improve the muscle synergy analysis methodology? *European journal of applied physiology*, 121(4), 1009–1025.
<https://doi.org/10.1007/s00421-021-04604-9>

- Ureña Ortín, N., Madinabeitia Cabrera, I., & Alarcón López, F. (2024). Effect of the ActivaMotricidad program on improvements in executive functions and interpersonal relationships in early childhood education. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 9(4), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jfmk9040231>
- Uzelac-Sciran, T., Sarabon, N., & Mikulic, P. (2020). Effects of 8-week jump training program on sprint and jump performance and leg strength in pre- and post-peak height velocity aged boys. *Journal of sports science & medicine*, 19(3), 547–555. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7429438/>
- Valenzuela, P. L., Saco-Ledo, G., Morales, J. S., Gallardo-Gómez, D., Morales-Palomo, F., López-Ortiz, S., Rivas-Baeza, B., Castillo-García, A., Jiménez-Pavón, D., Santos-Lozano, A., Del Pozo Cruz, B., & Lucia, A. (2023). Effects of physical exercise on physical function in older adults in residential care: A systematic review and network meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet healthy longevity*, 4(6), 247–256. [https://doi.org/10.1016/S2666-7568\(23\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S2666-7568(23)00057-0)
- van de Merwe, K., Mallam, S., & Nazir, S. (2024). Agent transparency, situation awareness, mental workload, and operator performance: A systematic literature review. *Human factors*, 66(1), 180–208. <https://doi.org/10.1177/00187208221077804>
- Vasquez-Bonilla, A. A., Camacho-Cardenosa, A., Timón, R., Martínez-Guardado, I., Camacho-Cardenosa, M., & Olcina, G. (2021). Muscle Oxygen Desaturation and Re-Saturation Capacity Limits in Repeated Sprint Ability Performance in Women Soccer Players: A New Physiological Interpretation. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073484>
- Vater, C., Gray, R., & Holcombe, A. O. (2021). A critical systematic review of the Neurotracker perceptual-cognitive training tool. *Psychonomic bulletin & review*, 28(5), 1458–1483. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01892-2>

- Vaughan, J., Mallett, C. J., Potrac, P., López-Felip, M. A., & Davids, K. (2021). Football, culture, skill development and sport coaching: Extending ecological approaches in athlete development using the skilled intentionality framework. *Frontiers in psychology, 12*(13), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.635420>
- Vecchiato, M., Duregon, F., Zanardo, E., Baiocco, V., Quinto, G., Livio, A., Mazzucato, B., Sarri, C., Bellis, L., Carella, C., Cardillo, M., Neunhaeuserer, D., Ermolao, A., & Battista, F. (2024). Tailored exercise with telehealth monitoring improves adherence and global health in kidney transplant recipients. *Frontiers in sports and active living, 6*(8), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1436742>
- Venckunas, T., Gumauskiene, B., Muanjai, P., Cadefau, J. A., & Kamandulis, S. (2025). High-intensity interval training improves cardiovascular fitness and induces left-ventricular hypertrophy during off-season. *Journal of functional morphology and kinesiology, 10*(3), 1-12. <https://doi.org/10.3390/jfmk10030271>
- Virgara, R., Phillips, A., Lewis, L. K., Baldock, K., Wolfenden, L., Ferguson, T., Richardson, M., Okely, A., Beets, M., & Maher, C. (2021). Interventions in outside-school hours childcare settings for promoting physical activity amongst schoolchildren aged 4 to 12 years. *Cochrane database of systematic reviews, 20*(9), 927–934. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013380>
- Visier-Alfonso, M. E., Sánchez-López, M., Álvarez-Bueno, C., Ruiz-Hermosa, A., Nieto-López, M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2022). Mediators between physical activity and academic achievement: A systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 32*(3), 452–464. <https://doi.org/10.1111/sms.14107>
- Walden, P. R., & Khayumov, J. (2022). The use of auditory-perceptual training as a research method: A summary review. *Journal of voice, 36*(3), 322–334. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.06.032>

- Wan, K. W., Dai, Z. H., Wong, P. S., Ho, R. S., & Tam, B. T. (2025). Comparing the Effects of Integrative Neuromuscular Training and Traditional Physical Fitness Training on Physical Performance Outcomes in Young Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine - open*, 11(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1186/s40798-025-00811-2>
- Wang, C., Xing, J., Zhao, B., Wang, Y., Zhang, L., Wang, Y., Zheng, M., & Liu, G. (2022). The Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Prognosis in Heart Failure and Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular therapeutics*, 20(2), 1-16.
<https://doi.org/10.1155/2022/4273809>
- Wang, D., Pang, X., Shen, P., Mao, D., & Song, Q. (2025). Effectiveness of various exercise types in reducing fall risk among older adults with diabetic peripheral neuropathy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of exercise science & fitness*, 23(3), 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2025.03.005>
- Wang, P., Shi, C., Chen, J., Gao, X., Wang, Z., Fan, Y., & Mao, Y. (2024). Training methods and evaluation of basketball players' agility quality: A systematic review. *Heliyon*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24296>
- Wang, Q., Cui, C., Zhang, N., Lin, W., Chai, S., Chow, S. K., Wong, R. M. Y., Hu, Y., Law, S. W., & Cheung, W. H. (2024). Effects of physical exercise on neuromuscular junction degeneration during ageing: A systematic review. *Journal of orthopaedic translation*, 46(6), 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2024.03.007>
- Wang, X., Liang, X., Ku, Y., Zhan, Y., & Song, R. (2025). Effective motor skill learning induces inverted-U load-dependent activation in contralateral pre-motor and supplementary motor area. *Human brain mapping*, 46(5), 1-15.
<https://doi.org/10.1002/hbm.70208>

- Wang, Z., Chen, N., Cao, S., Gao, L., Geok, S. K., & Liu, J. (2025). The effects of balance training on physical fitness and skill-related performance in basketball players: A systematic review. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 17(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01164-9>
- Weng, W. H., Yeh, N. C., Yang, Y. R., & Wang, R. Y. (2025). Effects of motor-cognitive training on cognitive function and gait performance in older adults with dementia: A systematic review and meta-analysis. *Scientific reports*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-79859-0>
- Wiech, K., Eippert, F., Vandekerckhove, J., Zaman, J., Placek, K., Tuerlinckx, F., Vlaeyen, J. W. S., & Tracey, I. (2022). Cortico-brainstem mechanisms of biased perceptual decision-making in the context of pain. *The journal of Pain*, 23(4), 680–692. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2021.11.006>
- Wieland, B., Behringer, M., & Zentgraf, K. (2022). Motor imagery and the muscle system. *International journal of psychophysiology*, 174(5), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.02.004>
- Wilhite, K., Booker, B., Huang, B. H., Antczak, D., Corbett, L., Parker, P., Noetel, M., Rissel, C., Lonsdale, C., Del Pozo Cruz, B., & Sanders, T. (2023). Combinations of physical activity, sedentary behavior, and sleep duration and their associations with physical, psychological, and educational outcomes in children and adolescents: A systematic review. *American journal of epidemiology*, 192(4), 665–679. <https://doi.org/10.1093/aje/kwac212>
- Williams, M. D., Ramirez-Campillo, R., Chaabene, H., & Moran, J. (2021). Neuromuscular Training and Motor Control in Youth Athletes: A Meta-Analysis. *Perceptual and motor skills*, 128(5), 1975–1997. <https://doi.org/10.1177/00315125211029006>

- Willis, E. A., Herrmann, S. D., Hastert, M., Kracht, C. L., Barreira, T. V., Schuna, J. M. Jr., Cai, Z., Quan, M., Conger, S. A., Brown, W. J., & Ainsworth, B. E. (2024). Older adult compendium of physical activities: Energy costs of human activities in adults aged 60 and older. *Journal of sport and health science*, 13(1), 13–17.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.10.007>
- Wohl, T. R., Criss, C. R., Haggerty, A. L., Rush, J. L., Simon, J. E., & Grooms, D. R. (2024). The impact of visual perturbation neuromuscular training on landing mechanics and neural activity: A pilot study. *International journal of sports physical therapy*, 19(11), 1333–1347. <https://doi.org/10.26603/001c.123958>
- Wolpe, N., Ingram, J. N., Tsvetanov, K. A., Henson, R. N., Wolpert, D. M., Cam-CAN, & Rowe, J. B. (2020). Age-related reduction in motor adaptation: Brain structural correlates and the role of explicit memory. *Neurobiology of aging*, 90(2), 13–23.
<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2020.02.016>
- Wood, R. J. (2010). *Ruler drop test*. Topend Sports.
<https://www.topendsports.com/testing/tests/ruler.htm>
- Woodman, G. F., Wang, S., Sutterer, D. W., Reinhart, R. M. G., & Fukuda, K. (2022). Alpha suppression indexes a spotlight of visual-spatial attention that can shine on both perceptual and memory representations. *Psychonomic bulletin & review*, 29(3), 681–698. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-02034-4>
- Wu, T. Y., Nien, J. T., Kuan, G., Wu, C. H., Chang, Y. C., Chen, H. C., & Chang, Y. K. (2021). The Effects of Mindfulness-Based Intervention on Shooting Performance and Cognitive Functions in Archers. *Frontiers in psychology*, 12(7), 1-10.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.661961>
- Yang, W., Li, Z., Guo, A., Li, S., Yang, X., & Ren, Y. (2021, April). Effects of stimulus intensity on audiovisual integration in aging across the temporal dynamics of processing. *International journal of psychophysiology*, 162(4), 95–103.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2021.01.017>

- Yu, T., Xu, Y., Zhang, Z., Sun, Y., Zhong, J., & Ding, C. (2025). The impact of core training on overall athletic performance in different sports: A comprehensive meta-analysis. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 17(1), 10–17. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01159-6>
- Zaccaron, S., Mari, L., D'Alleva, M., Stafuzza, J., Parpinel, M., Lazzer, S., & Rejc, E. (2025). Effects of neuromuscular priming with spinal cord transcutaneous stimulation on lower limb motor performance in humans: A randomized crossover sham-controlled trial. *Journal of clinical medicine*, 14(12), 1-21. <https://doi.org/10.3390/jcm14124143>
- Zemková, E., & Zapletalová, L. (2022). The role of neuromuscular control of postural and core stability in functional movement and athlete performance. *Frontiers in physiology*, 13(9), 76–83. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>
- Zhang, M., Li, F., Jiao, J., Liang, W., Gomez, M. A., & Scanlan, A. T. (2025). Effects of different training methods on open-skill and closed-skill agility in basketball players: A systematic review and meta-analysis. *Sports medicine - open*, 11(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00842-9>
- Zheng, J., Pan, T., Jiang, Y., & Shen, Y. (2022). Effects of Short- and Long-Term Detraining on Maximal Oxygen Uptake in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed research international*, 20(2), 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/2130993>
- Zheng, T., Kong, R., Liang, X., Huang, Z., Luo, X., Zhang, X., et al. (2025). Effects of plyometric training on jump, sprint, and change of direction performance in adolescent soccer players: A systematic review with meta-analysis. *Plos one*, 20(4), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319548>

- Zhou, L., Liang, W., He, Y., Duan, Y., Rhodes, R. E., Lippke, S., Baker, J. S., Liang, Y., Han, L., Liu, W. X., & Liu, Q. (2023). A school-family blended multi-component physical activity program for Fundamental Motor Skills Promotion Program for Obese Children (FMSPPPOC): Protocol for a cluster randomized controlled trial. *BMC public health*, 23(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15210-z>
- Zhu, C., & Han, J. (2022). The higher, more complicated: The neural mechanism of hierarchical task switching on prefrontal cortex. *Brain sciences*, 12(5), 1-10. <https://doi.org/10.3390/brainsci12050645>
- Zhu, R., Zheng, M., Liu, S., Guo, J., & Cao, C. (2024). Effects of perceptual-cognitive training on anticipation and decision-making skills in team sports: A systematic review and meta-analysis. *Behavioral sciences*, 14(10), 1-21. <https://doi.org/10.3390/bs14100919>
- Zouhal, H., Hammami, A., Tijani, J. M., Jayavel, A., de Sousa, M., Krstrup, P., Sghaeir, Z., Granacher, U., & Ben Abderrahman, A. (2020). Effects of small-sided soccer games on physical fitness, physiological responses, and health indices in untrained individuals and clinical populations: A systematic review. *Sports medicine*, 50(5), 987–1007. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01256-w>
- Zwingmann, L., Hoppstock, M., Goldmann, J. P., & Wahl, P. (2021). The effect of physical training modality on exercise performance with police-related personal protective equipment. *Applied ergonomics*, 9(3), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103371>



วิทยาเขตอุดรธานี

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ



วิทยาเขตอุดรธานี



ประกาศมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี
เรื่อง แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

ตามที่มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี เชิญผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ในการนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ดำเนินการตอบรับและยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยแล้วนั้น

ดังนั้น เพื่อให้การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ จึงแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ดังรายชื่อต่อไปนี้

ผู้วิจัย	หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
นายอภิสิทธิ์ สีทา (M๖๗๑๖๓๐๒๐๑๐)	ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน	๑. นายภัทรารุณ ขาวสนิท ๒. นายวิรัชชัย ดำรงอ่องตระกูล ๓. นายพรรษา มีสัถยธรรม ๔. นายธนา ชะนะบุตร ๕. นายสุพล ยะปะภา

ประกาศ ณ วันที่ ๑๓ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๘

๒๕๖๘

วิทยาเขตอุดรธานี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไวพจน์ จันทร์เสม)

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ประจำวิทยาเขตอุดรธานี

แบบตอบรับเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี คณะศึกษาศาสตร์

ตามหนังสือที่ กก ๐๕๒๐/ว ๕๐๗ ลงวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ได้ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัวนักศึกษา Mb๗๑๖๑๓๐๒๐๑๐
นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ได้รับการอนุมัติ
ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
ต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการพัฒนา
เครื่องมือการวิจัย นั้น

ข้าพเจ้า นายภัทรารุณ ชาวสนธิ ได้พิจารณาแล้ว

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
เนื่องจาก.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ



วิทยาเขตอุดรธานี

**แบบตอบรับเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี คณะศึกษาศาสตร์**

ตามหนังสือที่ กก ๐๕๒๐/ว ๕๐๘ ลงวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ได้ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัวนักศึกษา M๖๗๑๖๑๓๐๒๐๑๐ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ได้รับการอนุมัติในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือการวิจัย นั้น

ข้าพเจ้า นายธวัชชัย ดำรงค์อ่องตระกูล ได้พิจารณาแล้ว

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
 เนื่องจาก.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายธวัชชัย ดำรงค์อ่องตระกูล)



วิทยาเขตอุดรธานี

**แบบตอบรับเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี คณะศึกษาศาสตร์**

ตามหนังสือที่ กก ๐๕๒๐/ว ๕๐๙ ลงวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ได้ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัวนักศึกษา M๖๗๑๖๑๓๐๒๐๑๐ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ได้รับการอนุมัติในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือการวิจัย นั้น

ข้าพเจ้า นายพรชา มีสัจธรรม ได้พิจารณาแล้ว

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
 เนื่องจาก.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

พรชา

(นายพรชา มีสัจธรรม)



วิทยาเขตอุดรธานี

แบบตอบรับเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี คณะศึกษาศาสตร์

ตามหนังสือที่ กก ๐๕๒๐/ว ๕๐๘ ลงวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ได้ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ
ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัวนักศึกษา Mb๗๑๖๑๓๐๒๐๑๐
นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ได้รับการอนุมัติ
ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
ต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการพัฒนา
เครื่องมือการวิจัย นั้น

ข้าพเจ้า นายธนา ชะนะบุตร ได้พิจารณาแล้ว

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
เนื่องจาก.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายธนา ชะนะบุตร)

วิทยาเขตอุดรธานี

**แบบตอบรับเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย
มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี คณะศึกษาศาสตร์**

ตามหนังสือที่ กก ๐๕๒๐.๐๔/๑๑๑๓ ลงวันที่ ๒๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ได้ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ของนายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัวนักศึกษา M๖๗๑๖๑๓๐๒๐๑๐ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา ได้รับการอนุมัติในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือการวิจัย นั้น

ข้าพเจ้า นายสุพล ยะปะภา ได้พิจารณาแล้ว

- ☒ ยินดีเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
☐ ไม่สามารถเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ในครั้งนี้
 เนื่องจาก.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุพล ยะปะภา)



วิทยาเขตอุดรธานี

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



วิทยาเขตอุดรธานี

โปรแกรมการฝึกการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ จำนวน 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่ 1-2

รายละเอียดการฝึก สัปดาห์ที่ 1-2	เวลาฝึก (วินาที)	รอบ	Set	พัก ระหว่าง Set (นาที)	พัก ระหว่าง แบบฝึก (นาที)	ความหนัก
1. Warm up	- วิ่ง jogging + dynamic 10 นาที					
2. แบบฝึกที่ 1 One-leg Balance + Tap	30	2	4	1	2	- RPE = 9-11
3. แบบฝึกที่ 2 Cone Direction Drill	30	2	4	1	2	
4. แบบฝึกที่ 3 Number Memory + Sprint	30	2	4	1	2	
5. แบบฝึกที่ 4 Frontal Mirror Drill	30	2	4	1	2	
6. แบบฝึกที่ 5 Squat Jump + Shuttle Run	30	2	4	1	2	
7. การผ่อนคลายอุ่น (Cool down)	- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที					

สัปดาห์ที่ 3-4

รายละเอียดการฝึก สัปดาห์ที่ 3-4	เวลาฝึก (วินาที)	รอบ	Set	พัก ระหว่าง Set (นาที)	พัก ระหว่าง แบบฝึก (นาที)	ความหนัก
1. Warm up	- วิ่ง jogging + dynamic 10 นาที					
2. แบบฝึกที่ 1 One-leg Balance + Tap	30	2	5	1	2	- RPE = 12-14
3. แบบฝึกที่ 2 Cone Direction Drill	30	2	5	1	2	
4. แบบฝึกที่ 3 Number Memory + Sprint	30	2	5	1	2	
5. แบบฝึกที่ 4 Frontal Mirror Drill	30	2	5	1	2	
6. แบบฝึกที่ 5 Squat Jump + Shuttle Run	30	2	5	1	2	
7. การผ่อนคลายอุ่น (Cool down)	- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที					

สัปดาห์ที่ 5-6

รายละเอียดการฝึก สัปดาห์ที่ 5-6	เวลาฝึก (วินาที)	รอบ	Set	พัก ระหว่าง Set (วินาที)	พัก ระหว่าง แบบฝึก (นาที)	ความหนัก
1. Warm up	- วิ่ง jogging + dynamic 10 นาที					
2. แบบฝึกที่ 1 One-leg Balance + Tap	30	2	6	1	2	- RPE = 15-17
3. แบบฝึกที่ 2 Cone Direction Drill	30	2	6	1	2	
4. แบบฝึกที่ 3 Number Memory + Sprint	30	2	6	1	2	
5. แบบฝึกที่ 4 Frontal Mirror Drill	30	2	6	1	2	
6. แบบฝึกที่ 5 Squat Jump + Shuttle Run	30	2	6	1	2	
7. การผ่อนคลายอุ่น (Cool down)	- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที					

สัปดาห์ที่ 7-8

รายละเอียดการฝึก สัปดาห์ที่ 7-8	เวลาฝึก (วินาที)	รอบ	Set	พัก ระหว่าง Set (นาที)	พัก ระหว่าง แบบฝึก (นาที)	ความหนัก
1. Warm up	- วิ่ง jogging + dynamic 10 นาที					
2. แบบฝึกที่ 1 One-leg Balance + Tap	30	2	6	1	2	- RPE = 15-17
3. แบบฝึกที่ 2 Cone Direction Drill	30	2	6	1	2	
4. แบบฝึกที่ 3 Number Memory + Sprint	30	2	6	1	2	
5. แบบฝึกที่ 4 Frontal Mirror Drill	30	2	6	1	2	
6. แบบฝึกที่ 5 Squat Jump + Shuttle Run	30	2	6	1	2	
7. การผ่อนคลายอุ่น (Cool down)	- ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที					

หมายเหตุ: ประเมินค่าคะแนนอัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (Rating of perceived exertion;

RPE) การประเมิน

ค่าคะแนนอัตราการรับรู้การออกแรงของร่างกาย ทำการวัดหลังการฝึก ให้ผู้รับการฝึก

ประเมินตนเองออกมาเป็นตัวเลข โดยมีความหมายดังนี้

- ระดับ 9-11 หมายถึง การรับรู้ในการฝึกระดับความหนักต่ำ
- ระดับ 12-14 หมายถึง การรับรู้ในการฝึกระดับความหนักปานกลาง
- ระดับ 15-17 หมายถึง การรับรู้ในการฝึกระดับความหนักสูง

โปรแกรมการฝึกการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้

แบบฝึกที่ 1 One-leg Balance + Tap

One-leg Balance + Tap คือ แบบฝึกที่ผสมผสานการทรงตัวบนขาข้างเดียว (one-leg balance) ร่วมกับการแตะ (tap) บริเวณเป้าหมายที่กำหนด เช่น การแตะกรวยหรือสัญลักษณ์รอบตัว เพื่อฝึกสมดุลร่างกาย (balance) การประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular coordination) รวมถึงความรวดเร็วและความแม่นยำในการเคลื่อนไหวขณะที่รักษาการทรงตัว (Behm & Anderson, 2022)

จุดมุ่งหมายของแบบฝึก

1. พัฒนาความสมดุลและการควบคุมร่างกายบนขาข้างเดียว
2. เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณขาและลำตัว
3. เพิ่มความสามารถในการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
4. ฝึกความรวดเร็วและความแม่นยำของการเคลื่อนไหวในขณะที่ยังรักษาสมดุล
5. ลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บโดยเฉพาะการบาดเจ็บที่ข้อเท้าและเข่า

หลักการทางสรีรวิทยา

การทรงตัวบนขาข้างเดียวกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ stabilizer รอบข้อเท้าและข้อเข่า รวมถึงกล้ามเนื้อ core เพื่อรักษา posture (Gribble et al., 2023) ระบบประสาทส่วนปลาย (proprioceptive system) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลความรู้สึกตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของร่างกายไปยังสมอง เพื่อปรับสมดุลอย่างต่อเนื่อง การแตะเป้าหมายช่วยกระตุ้นการประสานงานระหว่างสายตากับกล้ามเนื้อ (visuomotor coordination) เพิ่มความแม่นยำและความรวดเร็วของการเคลื่อนไหว

อุปกรณ์

1. กรวย 12 อัน 
2. Busu ball 3 อัน 

ขั้นตอนการฝึก

1. ยืนทรงตัวบนขาข้างหนึ่งอย่างมั่นคง บน Busu ball
2. ใช้มือแตะกรวยหรือเป้าหมายที่วางไว้รอบตัว เช่น ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง โดยที่ยังคงทรงตัวบนขาข้างนั้น
3. พยายามแตะเป้าหมายอย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยไม่ให้ขาแตะพื้นหรือเสียสมดุล สลับข้างทำซ้ำเพื่อพัฒนาความสมดุลทั้งสองข้าง



แบบฝึกที่ 2 Cone Direction Drill

Cone Direction Drill คือ แบบฝึกที่ใช้กรวย (cone) วางเรียงเป็นรูปแบบต่าง ๆ เพื่อฝึกฝนทักษะการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว (change of direction), ความคล่องตัว (agility) และการควบคุมการเคลื่อนไหวในกีฬา เช่น ฟุตบอล โดยนักกีฬาจะต้องวิ่งหรือเคลื่อนไหวรอบกรวยตามลำดับที่กำหนด ซึ่งช่วยฝึกการตอบสนองและประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular coordination) (Young, James, & Montgomery, 2023).

จุดมุ่งหมายของแบบฝึก

1. พัฒนาความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วและแม่นยำ
2. เพิ่มความคล่องตัวและการควบคุมร่างกาย
3. ปรับปรุงการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
4. เสริมสร้างความเร็วในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก
5. พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการทรงตัว (balance)

หลักการทางสรีรวิทยา

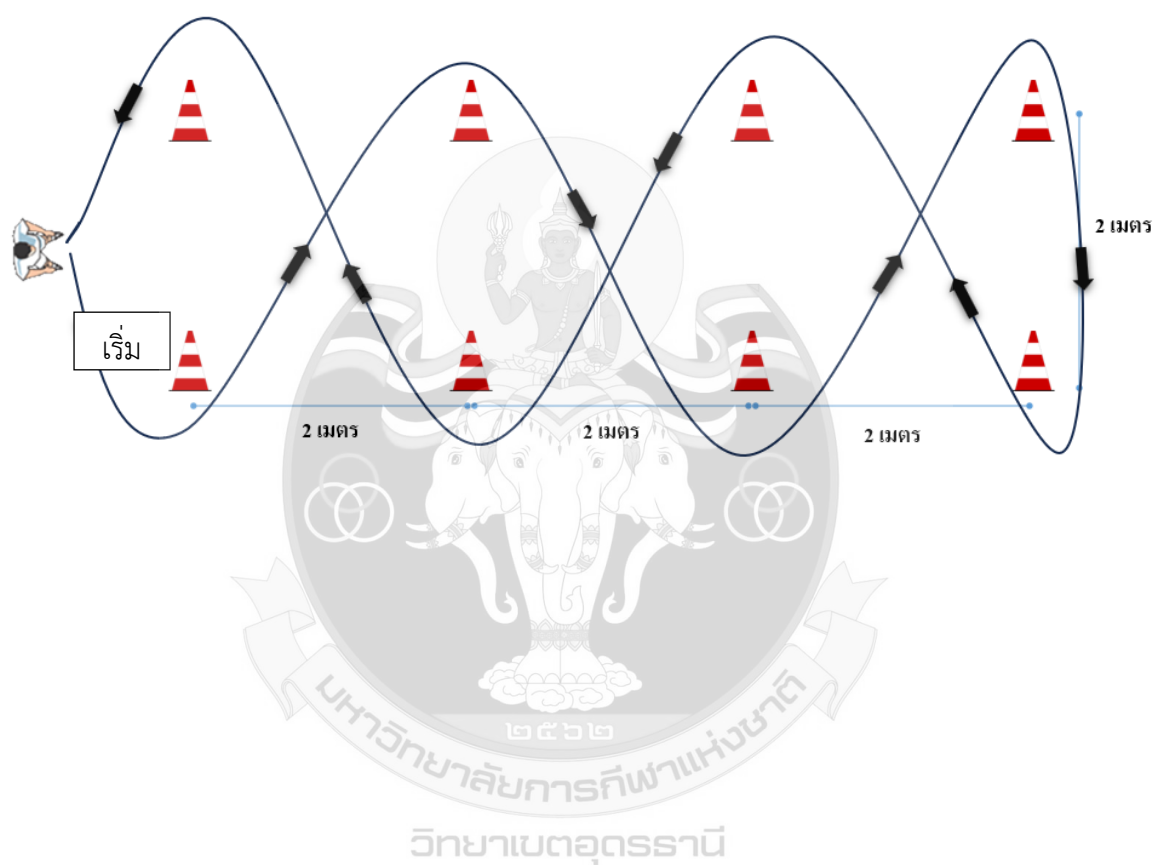
การฝึก Cone Direction Drill ช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อประเภท fast-twitch fibers (กล้ามเนื้อที่ตอบสนองเร็ว) ซึ่งจำเป็นสำหรับการเปลี่ยนทิศทางและการเร่งความเร็วอย่างรวดเร็ว (Bompa & Haff, 2021) ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่และสั่งการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว การฝึกซ้ำจะช่วยพัฒนา neuroplasticity ทำให้เกิดการเชื่อมโยงที่มีประสิทธิภาพระหว่างสมองกับกล้ามเนื้อ (Sale, 2022)

อุปกรณ์

1. กรวย 24 อัน 

ขั้นตอนการฝึก

1. วางกรวยเป็นรูปแบบซิกแซก โดยมีระยะห่างระหว่างกรวยประมาณ 2 เมตร
2. ผู้ฝึกจะวิ่งหรือเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางรอบกรวยอย่างรวดเร็ว
3. ฝึกเปลี่ยนทิศทางเมื่อถึงกรวยแต่ละจุด และพยายามรักษาความเร็วสูงสุด



แบบฝึกที่ 3 Number Memory + Sprint

Number Memory + Sprint คือ แบบฝึกที่ผสมผสานการฝึกความจำตัวเลข (working memory) ร่วมกับการวิ่งสปринต์ (sprint) ซึ่งเป็นการฝึกทั้งสองและร่างกายไปพร้อมกัน เพื่อพัฒนาทักษะด้านความจำ การประมวลผลข้อมูล และการตอบสนองทางร่างกายอย่างรวดเร็ว (dual-task training) ซึ่งสำคัญในกีฬาที่ต้องใช้ความเร็วและการตัดสินใจอย่างทันทีทันใด เช่น ฟุตบอล (Smith & Jones, 2024)

จุดมุ่งหมายของแบบฝึก

1. ฝึกพัฒนาความจำระยะสั้น (working memory) และความสามารถในการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็ว
2. พัฒนาความเร็วและความแข็งแรงในการวิ่งสปринต์
3. เสริมสร้างการประสานงานระหว่างระบบประสาทส่วนรับรู้และกล้ามเนื้อ (neuromuscular coordination)
4. เพิ่มความสามารถในการตอบสนองทั้งทางร่างกายและสมองพร้อมกัน (cognitive-motor dual tasking)
5. พัฒนาความสามารถในการทำงานหลายอย่างพร้อมกัน (multitasking) ที่สำคัญในสถานการณ์การแข่งขัน

หลักการทางสรีรวิทยา

การวิ่งสปринต์ช่วยกระตุ้นการใช้กล้ามเนื้อประเภท fast-twitch fibers ที่ให้พลังงานสูงและตอบสนองรวดเร็ว (Baumert et al., 2023) การฝึกความจำตัวเลขเป็นการกระตุ้นสมองส่วนหน้าผาก (prefrontal cortex) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผนและความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงซ้อน (working memory) การฝึกแบบ dual-task ช่วยเสริมสร้าง neuroplasticity โดยเพิ่มการเชื่อมโยงระหว่างสมองส่วนรับรู้และส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว การฝึกควบคู่ทั้งสองและร่างกายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย

อุปกรณ์

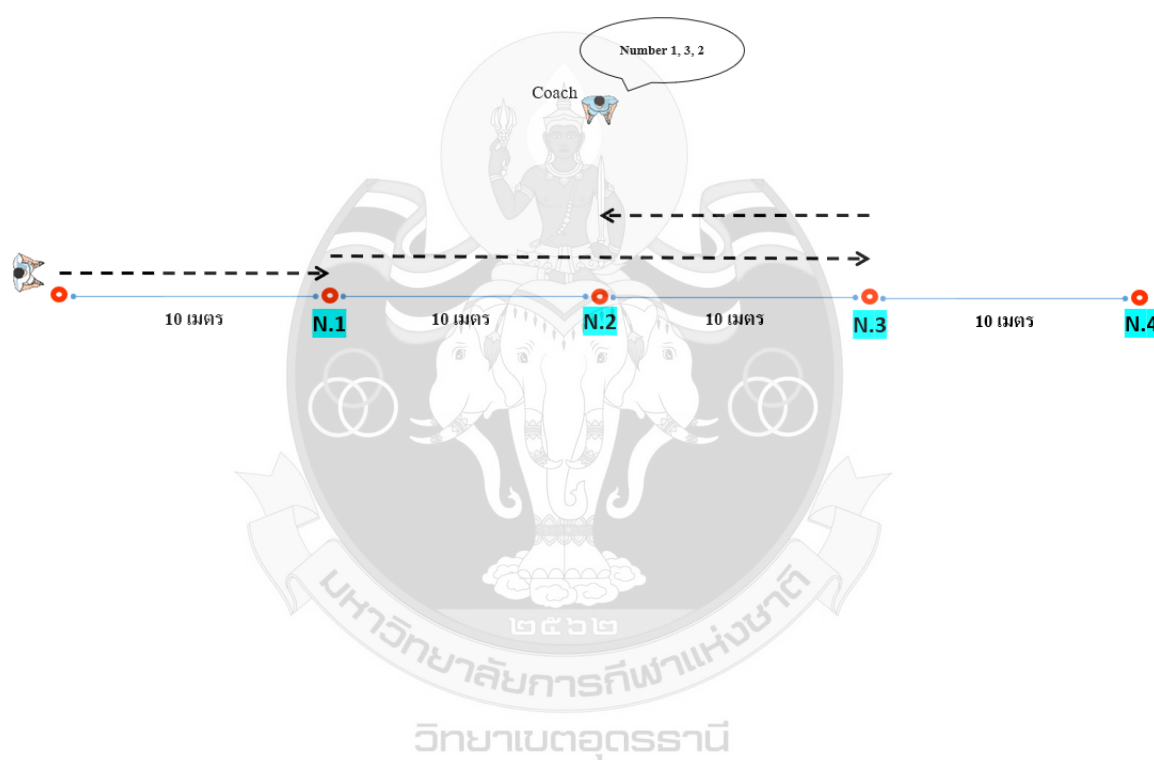
1. ชุดตัวเลข 1- 4 สามชุด
2. มาร์คเกอร์ 15 อัน

No



ขั้นตอนการฝึก

1. โค้ชหรือผู้ฝึกสอนจะพูดหรือแสดงตัวเลขชุดหนึ่ง (เช่น 1, 3, 2) ให้ผู้ฝึกจำ
2. ทันทีที่ตัวเลขถูกพูดหรือแสดงจบ ผู้ฝึกจะวิ่งสปринต์ในระยะทาง 10-30 เมตร
3. หลังจากวิ่งเสร็จ ต้องพูดหรือตอบตัวเลขที่จำได้อย่างถูกต้อง
4. เพิ่มความยากโดยการเพิ่มจำนวนตัวเลขหรือความซับซ้อนของชุดตัวเลข



แบบฝึกที่ 4 Frontal Mirror Drill

Frontal Mirror Drill หรือ แบบฝึกกระจกด้านหน้า เป็นแบบฝึกที่มุ่งเน้นการพัฒนาการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular coordination) โดยเฉพาะในด้านการรับรู้ทิศทาง การควบคุมการเคลื่อนไหว และการตอบสนองที่แม่นยำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วและสอดคล้อง เช่น ฟุตบอล

จุดมุ่งหมายของแบบฝึก

1. พัฒนาการประสานงานระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
2. ส่งเสริมการรับรู้เชิงพื้นที่และเวลา (spatiotemporal awareness)
3. เพิ่มสมาธิและการตัดสินใจ (decision-making) ระหว่างการเคลื่อนไหว
4. พัฒนาความสามารถในการปรับตัวต่อสิ่งเร้าอย่างต่อเนื่อง (adaptive movement)

หลักการทางสรีรวิทยา

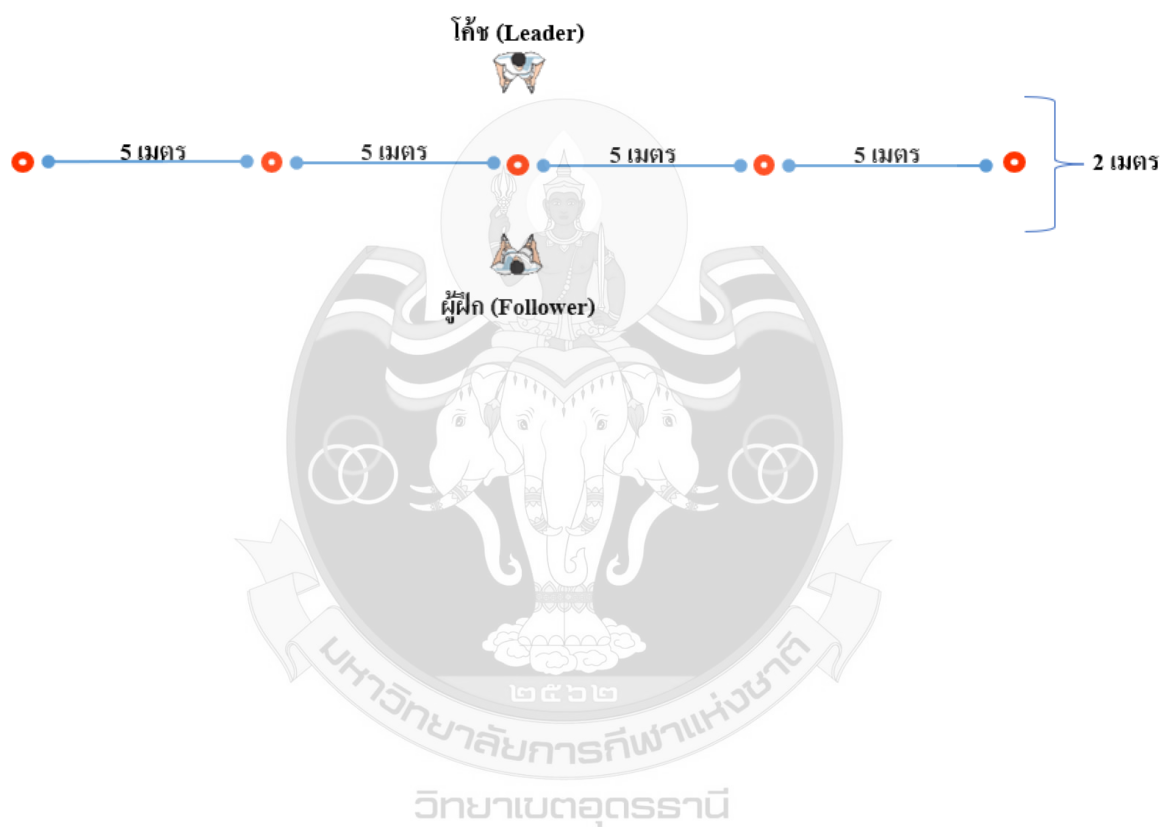
การฝึกในลักษณะนี้ช่วยกระตุ้นสมองส่วนหน้า (prefrontal cortex) และสมองส่วนข้าง (parietal lobe) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย (proprioception) และการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว โดยมีผลต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวและการตอบสนองในสถานการณ์จริงของกีฬา (Yarrow et al., 2021) นอกจากนี้ การสังเกตและเลียนแบบการเคลื่อนไหวของคู่มือยังช่วยกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาทกระจก (mirror neurons) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ทักษะผ่านการเลียนแบบและการจดจำการเคลื่อนไหว (Keysers & Gazzola, 2022)

อุปกรณ์

1. มาร์คเกอร์ 15 อัน  วิชาเบตอุดรธานี

ขั้นตอนการฝึก

1. นักกีฬาทั้งสองยืนห่างกันประมาณ 1.5–2 เมตร
2. โค้ช (Leader) เคลื่อนไหว เช่น ขยับซ้าย-ขวา, ย่อเข้า, ยกแขน, หรือหมุนลำตัว
3. ผู้ฝึก (Follower) พยายามทำตามการเคลื่อนไหวเหล่านั้นแบบเรียลไทม์
4. สามารถปรับระดับความเร็ว ความซับซ้อนได้ตามความสามารถ



แบบฝึกที่ 5 Squat Jump + Shuttle Run

เป็นการผสมผสานระหว่างการฝึก พลังระเบิด (Explosive power) และ ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) เพื่อพัฒนาความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อให้ตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องการการเปลี่ยนทิศทางบ่อย เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล หรือฟุตซอล (Clark & Foster, 2023)

จุดมุ่งหมายของแบบฝึก

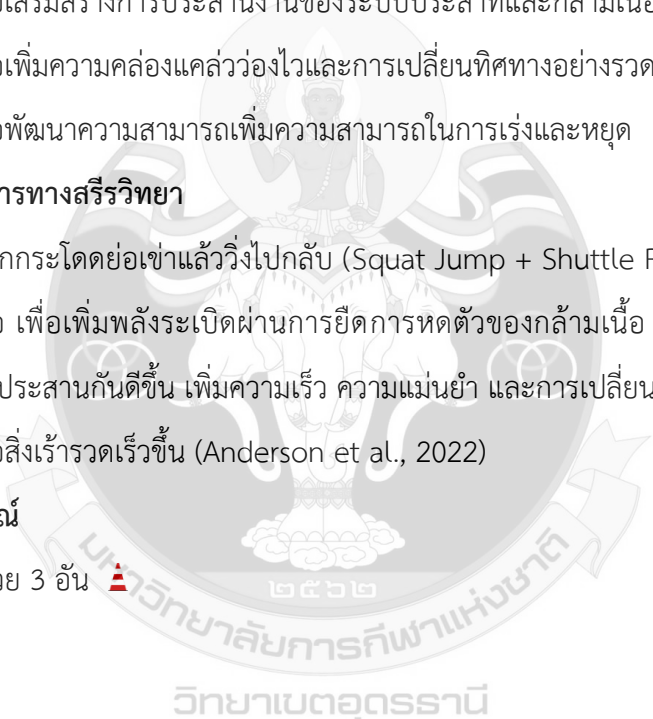
1. เพื่อพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา
2. เพื่อเสริมสร้างการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ
3. เพื่อเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวและการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว
4. เพื่อพัฒนาความสามารถเพิ่มความสามารถในการเร่งและหยุด

หลักการทางสรีรวิทยา

แบบฝึกกระโดดย่อเข่าแล้ววิ่งไปกลับ (Squat Jump + Shuttle Run) ช่วยกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มพลังระเบิดผ่านการยืดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ระบบประสาทกล้ามเนื้อทำงานประสานกันดีขึ้น เพิ่มความเร็ว ความแม่นยำ และการเปลี่ยนทิศทางอย่างคล่องแคล่ว การตอบสนองต่อสิ่งเร้ารวดเร็วขึ้น (Anderson et al., 2022)

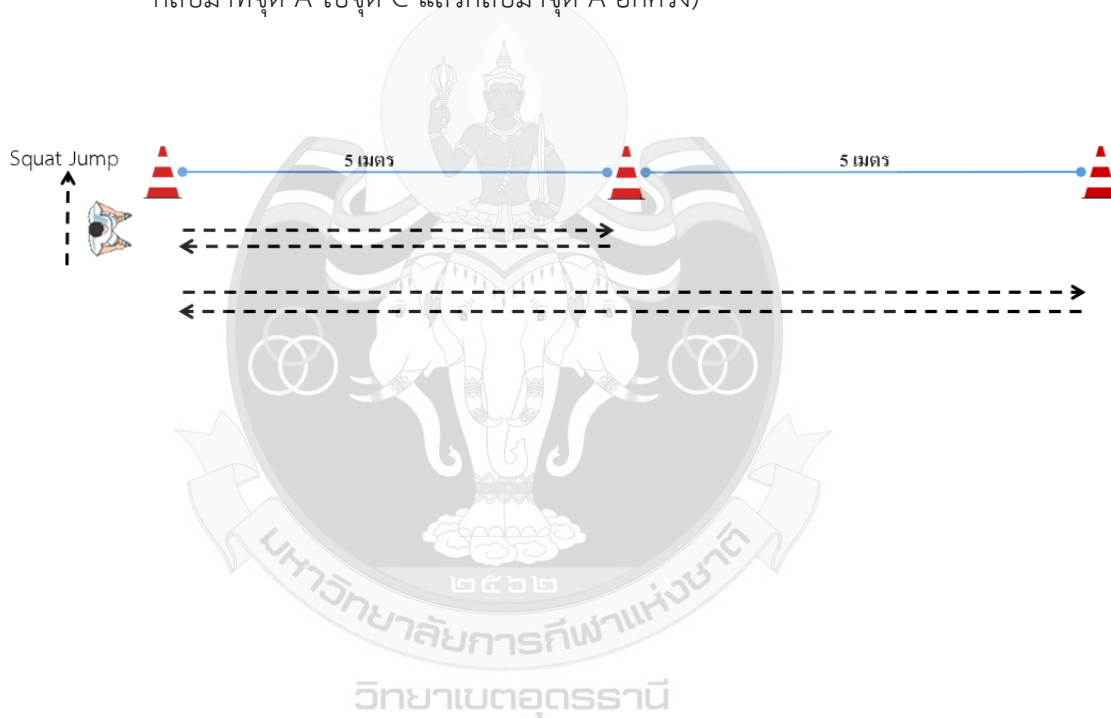
อุปกรณ์

1. กรวย 3 อัน 



ขั้นตอนการฝึก

1. เริ่มต้นที่จุด A
2. ยืนในท่ากึ่งย่อตัว เท้ากว้างระดับไหล่
3. ทำ Squat Jump จำนวน 3 ครั้ง (กระโดดขึ้นให้สูงที่สุด พร้อมใช้แขนเหวี่ยงช่วย)
4. ขณะลงแตะพื้นให้ย่อตัวเล็กน้อยเพื่อลดแรงกระแทก
5. หลังจากกระโดดครบ 3 ครั้ง
6. วิ่งด้วยความเร็วไปกลับระหว่างกรวยระยะ 5 เมตร และ 10 เมตร (วิ่งจากจุด A ไปจุด B กลับมาที่จุด A ไปจุด C แล้วกลับมาจุด A อีกครั้ง)





แบบทดสอบความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลของเยาวชน

1. แบบทดสอบ Lower quarter Y-balance test

จุดประสงค์ เพื่อวัดความสามารถในการทรงตัว

อุปกรณ์ และสถานที่

- แถบวัด Y-Balance Test Kit (หรือทำเองโดยใช้เทปและตลับเมตร)
- กรวยเล็กหรือ marker
- แบบบันทึกผล (score sheet)
- พื้นผิวเรียบ แข็ง ไม่ลื่น

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ให้ผู้ทดสอบยืนด้วยเท้าข้างหนึ่งบนจุดศูนย์กลางของรูปตัว Y ที่มีเส้นสามเส้นพาดออกไปในทิศทางด้านหน้า (Anterior) ด้านหลังเฉียงไปทางกลาง (Posteromedial) และด้านหลังเฉียงไปทางข้าง (Posterolateral) ขาอีกข้างหนึ่งทำการเหยียดไปในแต่ละทิศทางให้ไกลที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่สูญเสียการทรงตัว หรือสัมผัสพื้นด้วยเท้าที่เหยียดออกไป ทำการทดสอบในแต่ละทิศทาง 3 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 1 นาที และบันทึกระยะทางที่ไกลที่สุดในแต่ละทิศทาง ผลการทดสอบสามารถนำมาคำนวณเป็นคะแนนรวม (Composite score) โดยพิจารณาจากความยาวของขาเพื่อประเมินความสมดุลและความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หน่วยเป็นเซนติเมตร (Bubić and Kozinc, 2023, pp. 5–12)



2. แบบทดสอบ Reactive y-shaped agility test

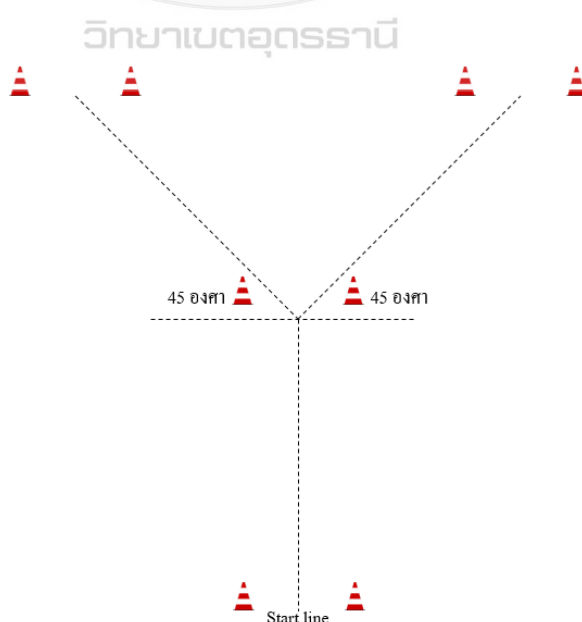
จุดประสงค์ เพื่อวัดความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์ และสถานที่

- กรวย (Cones) 4 อัน สำหรับกำหนดเส้นทางรูปตัว Y
- นาฬิกาจับเวลา
- สิ่งเร้า (Stimulus) เช่น เสียง
- สายวัด/ตลับเมตร – สำหรับจัดระยะทางอย่างแม่นยำ
- สนามเรียบ

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบยืนในท่าเตรียมพร้อมบริเวณหลังเส้นเริ่มต้น (Start line) เมื่อได้รับสัญญาณเริ่มต้นจากผู้ทดสอบ ผู้เข้าร่วมจะวิ่งตรงไปยังจุดตัดกลางของสนามทดสอบด้วยความเร็วสูงสุดทันที เมื่อผู้เข้าร่วมเคลื่อนที่ถึงจุดตัดกลาง ผู้ทดสอบจะให้สัญญาณสิ่งเร้าโดยทันที เช่น การเปิดสัญญาณไฟหรือการยกมือซ้าย-ขวา เพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้าร่วมตอบสนองด้วยการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวไปทางซ้ายหรือขวาตามสิ่งเร้าที่ปรากฏ จากนั้นวิ่งต่อจนถึงกรวยปลายทาง การจับเวลาจะเริ่มต้นนับตั้งแต่ผู้เข้าร่วมเริ่มเคลื่อนไหวออกจากเส้นเริ่มต้นจนถึงขณะวิ่งถึงกรวยปลายทาง โดยใช้อุปกรณ์จับเวลาความละเอียดสูงหรือตัวจับเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic timing system) เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ผู้เข้าร่วมทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 3 นาที บันทึกผลครั้งที่ทำเวลาดีที่สุด หน่วยเป็นวินาที (Horníková et al., 2021, pp. 1-9)



3. แบบทดสอบ 505 test

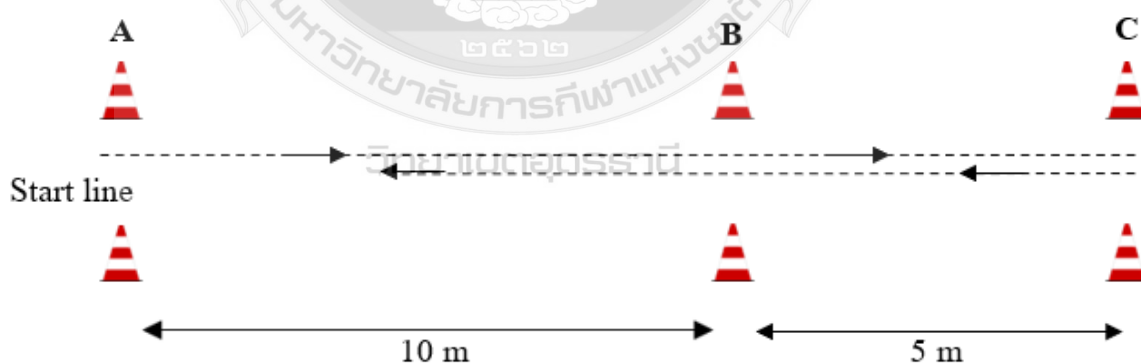
จุดประสงค์ เพื่อวัดความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction ability)

อุปกรณ์ และสถานที่

- ลู่วิ่งหรือพื้นเรียบยาวอย่างน้อย 15 เมตร
- นาฬิกาจับเวลา
- กรวย (Cones) 6 อัน

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ผู้เข้ารับการทดสอบจะเริ่มวิ่งจากเส้นเริ่มต้นด้วยความเร็วสูงสุด ผ่านจุด Timing gate ที่ตั้งอยู่ห่างจากเส้นเริ่มต้น 10 เมตร จากนั้นจึงวิ่งต่อไปจนถึงเส้นกลับตัวซึ่งอยู่ห่างจาก Timing gate อีก 5 เมตร เมื่อถึงเส้นกลับตัว ผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องแตะเส้นดังกล่าวด้วยเท้าข้างหนึ่ง (Plant foot) เพื่อทำการกลับตัว และวิ่งกลับไปในทิศทางเดิม โดยการจับเวลาจะดำเนินการเฉพาะระยะทาง 5 เมตรก่อนถึงเส้นกลับตัว และ 5 เมตรหลังจากกลับตัว เพื่อประเมินความสามารถในการเปลี่ยนทิศทาง (Change of direction time) ได้อย่างแท้จริงภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุม หน่วยเป็นวินาที (Dos'Santos et al., 2022, pp. 54–65)



4. แบบทดสอบเวลาในการตอบสนอง

โดยใช้เครื่อง The FitLight device (FitLight Sports Corp, Aurora, Ontario Canada)

จุดประสงค์ เพื่อวัดวัดเวลาในการตอบสนอง (Response time)

อุปกรณ์ และสถานที่

- The FitLight device (FitLight Sports Corp, Aurora, Ontario Canada)

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ให้ผู้ทดสอบยืนบนจุดที่กำหนดในท่าเตรียมพร้อม ผู้ทดสอบมองไปที่แผ่นสัญญาณไฟที่ถูกวางไว้ ทั้งหมด 5 แผ่น หลังจากที่ถูกทดสอบเห็นแสงไฟขึ้น ณ จุดใดของแผ่นสัญญาณไฟ ให้ผู้ทดสอบพยายามเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุด เพื่อที่จะเอาเท้าไปแตะบริเวณแผ่นสัญญาณไฟ เพื่อให้ไฟดับลง และผู้ทดสอบเคลื่อนที่ที่กลับมายังจุดเริ่มต้นก่อนจะเคลื่อนตัวไปแตะแผ่นต่อไปตามลำดับของการสุ่ม แต่ละครั้งสัญญาณจะสุ่มให้ห่างกัน 500-2500 มิลลิวินาที ทำการทดสอบ 2 ครั้ง พักระหว่าง การทดสอบ 3 นาที บันทึกเวลาที่ดีที่สุด หน่วยเป็นมิลลิวินาที (Hassan et al., 2022, pp. 1-17)



5. แบบทดสอบพลังระเบิด

โดยใช้ แบบทดสอบกระโดดไกลยืนอยู่กับที่ (Standing long jump)

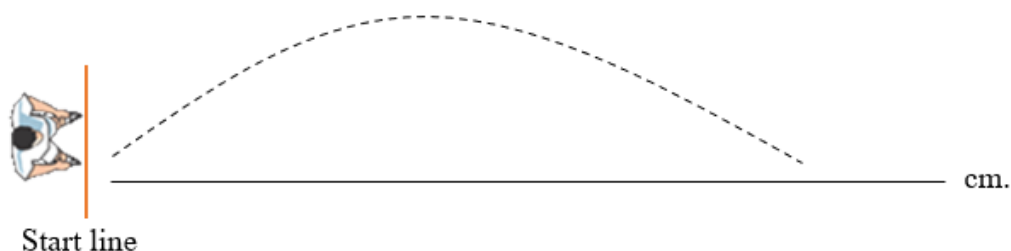
จุดประสงค์ เพื่อวัดพลังระเบิด (Power)

อุปกรณ์ และสถานที่

- เส้นเริ่มต้น
- สายวัดความยาว
- สมุดบันทึกผลและแบบฟอร์มการทดสอบ
- พื้นราบเรียบและไม่ลื่น

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ผู้ทดสอบยืนอยู่หลังเส้นเริ่มต้น (Take-off line) โดยให้เท้าทั้งสองข้างวางขนานกันบนพื้นในระดับความกว้างของไหล่ ปลายเท้าไม่ล้ำเส้นเริ่มต้น และวางแขนทั้งสองข้างอยู่ข้างลำตัวในท่าพร้อม จากนั้นย่อเข่าและเหวี่ยงแขนไปด้านหลังเพื่อสะสมแรง แล้วเหวี่ยงแขนไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วพร้อมเหยียดขาออกเต็มที่เพื่อกระโดดไปข้างหน้าให้ไกลที่สุด โดยผู้เข้าร่วมต้องพยายามรักษาความสมดุลของร่างกายให้มั่นคงทั้งขณะลอยตัวและขณะลงพื้น เมื่อกระโดดลงพื้น ผู้ทดสอบต้องให้เท้าทั้งสองแตะพื้นพร้อมกันและสามารถทรงตัวได้โดยไม่ล้มไปข้างหน้าหรือข้างหลัง หากผู้ทดสอบล้มหรือล้ำเส้นก่อนการกระโดด ผลการทดสอบในครั้งนั้นจะถือว่าไม่สมบูรณ์และต้องทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งในการประเมินผล ผู้ทดสอบจะทำการกระโดดทั้งหมด 2 ครั้ง โดยใช้ค่าระยะทางที่ดีที่สุด (Best score) เป็นผลการทดสอบสุดท้าย ซึ่งค่าระยะดังกล่าวสะท้อนถึงระดับพลังระเบิด และสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยเป็นเซนติเมตร (Marin-Jimenez et al., 2024, pp. 1379–1392)



6. แบบทดสอบความเร็ว

โดยใช้แบบทดสอบความเร็วเชิงเส้น (30 Meter sprint test)

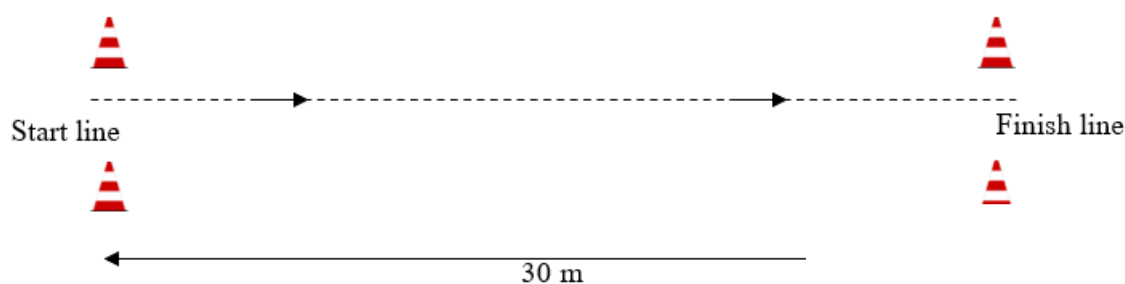
จุดประสงค์ เพื่อวัดความเร็ว (Speed)

อุปกรณ์ และสถานที่

- สายวัดความยาว
- กรวยหรือหลักเขต
- นาฬิกาจับเวลา
- สมุดบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มบันทึกข้อมูล
- ลานหรือทางวิ่งราบ

วิธีการทดสอบและบันทึกผล

ผู้เข้าร่วมการทดสอบเริ่มต้นโดยยืนอยู่หลังเส้นเริ่มต้น (Start line) ในท่ายืนพร้อมออกตัว (Standing start position) โดยวางเท้าข้างหนึ่งไว้ด้านหน้า อีกข้างหนึ่งอยู่ด้านหลังในลักษณะเตรียมพร้อมสำหรับการวิ่ง และจัดแขนให้อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกับขาที่อยู่ด้านหน้าเพื่อความสมดุลของร่างกาย เมื่อผู้ทดสอบให้สัญญาณเริ่มต้น เช่น เสียงนกหวีด ผู้เข้าร่วมจะออกตัววิ่งด้วยความเร็วสูงสุดทันที และพยายามรักษาความเร็วสูงสุดตลอดระยะทาง 30 เมตรจนถึงเส้นสิ้นสุด (Finish line) การจับเวลาจะเริ่มต้นพร้อมกับสัญญาณเริ่มต้นการวิ่ง และหยุดจับเวลาทันทีเมื่อผู้เข้าร่วมวิ่งผ่านเส้นสิ้นสุด โดยใช้นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัลหรือระบบจับเวลาอิเล็กทรอนิกส์ (Timing gate system) เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงและความแม่นยำของข้อมูลการวัดผล หากมีการทดสอบมากกว่าหนึ่งครั้ง จะกำหนดระยะเวลาพักระหว่างการวิ่งแต่ละครั้งอย่างน้อย 2-3 นาที เพื่อให้ระบบพลังงานของร่างกายฟื้นตัวเต็มที่ก่อนทำการทดสอบครั้งถัดไป ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมจะทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง และบันทึกผลโดยใช้เวลาที่ต่ำที่สุด หน่วยเป็นวินาที (Beato et al., 2022, 518-524)





วิทยาเขตอุดรธานี



เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. ชื่อเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ชื่อเค้าโครงวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ) EFFECT OF PERCEPTUAL AND NEUROMUSCULAR COORDINATION TRAINING ON MOTOR SKILL PERFORMANCE IN YOUNG FOOTBALL PLAYERS

2. นักศึกษา

นายอภิสิทธิ์ สีทา รหัสประจำตัว M67161302010 คณะศึกษาศาสตร์ วิทยาเขตอุดรธานี
หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลศึกษาและกีฬา

โทรศัพท์ 0981291481 E-mail: aphisit2537ap@gmail.com

3. หลักการและเหตุผลการวิจัย

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาที่ผ่านมา แม้ว่าจะมีหลักฐานทางวิชาการจำนวนมากที่สนับสนุนประโยชน์ของการฝึกการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการส่งเสริมสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล โดยเฉพาะในด้าน การทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยบางส่วนที่รายงานผลลัพธ์ที่ขัดแย้งหรือไม่ชัดเจนเกี่ยวกับประสิทธิผลของการฝึกดังกล่าว เช่น การศึกษาของ Morral-Yepes et al. (2023, pp. 1-14) พบว่า แม้นักกีฬายาวยังจะมีพัฒนาการด้านความคล่องแคล่วว่องไวภายหลังการฝึก แต่ความสามารถในการทรงตัวและเวลาในการตอบสนองกลับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Trajković et al. (2020, pp. 1-10) แม้จะใช้โปรแกรมฝึกที่เข้มข้นในนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชน แต่กลับพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในความคล่องแคล่วว่องไว และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเวลาการตอบสนอง สะท้อนถึงความแตกต่างเฉพาะบุคคลในการตอบสนองต่อรูปแบบการฝึก นอกจากนี้ การศึกษาของ Friebe et al. (2024, pp. 276-288) ชี้ให้เห็นว่าการฝึกประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้นักกีฬาฟุตบอลสมัครเล่นยกระดับความสามารถด้านความคล่องตัวหรือความเร็วในการตัดสินใจในสถานการณ์แข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับการฝึกเชิงเทคนิคหรือเชิงแทคติก ขณะที่การศึกษาของ Broodryk et al. (2025, pp. 1-13) ได้สรุปว่านักกีฬาฟุตบอลเยาวชนที่ได้รับการฝึกในลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลเชิงบวกเฉพาะต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวในบริบทของห้องปฏิบัติการ แต่การถ่ายทอดผลของการฝึกไปสู่สถานการณ์การแข่งขันจริงยังมีข้อจำกัดอย่างมาก จากข้อค้นพบที่หลากหลายและ

บางส่วนยังมีความขัดแย้งดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิผลของการฝึกการประสานงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการส่งเสริมการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วในนักกีฬาฟุตบอล ยังคงเป็นประเด็นที่อยู่ระหว่างการอภิปราย และต้องการการพิสูจน์เพิ่มเติม โดยเฉพาะด้านความสามารถในการทรงตัวและเวลาในการตอบสนอง (Morral-Yepes et al. 2023, pp. 1-14 ; Friebe et al. 2024, pp. 276-288) ความคล่องแคล่วว่องไว (Trajković et al. 2020, pp. 1-10 ; Friebe et al. 2024, pp. 276-288) เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกจริง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นในการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็วในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว นอกจากนี้ข้อโต้แย้งในระดับสากลแล้ว เมื่อพิจารณาในบริบทของประเทศไทย พบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการฝึกในลักษณะนี้ในนักกีฬาเยาวชนไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการศึกษาที่คำนึงถึงปัจจัยเฉพาะตัว เช่น สรีรวิทยาของนักกีฬาไทย สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นที่มีผลต่อความเหนื่อยล้าของระบบประสาท และรูปแบบการฝึกซ้อมในปัจจุบันที่ยังขาดการบูรณาการด้านการรับรู้ (Perception) เข้ากับการเคลื่อนไหวอย่างเป็นระบบ การวิจัยครั้งนี้จึงเปรียบเสมือนจุดเริ่มต้นสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ที่เป็นมาตรฐานเฉพาะสำหรับนักกีฬาไทย เพื่อยกระดับสมรรถภาพทางกายสู่ระดับสากล และตอบสนองต่อความต้องการของวงการฟุตบอลไทยที่มุ่งเน้นการพัฒนาเยาวชนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

4. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มทดลองระหว่างก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
5. วิธีดำเนินการวิจัย (ให้อธิบายเฉพาะวิธีดำเนินการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการวิจัย หากเป็นการทดลองให้อธิบายวิธีการทดลองที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ/กลุ่มควบคุม (ถ้ามี) รวมทั้งระบุระยะเวลาที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องใช้ในการเข้าร่วมการวิจัย)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการสร้างความคุ้นเคย การฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อทั้งหมดทุกท่าระยะเวลา 2 สัปดาห์

2. ผู้วิจัยดำเนินการประสานงานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดวัน เวลา และสถานที่สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึกที่มุ่งเน้นความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลของเยาวชน ประกอบด้วย

2.1 เก็บข้อมูลคุณลักษณะพื้นฐานของประชากร ได้แก่ อายุ (ปี) ส่วนสูง (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ดัชนีมวลกาย (กก./ม.2)

2.2 ทำการทดสอบแบบทดสอบการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว ก่อนการฝึกทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Pre-test)

3. ทำการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ในสัปดาห์ที่ 1-8 วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ วันละ 1 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง/สัปดาห์) จนครบทั้งหมด 8 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ขั้นตอนการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ เป็นเวลา 40 นาที โดยประกอบด้วย แบบฝึกที่ 1 ยืนทรงตัวขาเดียว (One-leg Balance + Tap) 8 นาที แบบฝึกที่ 2 เปลี่ยนทิศทางโดยใช้กรวย (Cone Direction Drill) 8 นาที แบบฝึกที่ 3 แบบฝึกจำตัวเลขแล้ววิ่งสปринต์ (Number Memory + Sprint) 8 นาที แบบฝึกที่ 4 แบบฝึกเลียนแบบการเคลื่อนไหว (Frontal Mirror Drill) 8 นาที และแบบฝึกที่ 5 แบบฝึกกระโดดย่อเข้าแล้ววิ่งไปกลับ (Squat Jump + Shuttle Run) 8 นาที ก่อนทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างจะถูกร้องขอให้ฝึกเต็มความสามารถ และประเมินค่าคะแนนการรับรู้ในการฝึก (RPE) หลังการฝึกในแต่ละแบบฝึก ประเมินค่าคะแนนเป็นตัวเลขตั้งแต่ 6-20 (Borg Rating of Perceived Exertion scale) โดยที่ ระดับ 6 (ไม่มีการออกแรงเลย) ส่วน ระดับ 20 (รับรู้การออกแรงได้ในระดับสูงสุด) โดยกำหนดค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (RPE) ในระดับ 12-18 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPE 12-14, สัปดาห์ที่ 3-4 RPE 15-16, สัปดาห์ที่ 5-8 RPE 17-18) โดยระดับ 12 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับปานกลาง และระดับ 18 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับหนักมาก และสุดท้ายจะบันทึกอัตราการหายใจเหนื่อย (Rate of perceive dyspnea; RPD) อยู่ในระดับ 4-9 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPD 4-5, สัปดาห์ที่ 3-4 RPD 6-7, สัปดาห์ที่ 5-8 RPD 8-9) โดยระดับ 4 หมายถึง การหายใจเหนื่อยระดับปานกลาง และระดับ 9 หมายถึง การหายใจเหนื่อยมาก และขั้นตอนการคลายอุ่น (Cool-down) 10 นาที

4. ทำการทดสอบแบบทดสอบการทรงตัว ความคล่องแคล่วว่องไว เวลาในการเปลี่ยนทิศทาง เวลาในการตอบสนอง พลังระเบิด และความเร็ว หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

6. การรับผิดชอบต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

6.1 การเกิดความเสี่ยงต่อสภาพร่างกายของผู้เข้าร่วมการวิจัย

☐ ไม่มีความเสี่ยง

☒ มีความเสี่ยง

นักศึกษาามีวิธีการป้องกันอย่างไร

การปฐมพยาบาล เตรียมประสานงานกับโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด คือ โรงพยาบาล
หนองบัวลำภู อ.เมือง จ. หนองบัวลำภู ระยะทางจากสถานที่ทำการทดลองถึงโรงพยาบาล ระยะทาง
2.6 กม. ใช้เวลา 8 นาที

หากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร

หากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการรักษาพยาบาล
โดยนักศึกษาเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ

6.2 การเกิดความเสี่ยงต่อสภาพจิตใจของผู้เข้าร่วมการวิจัย

☐ ไม่มีความเสี่ยง

☒ มีความเสี่ยง

นักศึกษาามีวิธีการป้องกันอย่างไร

ผู้เข้าร่วมอาจจะมีอาการวิตกกังวล หรือความไม่สบายใจ ระหว่างเข้าร่วมการทดลอง
ได้เนื่องจากการเข้าร่วมโปรแกรมเป็นเวลานาน รวม 8 สัปดาห์ซึ่งผู้วิจัยได้ป้องกันโดยได้อธิบายการ
ดำเนินการวิจัยให้ผู้เข้าร่วมเข้าใจอย่างชัดเจนและแจ้งให้ทราบว่าผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัวออกจาก
การวิจัยได้ตลอดเวลา โดยไม่มีผลกระทบใด

หากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร

ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากการศึกษาได้ตลอดเวลาหากมีความไม่สบายใจ
เกิดขึ้น

6.3 การเกิดความเสี่ยงต่อสภาพทางสังคมหรือการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมการวิจัย

☒ ไม่มีความเสี่ยง

☐ มีความเสี่ยง

นักศึกษาามีวิธีการป้องกันอย่างไร

.....
.....

หากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร

.....
.....

6.4 กรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับค่าตอบแทน (ระบุรายละเอียด และมูลค่าให้ชัดเจน)

.....ไม่มี

.....

7. ระบุประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย จะได้รับทางตรง หรือประโยชน์ทางอ้อม (ถ้ามี)
(ทางตรง เช่น ได้องค์ความรู้ เสริมสร้างสุขภาพ/ ทางอ้อม เช่น ชุมชนเข้มแข็ง หน่วยงานได้องค์ความรู้ใหม่)

ประโยชน์ทางตรง ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้องค์ความรู้เกี่ยวกับฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

ประโยชน์ทางอ้อม ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทำการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้ และนำไปใช้ในการฝึกกับนักกีฬาฟุตบอลในศูนย์ฝึกกีฬาฟุตบอลต่างๆทั้งในระดับชุมชน ระดับจังหวัด และระดับประเทศ

8. กรณีที่มีค่าใช้จ่ายซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องรับผิดชอบ ให้นักศึกษาชี้แจงรายละเอียดและจำนวนเงินให้ชัดเจนเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเข้าร่วมการวิจัย

.....ไม่มี

9. ข้อปฏิบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัยในขณะที่เข้าร่วมการวิจัย

(อธิบายกระบวนการ ขั้นตอน และวิธีการที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องปฏิบัติ เช่น ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องปั่นจักรยาน 30 นาที หรือผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องรับประทานอาหารหลังเที่ยงคืน หรือผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องตอบแบบสอบถามหรือให้สัมภาษณ์ เป็นต้น)

ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมทำการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อในสัปดาห์ที่ 1-8 วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ วันละ 1 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง/สัปดาห์) จนครบทั้งหมด 8 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 10 นาที ขั้นตอนการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการรับรู้ เป็นเวลา 40 นาที โดยประกอบด้วย แบบฝึกที่ 1 ยืนทรงตัวขาเดียว (One-leg Balance + Tap) 8 นาที แบบฝึกที่ 2 เปลี่ยนทิศทางโดยใช้กรวย (Cone Direction Drill) 8 นาที แบบฝึกที่ 3 แบบฝึกจำตัวเลขแล้ววิ่งสปринต์ (Number Memory + Sprint) 8 นาที แบบฝึกที่ 4 แบบฝึกเลียนแบบการเคลื่อนไหว (Frontal Mirror Drill) 8 นาที และแบบฝึกที่ 5 แบบฝึกกระโดดย่อเข้าแล้ววิ่งไปกลับ (Squat Jump + Shuttle Run) 8 นาที ก่อนทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างจะถูกร้องขอให้ฝึกเต็มความสามารถ และประเมินค่าคะแนนการรับรู้ในการฝึก (RPE) หลังการฝึกในแต่ละแบบฝึก ประเมินค่าคะแนนเป็นตัวเลขตั้งแต่ 6-20 (Borg Rating of Perceived Exertion scale) โดยที่ ระดับ 6 (ไม่มีการออกแรงเลย) ส่วน ระดับ 20 (รับรู้การออกแรงได้ในระดับสูงสุด) โดยกำหนดค่าคะแนนการรับรู้การออกแรงของร่างกาย (RPE) ในระดับ 12-18

(สัปดาห์ที่ 1-2 RPE 12-14, สัปดาห์ที่ 3-4 RPE 15-16, สัปดาห์ที่ 5-8 RPE 17-18) โดยระดับ 12 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับปานกลาง และระดับ 18 หมายถึง การรับรู้การออกแรงของร่างกายระดับหนักมาก และสุดท้ายจะบันทึกการหอบเหนื่อย (Rate of perceive dyspnea; RPD) อยู่ในระดับ 4-9 (สัปดาห์ที่ 1-2 RPD 4-5, สัปดาห์ที่ 3-4 RPD 6-7, สัปดาห์ที่ 5-8 RPD 8-9) โดยระดับ 4 หมายถึง การหอบเหนื่อยระดับปานกลาง และระดับ 9 หมายถึง การหอบเหนื่อยมากๆ และขั้นตอนการคลายอุ่น (Cool-down) 10 นาที

10. ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิปฏิเสธการเข้าร่วมการวิจัยได้ หรือสามารถยุติการเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยการปฏิเสธหรือถอนตัวโดยไม่มีผลกระทบต่อสิทธิ ประการใดๆ ที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะพึงได้รับ

ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลาหากมีความไม่สบายใจเกิดขึ้นและจะไม่ผลต่อการเรียนหรือผลประโยชน์อื่นใดกับผู้เข้าร่วมการวิจัย

11. การเก็บรักษาความลับของผู้เข้าร่วมการวิจัย (อธิบายวิธีการเก็บรักษาข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย การเผยแพร่ผลการวิจัยจะกระทำในภาพรวม โดยนักศึกษาจะไม่นำข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยออกเปิดเผยไม่ว่าในทางใด ๆ เว้นแต่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะยินยอมให้เปิดเผยข้อมูลดังกล่าวโดยได้อนุญาตไว้เป็นลายลักษณ์อักษร)

ข้อมูลที่ได้รับจะนำเข้าสู่ระบบการเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์ โดยตั้งรหัสประจำตัวผู้เข้าร่วมการวิจัยและจะไม่เปิดเผยต่อสาธารณชน หากไม่ได้รับการยินยอมจากผู้เข้าร่วมการวิจัย และจะเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 เดือน หลังวิจัยเสร็จสิ้น จากนั้นจะดำเนินการทำลาย

12. กรณีที่นักศึกษาคาดว่าจะมีข้อมูล หลักวิชาการ หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นในอนาคต ที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้เข้าร่วมการวิจัยในระหว่างที่ยังอยู่ในโครงการวิจัย นักศึกษาต้องแจ้งให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทราบเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าจะยังคงเป็นผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยต่อไปหรือไม่

หากนักศึกษาไม่ปฏิบัติตามที่ได้ชี้แจงไว้ในเอกสารฉบับนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถแจ้งมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ กองวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา กลุ่มวิจัยและนวัตกรรม หมายเลขโทรศัพท์ 038 054 228

(นายอภิสิทธิ์ สีทา)

นักศึกษา

ภาคผนวก จ
เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย





เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย
(สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีอายุตั้งแต่ 13 ปี บริบูรณ์ แต่ไม่ถึง 20 ปี บริบูรณ์)

เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน

วันที่ให้คำยินยอมวันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ข้าพเจ้า (เด็กชาย/ เด็กหญิง/ นาย/ นางสาว).....(ผู้เข้าร่วมการวิจัย)

ที่อยู่.....

ข้าพเจ้าได้อ่านเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งนักศึกษาได้อธิบาย วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย การรับผิดชอบต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ค่าใช้จ่ายที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องรับผิดชอบ ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับ ข้อปฏิบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัยในขณะที่เข้าร่วมการวิจัย สิทธิการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัย และการเก็บรักษาความลับของผู้เข้าร่วมการวิจัย รวมถึงข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะตรวจสอบข้อมูลของข้าพเจ้าได้ ทั้งนี้ เมื่อมีข้อสงสัยข้าพเจ้าได้รับการอธิบาย จากนักศึกษาจนมีความเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

ลงนาม.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย
(.....)

ข้าพเจ้า (นาย/ นาง/ นางสาว).....ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็น.....(บิดา/ มารดา/ ผู้ปกครอง) ของ (เด็กชาย/ เด็กหญิง/ นาย/ นางสาว).....(ผู้เข้าร่วมการวิจัย) ยินดีให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย เข้าร่วมการวิจัยดังกล่าว

ลงนาม.....(บิดา/ มารดา/ ผู้ปกครอง)
(.....)

ลงนาม.....พยาน
(.....)

ลงนาม.....พยาน
(.....)

หมายเหตุ

1. บรรลุนิติภาวะ หมายถึง บุคคลที่มีอายุ 20 ปี บริบูรณ์ขึ้นไป หรือ อายุไม่ถึง 20 ปี บริบูรณ์ แต่ได้มีการจดทะเบียนสมรส

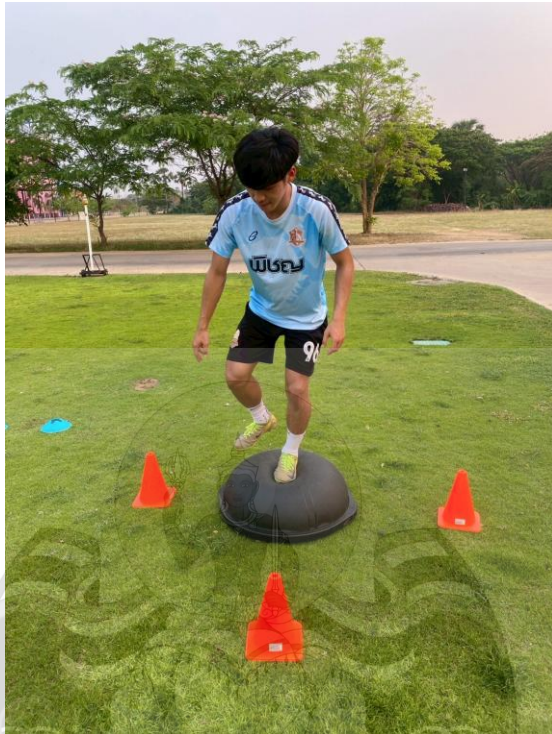
2. ในกรณี ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีอายุตั้งแต่ 13 ปี บริบูรณ์ แต่ยังไม่บรรลุนิติภาวะ นั้น บิดา/ มารดา/ ผู้ปกครองจะไม่เข้าร่วมในระหว่างที่นักศึกษาอธิบายเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยก็ได้

3. เมื่อผู้ดำเนินการหลักให้ผู้เข้าร่วมการวิจัย และ บิดา/ มารดา/ ผู้ปกครองของผู้เข้าร่วมการวิจัยลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัยแล้ว ให้เก็บเอกสารไว้ที่ผู้ดำเนินการหลัก

4. เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว ให้ผู้ดำเนินการหลักส่งสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 1 ฉบับ มายังกองวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา กลุ่มวิจัยและนวัตกรรม



รูปการฝึกซ้อมและการทดสอบ















ภาคผนวก ช
ใบรับรองจริยธรรม



วิทยาเขตอุดรธานี



AF 04-03

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

เลขที่ 91 ถนนเทศบาล 1 ตำบลสะเดาะ อำเภอมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 95000 โทรศัพท์ 0 7321 2863 ต่อ 131

E-mail: scphylirb@yala.ac.th Website: http://www.yala.ac.th/IRB-SCPHYL/

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ชื่อโครงการวิจัย	ผลของการฝึกการรับรู้และการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อต่อความสามารถของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน		
รหัสจริยธรรมการวิจัย	SCPHYLIRB-2568/984		
ผู้วิจัยหลัก	นายอภิสิทธิ์ สีทา		
สังกัด	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุตรธานี		
วิธีการพิจารณา	Expedited		
วันที่ส่ง	22 ธันวาคม 2568	วันที่พิจารณา	09 มกราคม 2569
วันที่รับรอง	19 มกราคม 2569	วันหมดอายุ	19 มกราคม 2570

เอกสารที่รับรอง

1. โครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงข้อมูลอาสาสมัครวิจัย
4. เอกสารแสดงความยินยอมโดยได้รับการบอกกล่าว
5. ประวัตินักวิจัย/คณะนักวิจัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ได้พิจารณาโครงการวิจัยแล้ว ตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ตามระเบียบแนวทางและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ:

1. กำหนดส่งรายงานความก้าวหน้า 19.กรกฎาคม 2569 แบบฟอร์ม AF 03-19
2. กำหนดส่งรายงานสิ้นสุดโครงการ 19.ธันวาคม 2570 แบบฟอร์ม AF 03-20
3. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัยหลังได้รับการรับรอง ให้นักวิจัยขออนุมัติปรับรายละเอียด และ AF 07-02
4. หากดำเนินการวิจัยไม่แล้วเสร็จภายในระยะเวลารับรอง ให้นักวิจัยขออนุมัติขยายระยะเวลา แบบฟอร์ม AF 03-18

(นายอวิรุทธิ์ สิงห์กุล)

เลขานุการคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



(ผศ.ดร.ภักดิ์ฐ์ วีระจร)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(หนังสือรับรองนี้มีปณฺตราสังฤลักษณะวิทยาลัยการสาธารณสุขสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุลผู้วิจัย	นายอภิสิทธิ์ สีทา
วัน เดือน ปี เกิด	28 กรกฎาคม 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองยโสธร จังหวัดยโสธร
ที่อยู่ปัจจุบัน	171/2 หมู่ 2 ถนนวิจารณ์รังสรรค์ ต.หนองบัว อ.เมือง จ. หนองบัวลำภู 39000
สถานที่ทำงาน	สโมสรหนองบัว พิษณุ เอฟซี อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู
วุฒิการศึกษา	ปี 2556 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนยโสธรพิทยาคม ปี 2560 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี

