



รายงานการวิจัย

การตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการเคลื่อนไหวในการชกมวยไทย
(Physiological Responses and Movement Profiles in Muay Thai)

ผู้วิจัย

นายประเวท เกษกัน

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตมหาสารคาม

รายงานการวิจัย

การตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการเคลื่อนไหวในการชกมวยไทย (Physiological Responses and Movement Profiles in Muay Thai)

ผู้วิจัย

นายประเวท เกษกัน

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตมหาสารคาม

บทคัดย่อ

มวยไทยเป็นศิลปะการต่อสู้ป้องกันตัวประจำชาติไทย ใช้อวัยวะทุกส่วนของร่างกายเช่น หมัด เท้า เข่า ศอก ในการต่อสู้ป้องกันตัว ปัจจุบันมวยไทยเป็นกีฬาอาชีพได้รับความนิยมไปทั่วโลก การชกมวยไทยต้องมีทักษะที่ดีและต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดีเพื่อเคลื่อนไหวออกแรงให้ครบการชก 5 ยก งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการใช้ทักษะในนักกีฬามวยไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย : เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการใช้ทักษะในนักมวยไทย

การดำเนินการวิจัย : กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามวยไทยอาชีพจำนวน 10 คน อายุระหว่าง 16-20 ปี กลุ่มตัวอย่างถูกกำหนดให้ชกมวยไทย 1 ครั้ง เก็บตัวอย่างเลือดก่อนการชกและภายหลังการชกเสร็จสิ้นลงเพื่อศึกษาความเข้มข้นกรดแลคติกและกลูโคสในเลือด ติดตามอัตราการเต้นของหัวใจขณะชกทั้ง 5 ยก โดยใช้สายคาดหน้าอกบันทึกการเต้นของหัวใจ ศึกษารูปแบบการใช้ทักษะโดยบันทึกวิดีโอการชกทั้ง 5 ยก มาวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนไหวด้วยเครื่องวิเคราะห์เกม วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองมิติ (Two-way ANOVA) เพื่อศึกษาความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างการชกทั้ง 5 ยก และใช้สถิติ ที (t-test) เพื่อศึกษาความแตกต่างของกรดแลคติกและระดับกลูโคสในเลือดก่อนการชกและภายหลังการชกในยกที่ 5 วิเคราะห์สมการถดถอย (regression) ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะชกมวยไทย เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี กำหนดความมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย : อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 5 ยก 166 ครั้ง/นาที อัตราการใช้ออกซิเจนสูงกว่าระดับ anaerobic threshold ความเข้มข้นกรดแลคติก 3.8 มิลลิโมล/ลิตร และเพิ่มขึ้นเป็น 9.7 มิลลิโมล/ลิตร ($P=0.00$) ภายหลังการชกยกที่ 5 ระดับกลูโคสก่อนการชก 93 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และเพิ่มขึ้นเป็น 199 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ภายหลังการชกยกที่ 5 ($P=0.00$) การใช้ทักษะมวยไทยพบว่าทักษะที่ใช้มากที่สุดคือการเตะคิดเป็น 47.6 เปอร์เซ็นต์ การตีเข่าคิดเป็น 22.4 เปอร์เซ็นต์ การใช้หมัดคิดเป็น 18.0 เปอร์เซ็นต์ การถีบคิดเป็น 8.4 เปอร์เซ็นต์ และการตีศอกคิดเป็น 3.6 เปอร์เซ็นต์

สรุปผล กีฬามวยไทยเป็นกีฬาใช้พลังงานจากระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกเป็นหลัก ผสมผสานกับการทำงานของระบบพลังงานแบบแอโรบิกขั้นสูง มีการใช้ทักษะการเตะมากที่สุด ทักษะที่ใช้น้อยที่สุดคือการตีศอก

คำสำคัญ : มวยไทย กรดแลคติก กลูโคส อัตราการเต้นของหัวใจ

Abstracts

Muay Thai is a martial art and self- defense famous for its powerful techniques. It requires complex skills and physical fitness for success. However, Physiological responses during Muay Thai competition has never been studied.

Objective : of the present study was to examine the physiological responses during Muaythai competition and movement pattern in Muaythai.

Methods : 10 male Muay Thai, aged between 18-25 years old, were purposive selected from Muay Thai training camp in Mahasarakham province to take part in this study. All subjects practiced for competition all year round. The study consisted of incremental treadmill test to establish maximal oxygen uptake (VO_2 max) , wore heart rate monitor during competition, Collected blood sample for lactic acid and glucose before 1st round and after competition (5th round). The heart rate data from competition were compared to heart rate and oxygen uptake data measured in laboratory. Individual regression equations were established from these data to estimate the energy expenditure during competition. Moreover, Video recorder captured movement of all subjects during competition to analyze movement pattern.

Results : revealed that mean heart rate during competition was 166 beats/min. Oxygen uptake and heart rate during the match were above the level of the anaerobic threshold. Blood lactate increased from 3.8 mmol/l in the first round to 9.7 mmol/l after fifth round. Blood glucose increased from 93 mg/dl in the first round to 119 mg/dl after fifth round. The movement patterns were as follows, Delivery of strikes 47.6 %, Knee execution 22.4 %, Fist execution 18.0 %, Foot-thrust 8.4 %, Elbow execution 3.6%.

Conclusion : These data suggest that Muaythai is a physically demanding activity with great involvement of both an aerobic metabolism and anaerobic metabolism. Such information is helpful in the selection of appropriate protocols and metabolic indices to monitor an athlete's performance improvement. Furthermore, it may aid the coach in the development of more specific training programs for their athletes.

Key words : Muay Thai, lactic acid, blood glucose, heart rate

สารบัญ

	หน้า
ภูมิหลัง	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
ความต้องการทางสรีรวิทยาในการเล่นกีฬา.....	5
สมรรถภาพทางกาย.....	7
การใช้พลังงาน (Energy expenditure).....	13
กีฬามวยไทย	26
วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
ประชากร.....	30
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	31
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	32
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและสมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่าง.....	33
ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ.....	35
ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณการออกอาวุธมวยไทยในระหว่างการชกมวยไทยสมัครเล่น.....	39
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล.....	40
ผลการวิจัย.....	40
วิจารณ์ผล.....	41
สรุปผล.....	41
ข้อเสนอแนะ	41

ภูมิหลัง

มวยไทยหมายถึงศิลปะการต่อสู้ด้วยมือเปล่าของชนชาติไทยที่สามารถใช้ศอก เข่า เท้า และหมัด เป็นอาวุธ มวยไทยเกิดขึ้นในสมัยใดไม่แน่ชัด อาจเกิดขึ้นพร้อมกับชาติไทย เพราะถือว่ามวยไทยเป็นศิลปะประจำชาติของไทยเราจริงๆอย่างที่ชาติอื่นจะเลียนแบบได้

มวยไทยเป็นศิลปะการต่อสู้ป้องกันตัวคู่กับชนชาติไทยมาตั้งแต่ยุคโบราณกาล ใช้คู่กับอาวุธ ยาวของเพลงดาบอื่นๆ ในการต่อสู้ระยะประชิดตัว วัตถุประสงค์ของการฝึกมวยในสมัยก่อนมีการฝึกกันในความหมายสองอย่างคือ เพื่อใช้สำหรับสู้รบข้าศึกและเพื่อไว้ต่อสู้ป้องกันตัวปัจจุบันกีฬามวยไทยเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างหนึ่ง ที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านร่างกายและจิตใจ ตลอดจนพัฒนาการด้านสังคม บางกลุ่มสามารถยึดมวยไทยเป็นอาชีพได้ ซึ่งค่าตอบแทนในการชกต่อครั้งเป็นแรงเสริมให้มีนักมวยไทยเกิดขึ้นมาก กลายเป็นธุรกิจและอาชีพสำคัญอย่างหนึ่ง ปัจจุบันกีฬามวยไทยเป็นอาชีพอย่างจริงจังมีค่ายมวยต่างๆเกิดขึ้นมาก นอกจากนั้นยังมีการจัดการแข่งขันมวยไทยสมัครเล่นขึ้น โดยจัดครั้งแรกที่สนามกีฬาแห่งชาติ ในเดือน ธันวาคม 2530 (สมาคมมวยไทยสมัครเล่นแห่งประเทศไทย, 2531) และได้พัฒนาการขึ้น โดยมีการแข่งขันมวยไทยสมัครเล่นชิงแชมป์โลกในประเทศไทย ครั้งที่ 1 ขึ้น ณ สนามกีฬาแห่งชาติ พ.ศ. 2538 จากพัฒนาการดังกล่าว ทำให้การฝึกฝนมวยไทยแพร่หลายมากขึ้นจนเป็นกีฬาไปสู่สากลจนเกิดมวยไทยสมัครเล่นดังกล่าว ขณะนี้มวยไทยนิยมไปทั่วโลก มีบางประเทศนำการต่อสู้แบบมวยไทยไปจัดการแข่งขันเรียกว่ามวยเค วัน (K1) มีลักษณะการต่อสู้คล้ายมวยไทยเพียงแต่ห้ามการใช้ศอกเท่านั้น ปัจจุบันมีการก่อตั้งสหพันธ์มวยไทยโลกทำให้ศิลปะการต่อสู้มวยไทยกระจายไปทั่วโลกมากขึ้น

ลักษณะของท่าทางของมวยไทยมีการออกอาวุธได้ทั้งระยะประชิดและระยะห่าง โดยทั่วไปแล้วเมื่อนักมวยอยู่ในระยะห่างที่พอเหมาะ การเตะจะเป็นอาวุธที่รุนแรงและศักดิ์การรุกของคู่ต่อสู้ได้

การที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันของนักกีฬาไม่ว่าจะเป็นกีฬามวยไทยหรือกีฬาชนิดอื่นๆสมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งที่นักกีฬาจะต้องเสริมสร้างอย่างสม่ำเสมอ เป็นสิ่งที่ผู้ฝึกสอนต้องจัดให้กับนักกีฬาเพื่อศักยภาพสูงสุดของนักกีฬาขณะแข่งขัน จึงมีผู้ฝึกสอนพยายามที่จะนำความรู้ในศาสตร์สาขาต่างๆมาประยุกต์เพื่อใช้ให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว แอนเชล (Anshel, 1990) กล่าวว่า การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ สมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา (Physical Fitness and Sport Skill) สมรรถภาพทางจิต (Mental Fitness) และสิ่งแวดล้อม (Environment) หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง จะทำให้นักกีฬาแสดงความสามารถออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควร จากข้อความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า องค์ประกอบทั้งสามส่วนนี้นอกจากจะมีความสำคัญแล้วยังมีความสัมพันธ์กันอีกด้วย สมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬามีความจำเป็นต่อนักกีฬาที่เพิ่งเริ่มเล่น แต่เมื่อความสามารถได้รับการพัฒนาให้สูงขึ้น มีประสบการณ์จากการเข้าร่วมการแข่งขัน ความสามารถในการควบคุมจิตใจ หรือที่เราเรียกว่าสมรรถภาพทางจิต ต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการฝึกสมรรถภาพทางกาย และทักษะ สิ่งแวดล้อมจะเป็นองค์ประกอบสุดท้ายที่มีอิทธิพลต่อความสามารถสูงสุดของนักกีฬา โดยทั่วไปผู้ฝึกสอนจะมุ่งเน้นความสำคัญไปที่สมรรถภาพทางกายและทักษะของนักกีฬามากที่สุด โดยจากโปรแกรมการฝึกซ้อมส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาองค์ประกอบด้านนี้ โฮเจอร์ (Hoeger, 1989) ได้แบ่งสมรรถภาพทางกายออกเป็นสองประเภท คือ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health – Related Physical Fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์ กับทักษะ

(Skill – Related Physical Fitness) ในส่วนของสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ ประกอบด้วย ความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Endurance) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength and Endurance) ความอ่อนตัว (Flexibility) องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) ความคล่องตัว (Agility) การทรงตัว (Balance) การทำงานประสานกันของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Coordination) พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) และ ความเร็ว (Speed) ในขณะที่ แมนนิง ดูลี – แมนนิงและเพอร์ริน (Manning, Dooly - Manning and Perrin, 1998) กล่าวว่า องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการแข่งขันกีฬา ก็คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) ซึ่งแสดงออกมาในลักษณะที่กล้ามเนื้อเกิดแรงตึง (Tension) ในปริมาณที่มากอย่างรวดเร็วและในท้ายที่สุดก็จะเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ซึ่งหมายถึงพลังกล้ามเนื้อนั่นเอง

การแข่งขันกีฬาในแต่ละประเภทจะมีรูปแบบการเคลื่อนไหว การใช้ทักษะ และมีความต้องการทางสรีรวิทยา (Physiological demands) เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว พลัง ความคล่องแคล่วว่องไว ความอ่อนตัว ระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกแตกต่างกันไปตามชนิดกีฬากีฬาชนิดต่างๆจะมีรูปแบบการเคลื่อนไหวและความต้องการการใช้พลังงาน (physical demand) แตกต่างกันไปตามชนิดของกีฬา เช่นกีฬาฟุตบอลจะมีการวิ่งเหยาะ การวิ่งเร็ว การเร่งความเร็ว การสไลด์ การกระโดดการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการแข่งขันกีฬาทำให้ทราบว่ากีฬาชนิดนั้นๆ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการเคลื่อนไหวอย่างไร เช่นนักกีฬาฟุตบอลต้องออกแรงสูงสุดเพื่อเคลื่อนไหวในรูปแบบซ้ำๆ ในระยะทางและระยะเวลานั้นๆ (Repeatedly produce maximal) และมีช่วงเวลาการพักสั้นๆ ด้วยเหตุนี้กีฬาประเภทต่างๆ จึงต้องมีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนไหวและความต้องการในการใช้พลังงานในกีฬาชนิดนั้นๆ ดังเช่นกีฬาฟุตบอลมีความต้องการทั้งทางด้านสมรรถภาพแบบแอโรบิก (Aerobic fitness) และการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วแบบซ้ำๆ (Repeated-sprint ability) หรือ กีฬาเทนนิสที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) ซึ่งธรรมชาติการเคลื่อนไหวแบบหยุดแล้วไป (Stop-and-start nature) บางชนิดกีฬามีการศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจ การเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) การตอบสนองของฮอร์โมน การวัดความเข้มข้นของกรดแลคติกในกระแสโลหิตเพื่อประเมินถึงความหนัก (Intensity) ของเกมการแข่งขันซึ่งแสดงถึงระบบพลังงานที่ร่างกายทำงานในขณะนั้น ซึ่งการมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงแสดงถึงการทำงานในระบบแอนแอโรบิกทำงานมากเนื่องจากกล้ามเนื้อสลายกรดแลคติกกลับมาเป็นพลังงานไม่ทันในขบวนการสลายกรดแลคติก(Cori'Cycle) ผลก็คือมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในโลหิตสูง แต่ถ้าระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในโลหิตต่ำแสดงถึงกีฬาชนิดนั้นๆ ต้องการพลังงานจากระบบแอโรบิก(Aerobic energy system) เนื่องจากกล้ามเนื้อเผาผลาญกรดแลคติกกลับไปเป็นพลังงานได้หมดและไม่เกิดการคั่งของกรดแลคติก กีฬาบางชนิดมีการวัดอัตราใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake, Vo_2) ซึ่งค่าดังกล่าวสะท้อนถึงความต้องการพลังงานในระหว่างการแข่งขัน เป็นต้นจากข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์ในการสร้างแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่จะนำมาใช้ในกีฬาชนิดต่างๆเพื่อให้มีความสอดคล้องกับความต้องการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างเกมการแข่งขันนักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับสูง (High aerobic fitness) จะช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจากความล้าจากการเคลื่อนไหวได้รวดเร็ว

กว่านักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับต่ำ มีการศึกษาพบว่าระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับ ระยะทางการเคลื่อนไหวรวมต่อเกมการแข่งขันของนักกีฬา และความสำเร็จในการแข่งขันกีฬา สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวในการแข่งขันกีฬา ดังนั้นการที่ผู้ฝึกสอนทราบถึงความต้องการทางสรีรวิทยาของนักกีฬาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพให้มีความสอดคล้องและเฉพาะเจาะจงไปตามความต้องการทางสรีรวิทยา

ด้วยข้อมูลที่จำกัดของการสนองทางสรีรวิทยาในกีฬามวยไทย โดยเฉพาะการตอบสนองที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างแข่งขันผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาขณะแข่งขันและรูปแบบการเคลื่อนไหวของกีฬามวยไทยอีกทั้งนำตัวแปรทางสรีรวิทยาที่ได้ในระหว่างการชก เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจนขณะชก ระดับกรดแลคติก รูปแบบการเคลื่อนไหวสไตล์การชก วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้คือการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการเคลื่อนไหวของกีฬามวยไทยในขณะแข่งขัน นอกจากนี้ยังศึกษาตัวแปรทางสรีรวิทยาตัวอื่นที่มีอิทธิพลทางสรีรวิทยาเช่น การใช้พลังงานขณะแข่งขันแต่ละยกที่มีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาเพื่อการพัฒนากีฬามวยไทยต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

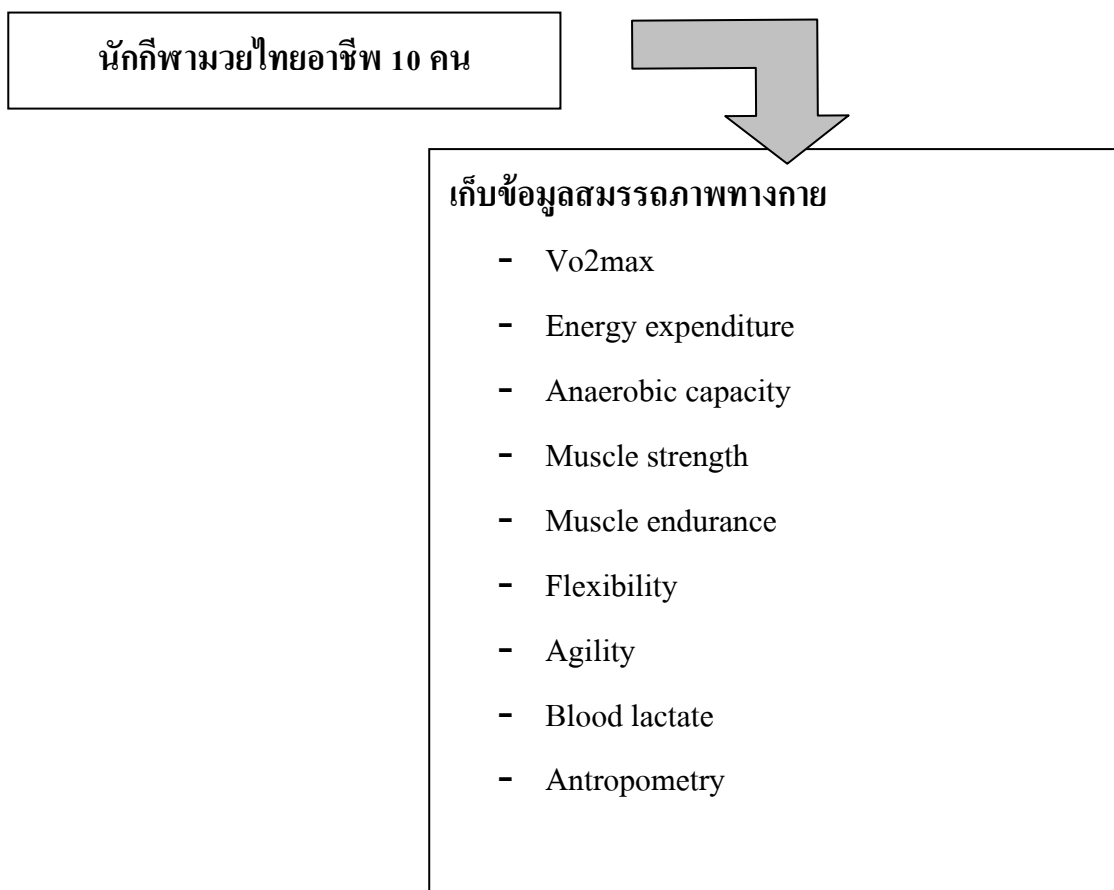
1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการชกมวยไทย
2. เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของการชกมวยไทย
3. เปรียบเทียบความต้องการทางสรีรวิทยาในนักกีฬาที่ความสามารถแตกต่างกัน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษา การตอบสนองทางสรีรวิทยา และรูปแบบการเคลื่อนไหวในกีฬามวยไทย
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักมวยไทยที่ฝึกซ้อมเพื่อเตรียมขึ้นชกในเวทีต่างๆ อายุระหว่าง 18 – 25 ปี จำนวน 10 คน
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย
 - ตัวแปรต้น (Independent Variable)
 - สมรรถภาพทางกายด้านต่างๆของนักกีฬามวยไทย
4. ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย
 - 7.4.1 นักกีฬามวยไทย เพศชาย
 - 7.4.2 อายุระหว่าง 18 – 25 ปี
5. ตัวแปรตาม (Dependent Variable)ประกอบด้วย
 - 7.5.1 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของการชกมวยไทย
 - 7.5.2 รูปแบบการเคลื่อนไหวของการชกมวยไทย

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

Study 1



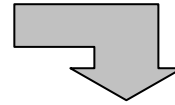
Study 2



1. จำลองการแข่งขัน 10 คู่



2. VDO recorder

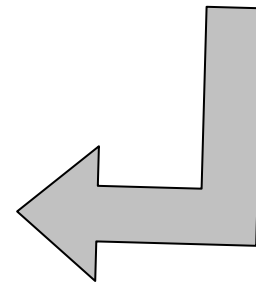


3. Computer base tracking system

ข้อมูลทางสรีรวิทยารูปแบบการ
เคลื่อนไหว

(Physiological and Activities profile)

- ระดับของHeart rate
- Energy expenditure
- Lactic acid
- เตะ
- เข่า
- หมัด
- ถีบ
- สอก



เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ความต้องการทางสรีรวิทยาในการเล่นกีฬา (Physiological demands)

การวัดประสิทธิภาพในการเล่นกีฬา (Performance Assessment for Sports)

ระบบพลังงาน (Energy Systems)

สมรรถภาพทางกายและการทดสอบ

กีฬามวยไทย

การแข่งขันกีฬาในแต่ละประเภทจะมีรูปแบบการเคลื่อนไหว การใช้ทักษะ และมีความต้องการทางสรีรวิทยา (Physiological demands) เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว พลัง ความคล่องแคล่วว่องไว ความอ่อนตัว ระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก แตกต่างกันไปตามชนิดกีฬา กีฬาชนิดต่างๆจะมีรูปแบบการเคลื่อนไหวและความต้องการการใช้พลังงาน (physical demand) แตกต่างกันตามชนิดของกีฬา เช่นกีฬาฟุตบอลจะมีการวิ่งเหยาะ การวิ่งเร็ว การเร่งความเร็ว การสไลด์ การกระโดด การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการแข่งขันกีฬาทำให้ทราบว่ากีฬาชนิดนั้นๆ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาและรูปแบบการเคลื่อนไหวอย่างไร เช่นนักกีฬาฟุตบอลต้องออกแรงสูงสุดเพื่อเคลื่อนไหวในรูปแบบซ้ำๆ ในระยะทางและระยะเวลาสั้นๆ (Repeatedly produce maximal) และมีช่วงเวลาการพักสั้นๆ

ด้วยเหตุนี้กีฬาประเภทต่างๆจึงต้องมีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนไหวและความต้องการในการใช้พลังงานในกีฬาชนิดนั้นๆ ดังเช่นกีฬาฟุตบอลมีความต้องการทั้งทางด้านสมรรถภาพแบบแอโรบิก (Aerobic fitness) และการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วแบบซ้ำๆ (Repeated-sprint ability) หรือกีฬาเทนนิสที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) ซึ่งธรรมชาติการเคลื่อนไหวแบบหยุดแล้วไป (Stop-and-start nature) บางชนิดกีฬามีการศึกษาการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจ การเผาผลาญพลังงาน (Metabolism) การตอบสนองของฮอร์โมน การวัดความเข้มข้นของกรดแลคติกในกระแสโลหิตเพื่อประเมินถึงความหนัก (Intensity) ของเกมการแข่งขันซึ่งแสดงถึงระบบพลังงานที่ร่างกายทำงานในขณะนั้น ซึ่งการมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงแสดงถึงการทำงานในระบบแอนแอโรบิกทำงานมากเนื่องจากกล้ามเนื้อสลายกรดแลคติกกลับมาเป็นพลังงานไม่ทันในขบวนการสลายกรดแลคติก (Cori's Cycle) ผลก็คือมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในโลหิตสูง แต่ถ้าระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในโลหิตต่ำแสดงถึงกีฬาชนิดนั้นๆต้องการพลังงานจากระบบแอโรบิก (Aerobic energy system) เนื่องจากกล้ามเนื้อเผาผลาญกรดแลคติกกลับไปเป็นพลังงานได้หมดและไม่เกิดการคั่งของกรดแลคติก กีฬาบางชนิดมีการวัดอัตราใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake, Vo_2) ซึ่งค่าดังกล่าวสะท้อนถึงความต้องการพลังงานในระหว่างการแข่งขัน เป็นต้น จากข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์ในการสร้างแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่จะนำมาใช้ในกีฬาชนิดต่างๆเพื่อให้มีความสอดคล้องกับความต้องการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างเกมการแข่งขัน

นักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับสูง (High aerobic fitness) จะช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจากความล้าจากการเคลื่อนไหวได้รวดเร็วกว่านักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับต่ำมีการศึกษาพบว่าระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับ ระยะทางการเคลื่อนไหวรวมต่อเกมการแข่งขันของนักกีฬา และความสำเร็จในการแข่งขันกีฬา (Reilly, et al. 1988) สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการประสพผลสำเร็จหรือล้มเหลวในการแข่งขันกีฬา ดังนั้นการที่ผู้ฝึกสอนทราบถึงความต้องการทางสรีรวิทยาของนักกีฬาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพให้มีความสอดคล้องและเฉพาะเจาะจงไปตามความต้องการทางสรีรวิทยา

การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของนักกีฬาในการลงแข่งขันแต่ละครั้ง (Match performance) ทำให้ผู้ฝึกสอนรู้ถึงปริมาณงานที่ร่างกายนักกีฬาแต่ละคนต้องออกแรงในการแข่งขันแต่ละเกม ทำให้รู้ถึงระดับความหนักของงานที่กระทำต่อร่างกายซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นงานระดับปานกลาง หนัก ความเครียดของงานที่กระทำต่อร่างกายนักกีฬาแต่ละ มีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดกีฬา ระดับความสามารถของนักกีฬา ระดับสมรรถภาพของนักกีฬา ตำแหน่งการเล่น การฝึกซ้อม การวางแผนในการเล่นแต่ละเกมเป็นต้น การรู้ถึงปริมาณความหนักของงานในการเล่นกีฬาชนิดนั้นๆ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนอย่างมากในการวางแผนการฝึกซ้อมให้สอดคล้องกับปริมาณของงานที่เกิดขึ้นจริงในกีฬาชนิดนั้นๆ ปริมาณของงานในการเล่นกีฬาแต่ละชนิดผู้ฝึกสอนสามารถวัดปริมาณงานนั้นออกมาได้โดยวัดจากการตอบสนองทางสรีรวิทยา (Physiology response) ในขณะแข่งขัน เช่น วัดจากอัตราการเต้นของหัวใจ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ความดันโลหิต คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ อัตราการใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake) อัตราการใช้พลังงาน (Energy expenditure) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถวัดปริมาณงานของนักกีฬาได้จากการวัดจากข้อมูลรวมกิจกรรมการเคลื่อนไหวตามชนิดกีฬา (Activity profiles) เช่น ความเร็วในการเคลื่อนไหวร่างกายซึ่งสามารถจำแนกเป็นการเดิน สไลด์ วิ่งเหยาะ การวิ่งเร็ว การวิ่งเร่งความเร็ว (Sprint) โดยจำแนกระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวตามความถี่ของการเคลื่อนไหวต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรือจำแนกเป็นระยะทางการเคลื่อนไหวออกเป็นแต่ละกิจกรรมต่อหนึ่งเกมการแข่งขัน การวัดปริมาณงานโดยศึกษาจากการเคลื่อนไหวจะกระทำโดยต้องจำแนกชนิดกีฬาที่จะศึกษาว่ามีองค์ประกอบการเล่นรวมทั้งหมดของกีฬานั้นๆ ประกอบไปด้วยกิจกรรมอะไรบ้างและนำองค์ประกอบนั้นไปศึกษาตลอดทั้งเกมการแข่งขันว่า กิจกรรมการเคลื่อนไหวนั้นเกิดกี่ครั้ง ความถี่ต่อหนึ่งหน่วยเวลาเป็นเท่าไร ระยะทางของการปฏิบัติกิจกรรมนั้นต่อหนึ่งหน่วยเวลาเป็นระยะทางเท่าไร และระยะทางรวมต่อหนึ่งเกมการแข่งขันเป็นเท่าไร

ข้อมูลจากทั้งการตอบสนองทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการเคลื่อนไหวทั้งสองแหล่งข้อมูลนี้จะ เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้ฝึกสอนทราบถึงระดับความหนักของงานและความต้องการทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคลซึ่งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ทางกายของนักกีฬา ระดับการฝึกซ้อม เทคนิคการเล่น และแตกต่างกันไปตามชนิดของกีฬา ซึ่งจะทำให้ผู้ฝึกสอนรู้ว่าผู้เล่นจะฝึกเมื่อไร (When to do what) ซึ่งเป็นปัจจัยการวางแผนการฝึกซ้อมที่สำคัญอย่างยิ่ง

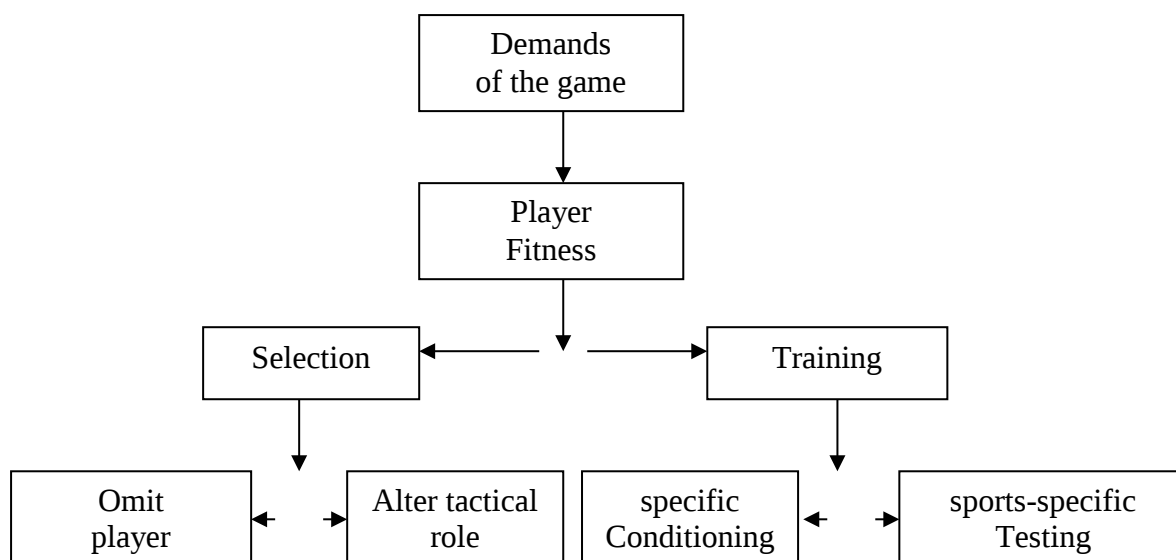
การวัดประสิทธิภาพในการเล่นกีฬา (Performance Assessment for Sports)

การมีพัฒนาการในการฝึกซ้อมและการแสดงออกซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดในการแข่งขันของนักกีฬาเป็นเป้าหมายสูงสุดของนักกีฬาและผู้ฝึกสอนทุกคน คุณสมบัติในตัวของนักกีฬาที่มีความสามารถสูง (Elite athlete) ย่อมมีความกระหายในชัยชนะ มีความปรารถนาอย่างแรงกล้าในความต้องการประสบความสำเร็จและมีความทะเยอทะยานในการก้าวทะลุขีดความสามารถของตัวเอง แต่การจะได้มาซึ่งสิ่งที่ตนเองต้องการจะต้องผ่านการฝึกซ้อมและรักษาสภาพความสมบูรณ์สูงสุดไว้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการทุ่มเททั้งร่างกาย แรงสนับสนุนจากส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องย่อมเพิ่มมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะนักกีฬาในปัจจุบันจะมีขีดความสามารถใกล้เคียงกันมีการการแข่งขันกันสูงและสามารถเข้าถึงเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มาช่วยสนับสนุนการฝึกซ้อมได้มากขึ้นยิ่งส่งผลให้ช่องว่างระหว่างความสามารถของนักกีฬาแต่ละคนแคบลงส่งผลให้การแข่งขันสูงขึ้น

ในขณะที่นักกีฬามีศักยภาพในการแข่งขันสูงขึ้นอย่างในปัจจุบันการอาศัยเพียงวิธีการฝึกซ้อมแบบดั้งเดิม (Traditional methods) ตามที่ได้เรียนรู้และปฏิบัติกันมาในเชิงนามธรรม (Subjective views) ไม่เพียงพอต่อการพัฒนานักกีฬาได้ เนื่องจากอาศัยเพียงการมองเพียงภาพรวมกว้างๆว่านักกีฬาเคลื่อนไหวอย่างไรโดยผู้ฝึกสอนส่วนใหญ่จะสะท้อนการเคลื่อนไหวของนักกีฬ่ออกมาในเชิงคุณภาพ (Qualitative) มากกว่าที่จะเป็นแบบเชิงปริมาณ (Quantitative) ถ้าผู้ฝึกสอนมีประสบการณ์น้อยจะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้โดยเฉพาะในบางทักษะที่มีความสำคัญและนักกีฬาจะต้องปฏิบัติอย่างรวดเร็วและส่งผลให้การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) มีความผิดพลาดได้ ดังนั้นการฝึกซ้อมโดยอ้างอิงข้อมูลที่แท้จริงและเชื่อมั่นได้จากนักกีฬา (Evidence-based practice) จะช่วยให้นักกีฬาประสบความสำเร็จได้ สถาบันที่ได้รับความเชื่อถือในด้านการสนับสนุนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ กีฬาบางประเภทที่ใช้สถิติเป็นตัวกำหนดการแพ้ชนะเช่น วิ่ง กระโดดไกล พุ่งแหลน ขว้างจักร ชนดักกีฬาเหล่านี้ตัดสินกันด้วยความเร็ว ความสูงหรือระยะทางที่ทำได้ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬา (Performance) สามารถทำได้ง่ายกว่ากีฬาประเภททีมหรือกีฬาประเภทบุคคลที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่หลากหลาย (Open skill) และตัดสินผลแพ้ชนะกันด้วยคะแนน ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬาจะต้องมีรูปแบบการวัดที่หลากหลาย เช่น นักกีฬาเคลื่อนไหวในเกมอย่างไร นักกีฬ่ออกแรงพยายามในเกมมากน้อยเพียงใด จะเห็นได้ว่านอกจากกีฬาที่วัดผลกันด้วยสถิติแล้ว กีฬาชนิดที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวซับซ้อนไม่มีดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวได้อย่างชัดเจน (Definitive index) ข้อมูลจากการประเมินประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนในการติดตาม ประเมินผล และวางแผนการฝึกซ้อม และแข่งขันได้อย่างเป็นระบบ มีข้อมูลที่ชัดเจน น่าเชื่อถือ มีวัตถุประสงค์ในขั้นตอนต่างๆ ชัดเจนและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยที่จะส่งเสริมสนับสนุนความสำเร็จของนักกีฬาจะต้องมาจากความมุ่งมั่น ความสามารถในกีฬาชนิดนั้นๆ และจะต้องอาศัยสมรรถภาพทางกายระดับสูงด้านความอดทน (Endurance) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) ความอ่อนตัว (Flexibility) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความเร็ว (Speed) การประสานสัมพันธ์กันระหว่างระบบประสาทกล้ามเนื้อ

(Coordination) รวมไปถึงการใช้เทคนิคและแทคติกในการแข่งขัน ผู้ฝึกสอนมีหน้าที่สำคัญที่จะต้องวางแผนสร้าง และควบคุมองค์ประกอบดังกล่าวนี้ให้เกิดขึ้นในนักกีฬา Reilly, 2005 ได้เสนอรูปแบบ Ergonomics model ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Ergonomics model of training (Reilly, 2005)

Ergonomics model of training เป็นรูปแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมของนักกีฬาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของเกม (Demands of game) ความต้องการของเกมจะแตกต่างกันไปตามชนิดกีฬา บางชนิดมีความต้องการทางกายสูง (Physical demands) เช่น การเคลื่อนไหวร่างกายที่รวดเร็วและมีทิศทางที่หลากหลาย บางชนิดต้องการต้องการความอดทนสูง บางชนิดเป็นแบบผสมผสานซึ่งนักกีฬาต้องฝึกซ้อมเพื่อมีเป้าหมายให้ร่างกายปรับตัวไปสู่ความต้องการทางกายตามรูปแบบการเคลื่อนไหวของกีฬานั้นๆ ดังนั้นรูปแบบ Ergonomics model of training ที่พัฒนาขึ้นมากเพื่อเป็นแนวทางให้นักกีฬาพัฒนาตนเองไปสู่ศักยภาพที่แท้จริงของร่างกายที่นักกีฬาจะต้องแสดงออกมาในเกมการแข่งขันจริง นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางการวางแผนการฝึกซ้อมและคัดเลือกตัวผู้เล่นของผู้ฝึกสอน

การดำเนินการฝึกซ้อมของนักกีฬาเมื่อผ่านพ้นไประยะหนึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามการตอบสนองต่อการฝึกซ้อม (Monitoring) นำผลการติดตามมาวิเคราะห์ (Analysis) และประเมินผลการฝึกซ้อม (Evaluation) การประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นการศึกษาว่านักกีฬามีการตอบสนองต่อโปรแกรมนั้นอย่างไร นอกจากนี้หากเป็นกีฬาประเภททีมยังจะต้องประเมินจุดด้อยภายในทีมเพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าทีมจำเป็นจะต้องแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงในด้านใดบ้างซึ่งการนำ Ergonomics model of training มาวิเคราะห์จะช่วยให้การประเมินจะทำให้ทราบทิศทางการทำงานของทีมได้ว่าจะเดินไปในทิศทางใด ส่วนชนิดกีฬาบุคคลการนำ Ergonomics model of training มาช่วยในการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าศักยภาพของนักกีฬาด้านใดควรจะต้องแก้ไขปรับปรุง

เพิ่มเติม โดยทั่วไปผู้ฝึกสอนจะต้องทดสอบประสิทธิภาพทางร่างกาย (Performance assessments) ของนักกีฬาเพื่อประเมินประสิทธิภาพทางร่างกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ 4 ด้าน คือ ทักษะด้านร่างกาย (Physical skill) ทักษะด้านจิตใจ (Mental skill) ด้านแทคติก (Tactical skill) และด้านเทคนิค (Technical skill) การทดสอบประสิทธิภาพทางร่างกายทั้ง 4 ด้านดังที่ได้กล่าวมายังสามารถแยกจำแนกรายละเอียดการทดสอบให้ย่อยลงไปอีก เช่นการวัดสมรรถภาพทางด้านร่างกายยังแบ่งออกเป็น การทดสอบความสามารถด้านแอโรบิก (Aerobic capacity) ความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ความอ่อนตัว (flexibility) และความเร็ว (Speed) การวัดทักษะด้านจิตใจ สามารถวัดหลายด้านเช่น ความมุ่งมั่น หรือบุคลิกภาพของนักกีฬา (Personality traits) การวัดความสามารถด้านแทคติก สามารถวิเคราะห์เบื้องต้นจากรูปแบบการเล่นหรือระบบการเล่นของทีมต่างๆ การทดสอบด้านต่างๆ เหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากเพราะเป็นการประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ นอกจากนี้การนำข้อมูลจากการทดสอบหลายๆ ด้านมาวิเคราะห์ร่วมกันทำให้ผู้ฝึกสอนสามารถมองปัญหาแบบบูรณาการได้ซึ่งแตกต่างกับการมองปัญหาแบบแยกส่วนตามแบบวิธีดั้งเดิม เมื่อข้อมูลภาพรวมทั้งหมดถูกนำมาบูรณาการแล้วทำให้สามารถพบปัญหาที่เฉพาะเจาะจง (Specific) และนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

ปัจจุบันทีมกีฬาส่วนใหญ่จะมีการทดสอบสมรรถภาพด้านต่างๆไว้ก่อนฤดูกาลแข่งขันเพื่อเป็นข้อมูลด้านสมรรถภาพเบื้องต้นของนักกีฬา (Individual baseline) และนำไปเป็นข้อมูลในการจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาและนำไปเปรียบเทียบการตอบสนองและการปรับตัวต่อภายหลังการฝึกของนักกีฬาแต่ละคน (Inter-individual variability) เพื่อประเมินว่าพัฒนาการของนักกีฬาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกหรือไม่ นอกจากนี้สมรรถภาพทางกายที่ทดสอบไว้ยังสามารถนำมาเทียบเคียงกับการตอบสนองทางสรีรวิทยา (Physiology responses) ในขณะแข่งขัน เช่น อัตราการเต้นหัวใจขณะแข่งขัน หรือความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างแข่งขัน เพื่อประเมินว่าร่างกายของนักกีฬาทำงานหนักมากน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสมรรถภาพทางกายที่วัดไว้ในต้นฤดูกาลแข่งขันและสามารถนำข้อมูลที่เปรียบเทียบแล้วไปอธิบายให้กับนักกีฬาได้ทราบว่าร่างกายทำงานหนักมากน้อยอย่างไรและการเคลื่อนไหวร่างกายสอดคล้องกับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาคนนั้นๆ หรือไม่ เมื่อนำข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยา มาประกอบกับข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motion analysis) เช่นระยะทางการเคลื่อนที่ ช่วงที่มีการหยุดพัก ก็จะสามารถนำมาหาค่าความสัมพันธ์กับค่าความสามารถแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิกของนักกีฬาได้ เช่นเมื่อพบว่านักกีฬาค่าสมรรถภาพด้านแอโรบิกจากการทดสอบอยู่ในระดับสูงแต่พบว่าค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดเกมการแข่งขันมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของสมาชิกในทีมเดียวกันขณะแข่งขันในเกมเดียวกันประกอบกับอัตราของงาน (Work rate) ที่ทำได้ในเกมการแข่งขันนั้นมีค่าต่ำผู้ฝึกสอนจะสรุปได้ว่านักกีฬาเล่นในเกมนั้นได้ต่ำกว่ามาตรฐานหรือต่ำกว่าค่าความสามารถจริงของตัวนักกีฬาเอง

ประโยชน์ของการทดสอบสมรรถภาพและการวัดประสิทธิภาพ (Performance) ของนักกีฬา

1. เป็นข้อมูลพื้นฐานของนักกีฬาแต่ละคนและเป็นข้อมูลภาพรวมของทีม
2. เพื่อหาจุดแข็งของนักกีฬาและจุดด้อยของนักกีฬาเพื่อที่จะนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้กับตัวนักกีฬาและเป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับนักกีฬาได้
4. เพื่อประเมินการบรรลุวัตถุประสงค์ของการฝึกซ้อมที่ตั้งไว้
5. เพื่อประเมินปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าของนักกีฬาเช่น โภชนาการ หรือจิตวิทยา เป็นต้น
6. เพื่อเป็นเครื่องมือในการติดตามความสมบูรณ์ทางกายหรือติดตามความพร้อมของร่างกายภายหลังการฟื้นฟูจากการบาดเจ็บ
7. ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของนักกีฬาแต่ละคน (Individual performance capacity) กับความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในสนามแข่งขัน (Actual demands of competition)
8. เพื่อติดตามภาวะสุขภาพของนักกีฬา (Health status)
9. ใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาความสามารถสูงและความสามารถต่ำ
10. เพื่อใช้ในการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน (Performance norms) ในกีฬาชนิดต่างๆ
11. เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแบ่งแยกระดับความสามารถของนักกีฬาเพื่อเข้ากลุ่มฝึกซ้อมอย่างเหมาะสม
12. เป็นข้อมูลใช้เปรียบเทียบความก้าวหน้าในแต่ละปี
13. ใช้เป็นแนวทางในการตั้งเป้าหมายการฝึกซ้อมของแต่ละคนและของทีมในปีต่อไป
14. เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการแก้ไขข้อบกพร่องของทีมต่อไป

จากประโยชน์ดังที่ได้กล่าวมาการทดสอบสมรรถภาพและการวัดประสิทธิภาพสามารถประเมินจุดแข็งและจุดด้อยของนักกีฬาแต่ละคน นอกจากนี้ข้อมูลด้านสมรรถภาพของนักกีฬายังเป็นข้อมูลพื้นฐานของนักกีฬาและเป็นข้อมูลภาพรวมของทีมสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าสมรรถภาพของนักกีฬาในช่วงเวลาต่างๆได้ เช่น ก่อนและหลังการฟื้นฟูการบาดเจ็บ ภาวะสุขภาพของนักกีฬาในช่วงระหว่างฤดูกาลแข่งขัน พัฒนาการต่อโปรแกรมฝึก และการคัดเลือกตัวนักกีฬา เช่นในการฟื้นฟูนักกีฬาภายหลังการบาดเจ็บปัจจุบันมีการใช้เครื่องมือไอโซคิเนติก (Isokinetic) มาวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งให้ความแม่นยำในการวัดสูงและยังสามารถใช้วัดความแข็งแรง (Strength) และพลังกล้ามเนื้อ (Power) ได้ในนักกีฬาที่อยู่ระหว่างการฝึกซ้อมและนำไปสู่การเลือกชนิด (Type) ปริมาณของการฝึก (Quantity) และความถี่ในการฝึกหรือในการฟื้นฟูร่างกาย รวมทั้งการวางแผนการฝึกซ้อมและแข่งขันต่อไป

อิทธิพลของเทคโนโลยีต่อวงการกีฬา

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีส่วนสำคัญในการก้าวสู่ความสำเร็จและการพัฒนานักกีฬาให้มีศักยภาพ โดยเทคโนโลยีด้านอินเทอร์เน็ตและคอมพิวเตอร์มีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมากในการกีฬาดังเช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบสมรรถภาพที่มีประสิทธิภาพสูงเคลื่อนย้ายได้ง่าย ให้ผลการทดสอบรวดเร็วและแม่นยำไม่แตกต่างจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ทำให้แบบทดสอบมีความเฉพาะเจาะจง (Specificity) เพียงตรง (Validity) และมีความเชื่อมั่นสูง (Reliability) (Stevenson and Drust, 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้กับแบบทดสอบภาคสนาม (field-assessment) ส่งผลให้การวัดการตอบสนองทาง

สรีรวิทยา (Metabolic responses) ในระหว่างเกมการแข่งขันสามารถทำได้ไม่แตกต่างจากการปฏิบัติในห้องทดลอง เช่น การประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนโดยวิธีการวิเคราะห์ก๊าซ (Gas analysis) วิธีการเดิมที่ใช้การเก็บอากาศที่หายใจออกไว้ใน Douglas bag แล้วนำไปวิเคราะห์ก๊าซในห้องทดลอง ปัจจุบันวิธีการดังกล่าวถูกแทนที่โดยการวิเคราะห์แบบ Breath-by-Breath ซึ่งให้ผลรวดเร็วอย่างมากและไม่ซับซ้อนหลายขั้นตอนนอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีที่สามารถติดตามอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาในสนามฝึกซ้อมและสนามแข่งขันจริงจะทำให้ผู้ฝึกสอนติดตามและสามารถปรับความหนักเบาของโปรแกรมการฝึกซ้อมได้ตามความต้องการของร่างกายได้อย่างเหมาะสม (Optimal requirements) นอกจากนี้เทคโนโลยี จีพีเอส (Global positioning systems, GPS.) สามารถประมวลผลข้อมูลเช่น ความเร็วในการวิ่ง ระยะทาง เวลาในการวิ่ง มาพิจารณาประกอบ (Synchronization) กับข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจนักกีฬาเพื่อปรับกลยุทธ์ในการวิ่งให้ได้เปรียบในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

ปัจจุบันวิธีการติดตามการเคลื่อนไหวและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของนักกีฬาที่ได้รับความนิยมอีกวิธีหนึ่งคือวิธี (Computerised tracking) ซึ่งสามารถติดตามการเคลื่อนไหวของนักกีฬาในสถานการณ์การแข่งขันจริงได้ เครื่องมือที่ใช้ในวิธีการนี้สามารถส่งข้อมูลการเคลื่อนไหว อัตราการออกแรง (Work rate) ของนักกีฬา หรือข้อมูลทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของนักกีฬาได้ตามเหตุการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้นในสนามแข่งขัน (Real-time data) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวผู้ฝึกสอนจะนำไปประกอบการตัดสินใจปรับกลยุทธ์ของทีม เปลี่ยนวิธีการเล่น หรือเปลี่ยนแปลงผู้เล่นต่อไป โดยในอดีตที่ผ่านมาการติดตามการเคลื่อนไหวของนักกีฬาแบบเป็นปัจจุบัน (Real time) ทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถใส่อุปกรณ์ติดตามการเคลื่อนไหวใดๆ ไว้ในตัวนักกีฬาได้เนื่องจากกฎกติกาการแข่งขันไม่อำนวย ด้วยข้อจำกัดของการเล่นดังกล่าว จึงมีการนำภาพจากวิดีโอ (Digital video) มาประมวลผลในคอมพิวเตอร์เพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของนักกีฬาซึ่งจะไม่ไปรบกวนการเล่นของนักกีฬาเลยและสามารถนำภาพไปพิจารณาประกอบกับข้อมูลทางสรีรวิทยาด้านอื่นได้ อย่างไรก็ตามการนำแบบทดสอบมาใช้นอกจากจะต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ เป้าหมาย ประเภทของกีฬาที่จะทดสอบแล้ว การทดสอบยังจะต้องคำนึงความเฉพาะเจาะจง (Specific) ต่อกีฬาชนิดนั้นๆ มีความเที่ยงตรง (Validity) ผลการทดสอบสามารถวัดซ้ำแล้วได้ค่าแม่นยำเหมือนเดิม (Reproducible) แบบทดสอบมีความไว (Sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพนักกีฬา โดยกล่าวโดยสรุปว่าแบบทดสอบที่ดีจะต้องผ่านขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของแบบทดสอบ (Quality control) (Winter et al., 2007)

Time motion analysis เป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกมการแข่งขัน ทำให้ผู้ฝึกสอนสามารถศึกษาการเล่นของนักกีฬาได้อย่างละเอียด ผู้ฝึกสอนสามารถนำข้อมูลมาเป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้กับนักกีฬาและสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาเทคนิคการฝึกซ้อมเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการทางสรีรวิทยาในแต่ละชนิดกีฬาซึ่งส่งผลให้โปรแกรมการฝึกซ้อมมีความเฉพาะเจาะจงกับเกมการแข่งขันจริง (Game-specific training schedules) รูปแบบการเคลื่อนไหว ปริมาณของงาน (Volume) ความหนักของการเคลื่อนไหว (Intensity of Movement) ซึ่งจะส่งผลให้การฝึกซ้อมมีประสิทธิภาพมากขึ้น คอนโคนีและคณะ (1982) ได้นำเสนอวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลด์ (Anaerobic threshold) ซึ่งเป็นวิธีการทางอ้อม ไม่ต้องเก็บตัวอย่างเลือด (Noninvasive) โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการวิ่งกับอัตราการเต้นของหัวใจ จากการศึกษาเขาได้พบว่าการทดสอบโดยการให้วิ่งแบบเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อยๆจนหมดแรง (Progressive

incremental exercise) เมื่อนำความเร็วในการวิ่งและอัตราเต้นของหัวใจมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นจะพบการหักเหของเส้นตรงดังกล่าว (Deflection of the linear speed/heart rate relation) เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) จะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงสอดคล้องกับความเร็วในการวิ่งจนถึงระดับความหนักเกือบสูงสุด (Submaximal) ระยะนี้เส้นตรงนี้จะเริ่มโค้ง (Curvilinear) เรียกว่าจุดหักเหของชีพจร (Heart rate deflection point, HRdp.) ค่านี้จะแสดงถึงร่างกายได้ถูกกระตุ้นให้เริ่มทำงานในระบบพลังงานแอนแอโรบิก กลัยโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเร็วในการวิ่งที่ลดลง (Running speed of deflection, Sdp.) เช่นกัน หลักการดังกล่าวเป็นหลักการที่คอนโคเนียนำมาใช้ในแบบทดสอบของคอนโคนี (Conconi test) การทดสอบด้วยวิธีคอนโคนีจะเพิ่มความเร็วในการวิ่ง 1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที ซึ่งจะให้อัตราการเต้นของหัวใจเต้นไม่เกิน 8 ครั้ง/นาที นำค่าอัตราการเต้นของหัวใจมาหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 30 วินาทีสำหรับแบบทดสอบมาตรฐาน และ 15 วินาทีสำหรับ แบบทดสอบ Modified conconi test และนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจดังกล่าวมาสร้างกราฟเส้นคู่ขนานไปกับกราฟเส้นของค่าความเร็วในการวิ่งเพื่อวิเคราะห์หาค่าจุดหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR deflection point, HRdp) ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าความเร็วในการวิ่งและค่าความเร็วในการวิ่ง ณ จุดหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจจะถือว่าเป็นจุดหักเหของความเร็วในการวิ่ง (Speed deflection point, Sdp) เพื่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ผลผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression analysis) และให้ผู้เชี่ยวชาญ 2 คน สังเกตค่าดังกล่าวจากกราฟโดยสังเกตได้จากเส้นกราฟที่โค้งลง (Slope) ซึ่งสามารถลากเส้นตัดกันได้ในแกน Y และแกน X มีการศึกษาพบเพิ่มเติมอีกว่า จุดหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR deflection point, HRdp) เป็นจุดที่บ่งบอกประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial function)

ระบบพลังงาน (Energy Systems)

ในการเคลื่อนไหวร่างกายจะต้องอาศัยพลังงานเคมีในร่างกายเป็นเชื้อเพลิงในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ต้นตอที่สำคัญของพลังงานที่ใช้ในการทำงานคือ คาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน ต้องการสารเคมีหลายอย่างสำหรับเป็นพาหะของพลังงานภายในเซลล์ เพื่อให้คาร์โบไฮเดรตหรือไขมันเปลี่ยนสู่จุดที่สามารถมีปฏิกิริยาในทางชีววิทยาได้ อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate, ATP) เป็นสารที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนพลังงาน นอกจากนี้ครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate, CP) หรือที่เรียกว่า ฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine, PC) ก็เป็นสารที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง

ลำดับขั้นการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อมีดังนี้ คือ

1. **เอ.ที.พี.** เป็นต้นตอของพลังงานที่กล้ามเนื้อต้องใช้โดยตรงคือ



แต่ เอ.ที.พี. ที่สำรองอยู่ในกล้ามเนื้อมีไม่มากนัก

2. **ครีเอทีนฟอสเฟต** เป็นต้นตอของพลังงานที่อยู่ในกล้ามเนื้อสามารถเก็บไว้ได้มากคือ



ครีเอทีนฟอสเฟตจะถ่ายพลังงานให้กับ เอ.ดี.พี. เพื่อสร้าง เอ.ที.พี. ขึ้นใหม่ การถ่ายทอดนี้กระทำได้รวดเร็วพอสมควร

3. กลัยโคเจน เป็นต้นตอของพลังงานที่กล้ามเนื้อสะสมไว้ เปรียบเทียบได้กับวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้พลังงาน แต่กลัยโคเจนจะต้องสลายโดยผ่านขบวนการปฏิกิริยาเคมีหลายอย่าง จึงจะได้พลังงานออกมาใช้อาจกล่าวโดยย่อได้ดังนี้คือ การสลายกลัยโคเจนแบ่งได้เป็น 2 ชั้น ชั้นแรกกลัยโคเจนจะสลายเป็นกรดพัยรูวิก (Pyruvic Acid) ขบวนการนี้ไม่ใช้ออกซิเจน จึงเรียกว่าเป็นแอนแอโรบิกเมตะบอลิซึม

การเปลี่ยนแปลงต่อไปจากขั้นนี้อาจเป็นไปได้ 2 ทางคือ

1. เมื่อกล้ามเนื้อมีออกซิเจนใช้ กรดพัยรูวิกที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนต่อไปตามขบวนการเคมี ทำให้พลังงานออกมาใช้ได้มากมาย จึงเรียกว่า เป็นแอโรบิกเมตะบอลิซึม
2. ถ้ากล้ามเนื้อไม่มีออกซิเจนใช้ เมตะบอลิซึมชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะดำเนินต่อไปและกรดพัยรูวิกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก และคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อ กรดแลคติกนี้เองที่เป็นตัวขัดขวางไม่ให้กล้ามเนื้อทำงานต่อไปได้

พลังงานที่ได้จากแอโรบิกเมตะบอลิซึม และแอนแอโรบิกเมตะบอลิซึมไม่เท่ากัน คือพลังงานจากกรรมวิธีแอนแอโรบิกจะได้พลังงานน้อยกว่า ในการสลายกลัยโคเจนเป็นแลคเตท เมื่อคิดพลังงานจากกลูโคส จะพบว่ากลูโคส 1 โมเลกุล ให้พลังงาน 55 กิโลแคลอรี (กลัยโคเจน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย กลูโคสโมเลกุลมากมาย) ส่วนกรรมวิธีของแอโรบิกเมตะบอลิซึมจะได้พลังงานมากกว่านี้คือ กลูโคส 1 โมเลกุล จะสลายได้พลังงานถึง 686 กิโลแคลอรี ซึ่งจะเก็บไว้ในรูปของ เอ.ที.พี. 38 โมเลกุล 1 โมเลกุลของ เอ.ที.พี.ให้พลังงาน 8 แคลอรี จะเห็นได้ว่าพลังงานกว่าครึ่งเสียไปในรูปของความร้อน พลังความร้อนนี้ไม่สามารถนำไปใช้ทำงานได้ แต่นำมาใช้ในการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายให้คงที่ที่อุณหภูมิพอเหมาะซึ่งเอนไซม์ต่าง ๆ จะทำงานได้ดี

จำนวนพลังงานที่มีอยู่ในร่างกาย

1 ระบบฟอสฟาเจน หรือ เอ.ที.พี. – พี.ซี.

หมายถึงระบบที่ใช้พลังงานจาก เอ.ที.พี. และฟอสโฟครีเอทีน (พี.ซี.) จำนวนพลังงานของระบบฟอสฟาเจนที่มีอยู่ในร่างกาย ได้แสดงไว้ในตาราง สังเกตว่าฟอสฟาเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อทั่วร่างกายมีเพียง 570 – 690 มิลลิโมล เมื่อคิดเป็นพลังงานจะได้ 5.7 – 6.9 กิโลแคลอรี ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อย เพราะสามารถใช้ในการออกกำลังกายอย่างหนักได้เพียง 10 วินาทีเท่านั้น เช่น สำหรับการวิ่ง 100 เมตร แต่มีข้อได้เปรียบคือ ร่างกายสามารถนำพลังงานชนิดนี้มาใช้ได้โดยรวดเร็ว

ตารางแสดงจำนวนพลังงานของระบบฟอสฟาเจน (เอ.ที.พี. – พี.ซี.) ที่มีในร่างกาย

	ATP PHOSPHAGEN	PC	TOTAL (ATP + PC)
1. Muscular concentration			
a. mM/kg muscle*	4 – 6	15 – 17	19 – 23
b. mM total muscle mass**	120 – 180	450 – 510	570 – 690
2. Useful energy***			
a. kcal/kg muscle	0.04 – 0.06	0.15 – 0.17	0.19 – 0.23
b. kcal total muscle mass	1.2 – 1.6	4.5 – 5.1	5.7 – 6.9

* Based on data from Hultman / and Karlsson

** Assuming 30 kg. of muscle in a 70 – kg man.

*** Assuming 10 kcal per mole ATP.

2. ระบบแอนแอโรบิก (กรดแลคติก)

หมายถึง พลังงานที่ได้ในร่างกายจากการสลายกลัยโคเจนในระบบแอนแอโรบิก ซึ่งไม่ใช่ออกซิเจนได้แสดงไว้ในตาราง

	PER kg MUSCLE	TOTAL MUSCLE MASS
1. Maximal lactic acid tolerance (grams)**	2.0 – 2.3	60 – 70
2. ATP formation (millimoles)	33 – 38	1000 – 2000
3. Useful energy (kilocalories)	0.33 – 0.38	10.0 – 12.0

** Based on data from Karisson., 1971

ตารางแสดงจำนวนพลังงานของระบบกรดแลคติกที่มีในร่างกาย ซึ่งเป็นระบบที่ได้จากการสลายกลัยโคเจนชนิดแอนแอโรบิก

เนื่องจากในการสลายกลัยโคเจนแบบแอนแอโรบิกนี้ กลัยโคเจน 1 โมล หรือ 180 กรัม สามารถสลายให้ เอ.ที.พี. 3 โมล และจะทำให้เกิดกรดแลคติก 180 กรัม แต่ร่างกายจะทนกรดแลคติกได้เพียง 60 – 70 กรัม เท่านั้น ดังนั้น ในการสลายกลัยโคเจนแบบแอนแอโรบิก ร่างกายจึงสังเคราะห์ เอ.ที.พี. เพื่อใช้งานได้เพียง 1 – 1.2 โมล อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานในระบบกรดแลคติกนี้มีความสำคัญในการออกกำลังกายระยะสั้น 1 – 3 นาที ซึ่งเทียบได้กับการวิ่ง 400 – 800 เมตร

3 ระบบแอโรบิก

เมื่อมีออกซิเจน กลัยโคเจน 1 โมล สามารถสลายพลังงานเป็น เอ.ที.พี. ถึง 39 โมล เป็นการยากที่จะประมาณค่าพลังงานในกล้ามเนื้อทั้งหมดที่ได้รับจากระบบแอโรบิก เพราะร่างกายใช้พลังงานจากอาหาร 3 อย่าง คือ คาร์โบไฮเดรต, ไขมัน และโปรตีน แต่เพื่อการเปรียบเทียบระบบ

แอนแอโรบิกจึงคิดพลังงานที่ได้จากกลัยโคเจนของกล้ามเนื้อแต่เพียงอย่างเดียว ได้แสดงไว้ในภาพประกอบ จะเห็นได้ว่าจำนวน เอ.ที.พี. ที่ได้มานั้นมีค่า 87 – 98 โมล ซึ่งค่ามากกว่าพลังงานที่ได้รับจากระบบอื่นอีก 2 ระบบ ถึง 50 เท่า นอกจากนั้นยังมีกลัยโคเจนอีก 50 – 100 กรัม เก็บสำรองอยู่ในตับ ถ้านำมาใช้ในระบบแอโรบิก จะได้ เอ.ที.พี. เพิ่มขึ้นอีก 17 – 22 โมล การเปรียบเทียบความสามารถและกำลังของระบบพลังงานทั้งสามได้แสดงไว้ในตารางดังนี้

ตารางแสดงจำนวนพลังงานของระบบแอโรบิกที่ได้จากกลัยโคเจนในกล้ามเนื้อ

	MUSCLE GLYCOGEN	
	Per kg Muscle	Total Muscle
	Mass	
1. Muscular Concentration (grams)	13 – 15*	400 – 450
2. ATP formation (moles)	2.8 – 3.2	87 – 98
3. Useful energy (kcal)	28 – 32	870 – 980

** Based on data from Hultman, 1973

ตารางแสดงความสามารถและกำลังของพลังงานทั้งสามระบบ

	MAXIMAL POWER (MOLES OF ATP ATP SYSTEM AVAILABLE	MAXIMAL CAPACITY (TOTAL MOLES PER MINUTE)
Phosphagen (ATP – PC)	3.6	0.7
Anaerobic glycolysis (lactic acid)	1.6	1.2
Aerobic or oxygen (from glycogen only)	1.0	90.0

การทำงานของระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกในขณะพัก และขณะออกกำลังกาย

มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาการทำงานของระบบแอนแอโรบิก และระบบแอโรบิก ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกายคือ

- (1) ชนิดของอาหารที่ใช้ในเมตะบอลิซึม
- (2) บทบาทของระบบพลังงานแต่ละระบบ
- (3) การเกิดการคั่งของกรดแลคติกในเลือด

1. ในขณะพัก

เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานนั้น 2/3 ได้มาจากไขมัน ที่เหลืออีก 1/3 ได้จาก

คาร์โบไฮเดรตส่วนโปรตีนนั้นใช้น้อยมาก และในขณะพักนี้ร่างกายใช้ระบบแอโรบิกเป็นต้นตอของพลังงานแต่เพียงอย่างเดียว เพราะปอดและหัวใจสามารถขนส่งและป้อนพลังงานให้ได้เพียงพอ ถึงแม้ว่า ระบบแอโรบิกจะทำงานแต่เพียงระบบเดียว แต่ก็พบว่ามีการแตกตัวเกิดขึ้นในเลือดเล็กน้อย และมีจำนวนคงที่คือ ประมาณ 10 มก./เลือด 100 ลบ.ซม. เนื่องจากระบบของกรดแลคติก นั้นคงที่และไม่เพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าร่างกายในขณะพักนั้นใช้ เอ.ที.พี. ที่เกิดจากระบบแอโรบิกแต่เพียงอย่างเดียว

2. ในขณะออกกำลังกาย

ร่างกายต้องใช้ระบบแอนแอโรบิกและแอโรบิก อย่างไรก็ตาม บทบาทของแต่ละระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของการออกกำลังกาย ในการพิจารณาเรื่องนี้ จะต้องแบ่งการออกกำลังกาย เป็น 2 ประเภท

- (1) การออกกำลังกายที่ต้องทำเต็มที่และสามารถทำได้เพียงระยะสั้น
- (2) การออกกำลังกายที่ทำระยะยาวและทำในระดับต่ำกว่าระดับสูงสุด

(1) การออกกำลังกายในระยะสั้น

การออกกำลังกายในประเภทนี้ได้แก่ การวิ่ง 100 ม. 200 ม. และ 400 ม. เป็นต้น รวมทั้งการออกกำลังกายอย่างอื่นที่มีความหนักและสามารถกระทำได้ไม่เกิน 2 – 3 นาที เท่านั้น จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงในการออกกำลังกายประเภทนี้ที่สำคัญที่สุดคือ คาร์โบไฮเดรต รองลงไปคือไขมัน ส่วนโปรตีนนั้นเกี่ยวข้องน้อยมาก และจะเห็นได้ว่าระบบพลังงานที่สำคัญคือ ระบบแอนแอโรบิก ทั้งนี้เนื่องจากว่าระบบแอโรบิกแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้อนพลังงานให้ได้เพียงพอ

มีเหตุผล 2 ประการที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดของระบบแอโรบิกในขณะออกกำลังกายคือ

- (1) บุคคลแต่ละคนจะมีเพดานสำหรับความสามารถทางด้านแอโรบิก หรือเรียกว่าเป็นความสามารถสูงสุดของการใช้ออกซิเจน
- (2) จะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 – 3 นาที สำหรับการใช้ออกซิเจนที่จะปรับตัวให้เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงได้

ตัวอย่างเช่น ผู้ที่ได้รับการฝึกดีแล้ว จะมีกำลังแอโรบิกสูงสุด (Maximum Aerobic Power) 3 และ 5 ลิตร ของออกซิเจน/นาที สำหรับหญิงและชายตามลำดับ แต่สำหรับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก จะมีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 2.2 ลิตร/นาที สำหรับหญิง และ 3.2 ลิตร/นาที สำหรับชาย ค่าของการใช้ออกซิเจนที่ระดับนี้นั้นไม่เพียงพอที่จะป้อน เอ.ที.พี. ให้สำหรับการวิ่ง 100 ม. ซึ่งอาจ ต้องการถึง 45 ลิตร/นาที สำหรับการวิ่ง 100 ม. ที่ใช้เวลา 10 วินาที ดังนั้นจะต้องใช้ออกซิเจนประมาณ 8 ลิตร ระยะเวลาที่ซึ่งระดับของการใช้ออกซิเจนต่ำกว่าระดับที่จำเป็นที่จะต้องป้อนให้แก่ เอ.ที.พี. ที่ต้องการนั้นเรียกว่า การขาดออกซิเจน (Oxygen Deficit) ดังนั้นในระยะนี้จึงต้องการพลังงานจากระบบฟอสฟาเจนและการสลายกลัยโคเจนด้วยวิธีแอนแอโรบิก ซึ่งก็หมายความว่าในการออกกำลังกายอย่างหนักและระยะสั้นนั้น จะต้องมีการขาดออกซิเจนตลอดช่วงเวลาของการออกกำลังกาย การสลายกลัยโคเจนชนิดแอนแอโรบิกนั้น จะทำให้กรดแลคติกคั่งมาก การหดตัวของกล้ามเนื้อจะถูกยับยั้งด้วยจึงทำให้เกิดการเมื่อยล้า กรดแลคติกที่คั่งอาจมีระดับสูงถึง 200 มก. เปอร์เซ็นต์ได้ ซึ่งจะมากกว่าระดับปกติถึง 20 เท่า

(2) การออกกำลังกายระยะยาว

หมายถึง การออกกำลังกายที่นานกว่า 5 นาที ในกรณีนี้ อาหารที่เป็นต้นตอที่สำคัญคือคาร์โบไฮเดรตและไขมัน อย่างไรก็ตาม ในระยะแรกของการออกกำลังกายเช่น ในการทำงาน 1 หรือ 2 ชั่วโมง พลังงานที่สำคัญได้จากกลัยโคเจน แต่ในตอนท้ายของการออกกำลังกายนั้น ร่างกายจะใช้ไขมันเป็นต้นตอสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากกลัยโคเจนสำรองที่อยู่ในกล้ามเนื้อและในตับถูกใช้หมดไปแล้ว ในการออกกำลังกายประเภทนี้ เอ.ที.พี. ส่วนใหญ่นั้นได้มาจากระบบแอโรบิก ส่วนระบบกรดแลคติกและระบบ เอ.ที.พี. – พี.ซี. ก็เกี่ยวข้องด้วยแต่เพียงในระยะต้นเท่านั้น คือในระยะก่อนที่จะระดับของการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับคงที่ เมื่อระดับของการใช้ออกซิเจนสูงถึงระดับคงที่แล้วก็จะสามารถจ่าย เอ.ที.พี. ให้ได้เพียงพอ ดังนั้นกรดแลคติกจึงไม่คงและเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนในเรื่องนี้ได้แก่การวิ่งมาราธอน เมื่อสิ้นสุดการวิ่งระดับของกรดแลคติกจะเพิ่มมากขึ้นเป็นเพียง 2-3 เท่าของที่พบในขณะที่พัก ส่วนมากการเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการวิ่งหรือการออกกำลังกายระยะยาวนั้น มักขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้คือ

- (1) ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง เนื่องจากกลัยโคเจนสำรองในตับถูกใช้หมดไป
- (2) มีการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะแห่ง เนื่องจากกลัยโคเจนสำรองในกล้ามเนื้อถูกใช้หมดไป
- (3) มีการเสียน้ำและอิเล็กโทรไลต์ไป ซึ่งทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น

ส่วนในการออกกำลังกายระยะยาว แต่เป็นการออกกำลังกายอย่างเบา เช่น การเดินหรือการเล่นกอล์ฟนั้น ระดับของกรดแลคติกในเลือดจะไม่สูงกว่าปกติ ทั้งนี้เนื่องจากระบบ ฟอสฟาเจนเพียงพออย่างเดียวก็เพียงพอที่จะจ่าย เอ.ที.พี. ให้ได้ตามต้องการ ในกรณีเหล่านี้ อาการเมื่อยล้าอาจเกิดขึ้นช้ามาก เช่น เกิดขึ้นหลังจากออกกำลังกายถึง 6 ชั่วโมงไปแล้ว เป็นต้น

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ปริมาณของออกซิเจนและจำนวนพลังงานที่ต้องใช้ในการออกกำลังกายได้รับอิทธิพลมาจากหลายสิ่งด้วยกัน พอแยกกล่าวออกเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (Intensity of Exercise)

ถ้าหากปริมาณของ Motor Unit และ Muscle Fibers ที่ทำงานมีไม่มาก แสดงว่าความเข้มข้น ของการทำงานหรือการออกกำลังกายมีน้อย ความจำเป็นที่ต้องใช้ออกซิเจนก็น้อยตามไปด้วย แต่หากการหดตัวต้องเป็นไปอย่างรุนแรงแสดงว่าในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ต้องทำงาน จำเป็นที่ต้องใช้พลังงาน ATP มาก ความจำเป็นที่จะต้องใช้ออกซิเจนก็สูงตามไปด้วย

2. ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (Duration of Exercise)

ในการออกกำลังกายที่ไม่รุนแรงมากนัก อัตราการเพิ่มของออกซิเจนจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอัตราการเพิ่มระยะเวลาการออกกำลังกายซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มแบบสมำเสมอ แต่ถ้าหากการออกกำลังกายมีความเข้มข้นมาก และยาวนานจนทำให้เกิดความเมื่อย (Fatigue) ความต้องการออกซิเจนมีสูงทำให้อัตราการเพิ่มไม่ได้เป็นไปแบบช้า ๆ สมำเสมอเหมือนในตอนแรก แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อใดก็ตามที่ใยกล้ามเนื้อส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดความเมื่อยล้ามันจะขอความช่วยเหลือจากใยอื่น ๆ (กล้ามเนื้อแดงมีแบบการทำงานอย่างนี้มากที่สุด) มาช่วยทำงานเพื่อให้การ

ออกกำลังกายดำเนินต่อไปได้ตลอดระยะเวลาและเมื่อไยก้ามเนื้อมาร่วมทำงานต่อกันมากขึ้น ความต้องการพลังงานก็มีมากขึ้น ความจำเป็นที่ต้องมีออกซิเจนก็สูงตามไปด้วยเช่นกัน

3. อัตราความเร็วของการออกกำลังกาย (Speed of Exercise)

นี่เป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานและปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องใช้ Christensen และ Hogberg มีข้อมูลที่สนับสนุนคำกล่าวนี้อย่างปรากฏในตารางข้างล่าง

ตารางแสดงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องใช้ในการเล่นสกีน้ำแข็ง ด้วยความเร็วต่าง ๆ ของชายน้ำหนักตัว 83 กิโลกรัม ความจุปอด 6.95 ลิตร

อัตราความเร็ว (ก.ม./ช.ม.)	ออกซิเจนที่ใช้ (VO2) ลิตร/นาที
4.16	1.69
8.40	3.02
10.67	3.14
13.05	4.14
14.73	5.24

นอกจากนั้น Morehouse และ Miller มีตัวเลขที่แสดงให้เห็นว่า การวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 5.56 หลา/วินาที ในระยะทาง 120 หลา ใช้ออกซิเจน 5.18 ลิตร/นาที แต่ถ้าวิ่งด้วยอัตราความเร็ว 9.23 หลา/วินาที ในระยะทาง 120 หลา ใช้ออกซิเจน 33.96 ลิตร/นาที

4. ทักษะและประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Economy of Muscular Activity)

กล้ามเนื้อที่สามารถเคลื่อนไหวในกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีทักษะมักใช้พลังงานน้อย ดังนั้น นักกีฬาหรือผู้ที่ได้รับการฝึกฝนจนมีทักษะการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพจะปฏิบัติกิจกรรมนั้น โดยใช้พลังงานน้อยกว่าผู้ที่มีความสามารถทางกลไกการเคลื่อนไหวต่ำกว่าหรือขาดทักษะทั้งนี้เพราะการฝึกจนมีทักษะทำให้การเคลื่อนไหวที่เกินเลยความจำเป็นไม่มีหรือมีน้อยดังนั้นจึงประหยัดพลังงานไว้ใช้

นิยามค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ปริมาณออกซิเจนสูงสุดต่อหน่วยเวลาที่ร่างกายสามารถดึงจากบรรยากาศ และขนส่งตามกระแสเลือดสู่เนื้อเยื่อ ในระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย ด้วยกล้ามเนื้อมัดใหญ่ต่อต้านความต้านทานที่เพิ่มขึ้น ค่าความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดนี้ได้มีการใช้ชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปอย่างมากมาย อาทิเช่น Maximum Oxygen Consumption, Maximum Aerobic Power, Peak Aerobic Power, Maximum Oxygen Uptake (Consumption), Maximum Aerobic Work Capacity, Endurance Capacity, และ Cardiorespiratory Fitness และใช้คำย่อ คือ VO2 max

ขบวนการขนส่งออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อ

การขนส่งออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อนั้น ประกอบด้วยขบวนการที่ต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่ ตั้งแต่

1. การไหลเวียนของอากาศที่ปอด
2. การแพร่ของออกซิเจนจากถุงลมปอดสู่หลอดเลือดแดงฝอยที่ไปเลี้ยงปอด
3. การจับของออกซิเจนกับตัวพาออกซิเจนในเลือด (ฮีโมโกลบิน)
4. การแพร่ของออกซิเจนจากหลอดเลือดแดงฝอยสู่เนื้อเยื่อ
5. การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อ

หน่วยที่ใช้แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนนั้น อาจแสดงเป็นค่าสมบูรณของ ปริมาณออกซิเจนต่อหน่วยเวลา (ลิตร/นาที) หรือ ค่าปริมาณออกซิเจนต่อหน่วยเวลาที่สัมพันธ์กับ น้ำหนักตัว (มล./กก./นาที) หรือเป็น MET, 1 MET เป็นค่าการใช้ออกซิเจนขณะพักของชายน้ำหนัก ตัว 70 กก. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.5 มล./กก./นาที

ปัจจัยที่ใช้ในการวัดและคำนวณค่า VO2max

ค่า VO2max สามารถคำนวณได้จากปัจจัยของระบบหัวใจหรือระบบหายใจตามสมการของ Fick ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับปัจจัยทั้งสอง ดังนี้

$$VO2max = Qmax \times (a - VO2 \text{ difference}) max$$

ค่า Qmax = ปริมาตรการไหลของเลือดออกจากหัวใจต่อนาที

A - VO2 difference = ความแตกต่างของความเข้มข้นของออกซิเจนระหว่าง เลือดแดง และเลือดดำ

แม้ว่าสมการดังกล่าวได้แสดงความเกี่ยวข้องระหว่างระบบหัวใจ - หลอดเลือด และระบบ หายใจ(ปอด) การใช้ค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่า VO2max นั้นยังไม่สะดวกในทางปฏิบัติ เนื่องจาก ปัจจัยดังกล่าวไม่สามารถวัดได้โดยง่าย และมีความเสี่ยงอันตรายต่อชีวิต ดังนั้นความสัมพันธ์บน พื้นฐานของปัจจัยทางระบบหายใจจึงได้นำมาคำนวณค่าแทนดังนี้

$$VO2 = VE [0.265 (1.0 - FEO2 - FECO2) - FEO2]$$

จากสมการดังกล่าว ค่าการใช้ออกซิเจนสามารถคำนวณ โดยใช้เครื่องวัดปริมาตรอากาศที่ หายใจออก (VE) และปริมาตรอากาศที่หายใจเข้า (V1) ผ่านเครื่องวิเคราะห์แก๊สออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อวัดสัดส่วนของออกซิเจน (FEO2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (FECO2) ใน อากาศที่หายใจเข้าและออก การวัดดังกล่าวเป็นการวัดโดยตรง (Direct Method) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ ต้องทำในห้องปฏิบัติการ และขึ้นอยู่กับแรงจูงใจของผู้ทดสอบ ข้อมูลของเทเลอร์ (Taylor; et al. 1995) แสดงให้เห็นว่า ค่า VO2max จะวัดได้ค่าที่แท้จริงต่อเมื่อทำการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ เฉพาะเจาะจงเท่านั้นและวิธีการทดสอบนั้นต้องใช้กล้ามเนื้อหนักทำงานในแบบที่ต้องมีการ เคลื่อนที่แบบไดนามิก (Dynamic)ว่าการวัด VO2max โดยวิธีตรงนั้น แคชและคณะ (Katch; et al. 1982: 21-25) พบว่า ความผันแปรทางชีววิทยาของร่างกายนั้น มีส่วนเกี่ยวข้องถึง 90% ของค่าความ ผันแปรทั้งหมด ($\pm 5.6\%$) ส่วนความผิดพลาดด้านเทคนิคนั้นน้อยกว่า 10% การที่จะทำการทดสอบ

เพื่อให้ได้ผลเหมือนกัน (Good Reproducibility) ทุกครั้งเมื่อทดสอบใน คนเดียวกันนั้น ผู้ทำการทดสอบจะต้องทำงานได้เท่ากันภายใต้ภาวะเงื่อนไขที่กำหนดเดียวกัน ซึ่งในทางปฏิบัติจริงค่อนข้างจะทำได้ยาก ตัวอย่างเช่น ให้ผู้ที่ไม่เคยทดสอบและไม่คุ้นเคยกับเครื่องมือมาก่อนมาเข้ารับการทดสอบนั้นเป็นการยากที่จะบังคับหรือเชยรีให้เขาออกแรงต่อไปจนหมดแรง และก็ไม่ทราบ

ว่าเขาออกแรงเต็มความสามารถแล้วหรือไม่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดปัจจัยทางสรีรวิทยาเพื่อช่วยบ่งบอกว่าผู้ถูกทดสอบทำงานได้ถึงจุดความสามารถสูงสุดของเขาจริง ๆ ปัจจัยดังกล่าววัดได้จาก

1. อัตราการเต้นของชีพจรครั้งต่อนาที หรือมีค่ามากกว่า 85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เมื่อคำนวณจากอายุ เช่น $220 - \text{อายุ}$ หรือ $205 - \frac{1}{2}(\text{อายุ})$ (ACAM. 1991)
2. สัดส่วนของค่าการแลกเปลี่ยนแก๊ส CO_2 และ O_2 ($\text{VCO}_2 / \text{VO}_2$) หรือค่า $R \geq 1-1.15$
3. กรดแลคติกในเลือดมากกว่า 8 มิลลิโมล/ลิตร
4. ค่าการใช้ออกซิเจน เพิ่มขึ้นน้อยกว่า 2 มิลลิลิตร เมื่อระดับการออกแรงทำงานเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ดีเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ นั้น มีความแตกต่างกันในแบบทดสอบที่ใช้จำนวนมัดกล้ามเนื้อร่วมในการทดสอบแตกต่างกัน การทดสอบที่ต้องใช้ทั้งส่วนของแขนและขาในการทดสอบ จะวัดได้ค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ สูงกว่าการทดสอบที่ใช้แต่อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อนำผู้ถูกทดสอบคนเดียวกัน มาทำการทดสอบด้วยเครื่องมือที่แตกต่างกัน พบว่าค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ จะสูงสุดในการวิ่งบนลู่วิ่งหรือทำกิจกรรมที่ต้องใช้ทั้งแขนและขา เช่น เดินหรือวิ่ง ในการเล่นสกี คอกซ์และคณะ พบว่าค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ จากการวิ่งบนลู่วิ่งสูงกว่าค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ ที่วัดได้จากการก้าวขึ้นลงม้านั่ง (Step Test) ในผู้ใหญ่ที่มีอายุช่วง 40 – 50 ปี

ตัวบ่งชี้สมรรถภาพความทนทานของร่างกาย ($\text{VO}_{2\text{max}}$ as Predictor of Endurance Performance)

ถ้า VO_2 เป็นตัวบ่งบอกสมรรถภาพความทนทานของร่างกาย ดังนั้น การแข่งขันเพื่อหาผู้ที่มีความทนทานของร่างกายที่ดีที่สุด สามารถกระทำได้ในห้องปฏิบัติการ นักวิทยาศาสตร์ที่ทำการวิจัยใช้ลู่วิ่งเป็นเครื่องมือในการทดสอบหา $\text{VO}_{2\text{max}}$ ใครที่มีค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ สูงสุดคือผู้ชนะ จึงเป็นการง่ายกว่าที่จะลงไปทำการแข่งขันในลู่วิ่งของสนามกีฬาหรือสระว่ายน้ำ อย่างไรก็ตาม $\text{VO}_{2\text{max}}$ จึงเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้นในการประสบความสำเร็จของการเสริมสร้างความทนทานของร่างกาย

ในกลุ่มคนที่มีความแตกต่างของค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ พบว่า ผู้หญิงที่มีค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ สูงมีแนวโน้มที่จะวิ่งมาราธอนได้เร็ว แต่ถ้าคนในกลุ่มมีค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ ที่ใกล้เคียงอยู่ในระดับเดียวกัน ค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ ไม่ได้เป็นตัวบ่งบอกความสามารถของแต่ละคนเพราะว่า ทุกคนมีความสามารถเท่าเทียมกัน ตัวอย่างเช่น นักกีฬา 2 คน ชื่อ Waitz และ Clayton มีค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ 73 และ 69 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ตามลำดับค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ วัดในระยะสั้น ๆ ภายหลังจากที่ทำสถิติโลกในการแข่งขันมาราธอนหญิงและชายอย่างใดก็ตาม Clayton สามารถทำเวลาในการวิ่งได้เร็วกว่า Waitz 15 นาที ปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่ทำให้ประสบความสำเร็จรวมทั้งความเร็ว ความสามารถในการออกกำลังกายอย่างหนัก เป็นเวลาต่อเนื่องกันความสามารถในการกำจัดกรดแลคติก ปริมาณสูงสุดของเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายและความประหยัดในการใช้พลังงาน

ค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ ที่สูงเป็นสิ่งที่นักกีฬาต้องการ ความทนทานจะต้องมีค่า $\text{VO}_{2\text{max}}$ ที่ต่ำสุด

สำหรับนักกีฬาประเภทความทนทานในเพศหญิงควรจะต้องมีค่าประมาณ 65 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ (ml/kg/min) สำหรับนักวิ่งและนักสกีข้ามประเทศ (Cross-Country Skiers) ค่า VO2max ที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาวัยน้ำคือ 55-60 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ นักปั่นจักรยานควรจะมีค่า VO2max ประมาณ 60 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ ความต้องการต่ำสุดสำหรับการฝึกแบบแอโรบิกมีดังต่อไปนี้

- นักกีฬาผู้ที่ร่างกายได้รับการเสริมสร้างความทนทาน ทุกคนจะมีความสามารถในการออกกำลังกายแบบแอโรบิก แม้ว่า VO2max จะเป็นตัวบ่งบอกสมรรถภาพทางกายที่เร็วในกลุ่มนักกีฬาที่อยู่ในระดับที่เข้าร่วมการแข่งขันด้วยกัน ความสามารถสูงสุดของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยระหว่างกลุ่มนักกีฬาด้วยกัน

- ปริมาณการใช้ออกซิเจนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของการออกกำลังกายแบบทนทานเพิ่มขึ้น แม้ว่าประสิทธิภาพของนักกีฬามีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างแต่เพียงเล็กน้อย แม้ว่า VO2max ที่มีค่าสูงมีความสำคัญสำหรับการเสริมสร้างความทนทานของร่างกายให้อยู่ในระดับดีเลิศ ไม่ใช่เพียงแต่ต้องการ VO2max ที่สูงเพื่อที่จะได้ประสบความสำเร็จในการฝึก

Noakes ใช้การตอบคำถามเพื่อที่จะใช้ VO2max เป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถภาพความทนทานของร่างกายโดยอยู่บนพื้นฐานของสิ่งต่อไปนี้

1. พบว่าค่า VO2max ของนักกีฬาส่วนใหญ่ จะเพิ่มขึ้นตามระดับความหนักของงาน จนกระทั่งถึงความหนักของงานที่สูงสุด
2. จากการศึกษพบว่า อัตราการใช้ออกซิเจน (VO2) ขณะออกกำลังกายจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งที่ไม่สามารถที่จะเพิ่มต่อไปได้ และไม่มีหลักฐานที่แสดงว่ามีขีดจำกัดของการขนส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่กำลังหดตัวก่อนที่จะเริ่มทำการฝึกแล้ว
3. ในการศึกษาผลของการให้เลือดเพิ่ม (Blood Doping) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า VO2max ไม่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางกาย การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายจะคงอยู่ภายในเวลาเพียง 2-3 วัน ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของค่า VO2max จะคงอยู่เป็นเวลานานกว่า
4. การออกกำลังกายในที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆ ไม่ได้ถูกจำกัดโดยความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด หรือข้อจำกัดที่เกิดจากหน้าที่ของระบบไหลเวียน และระบบทางเดินหายใจ
5. อาการเหนื่อยขณะออกกำลังกายที่ความหนักสูงสุดเกิดขึ้นขณะที่มีการใช้ออกซิเจนปริมาณต่ำ ในขณะที่ปั่นจักรยานมากกว่าขณะวิ่งในคนคนเดียว
6. ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่วัดได้ขณะที่มีอาการเหนื่อยขณะออกกำลังกายบนลู่วิ่งที่เพิ่มความชัน และความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ มีค่าต่ำที่สุดในนักกีฬา
7. การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพขณะวิ่ง เพื่อเสริมสร้างความทนทานของร่างกาย พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า VO2max

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของ Noskes แนะนำว่าสมรรถภาพความทนทานของร่างกายมีค่าสูงสุดเมื่อความเร็วของลู่วิ่งมีค่าสูงสุดด้วย ความเร็วสูงสุดอาจทำให้เส้นใยแอคตินและมายโอซินมีการจับตัวกันและทำให้เกิดแรงจากการหดตัวมากขึ้น (High Cross Bridge Cycling) และเกิดการปรับตัวของระบบทางเดินหายใจด้วย การปรับตัวของระบบทางเดินหายใจช่วยป้องกันการเกิดอาการหอบเหนื่อย (Dyspnea) จากการออกกำลังกาย

นักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับสูง (High aerobic fitness) จะช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจากความล้าจากการเคลื่อนไหวได้รวดเร็วกว่านักกีฬาที่มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับต่ำ มีการศึกษาพบว่าระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับ ระยะทางการเคลื่อนไหวรวมต่อเกมการแข่งขันของนักกีฬา และความสำเร็จในการแข่งขันกีฬา สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการประสพผลสำเร็จหรือล้มเหลวในการแข่งขันกีฬา ดังนั้นการที่ผู้ฝึกสอนทราบถึงความต้องการทางสรีรวิทยาของนักกีฬาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพให้มีความสอดคล้องและเฉพาะเจาะจงไปตามความต้องการทางสรีรวิทยา

สมรรถภาพทางกายและการทดสอบ

สิ่งที่แสดงให้เห็นว่าบุคคลนั้นมีสมรรถภาพทางกายที่ดี คือ ผลการปฏิบัติงานที่แสดงให้เห็นถึง

1. **ความเร็ว (Speed)** หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานบางส่วน หรือทั้งหมดของร่างกายเคลื่อนที่ไปสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาน้อยที่สุด เช่น วิ่ง 50 เมตร, วิ่ง 100 เมตร, ว่ายน้ำ 50 เมตร, ว่ายน้ำ 100 เมตร

2. **ความแข็งแรง (Strength)** หมายถึง ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อต้านแรงที่จะมากระทำ เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนในการกดตัวงอข้อศอก

3. **ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)** หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงท่าทางของร่างกายตามต้องการได้อย่างทันทีทันใด เช่น การเบี่ยงตัวหลบลูกบาสเกตบอล

4. **ความอ่อนตัว (Flexibility)** หมายถึง ความสามารถในการเหยียดและหดตัวของกล้ามเนื้อเอ็น ข้อต่อต่าง ๆ ในปริมาณมากกว่าปกติ เช่น การก้มและใช้ปลายนิ้วแตะพื้นเป็นความสามารถของข้อต่อที่สะโพก กล้ามเนื้อขาและหลัง

5. **กำลังหรือพลังของกล้ามเนื้อ (Power)** หมายถึง ความสามารถในการทำงานอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด เช่น การยกน้ำหนัก, การขว้างจักร

6. **ความสมดุล (Balance)** หมายถึง ความสามารถในการควบคุมท่าทางของร่างกายให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการได้ไม่ว่าจะอยู่ในลักษณะเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่ เช่น การทรงตัวบนราวไม้ของนักยิมนาสติก

7. **ความสัมพันธ์ของประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular co - ordination)**

หมายถึงการควบคุมให้ร่างกายทำงานตอบสนองการสั่งของระบบประสาทอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ความสัมพันธ์ของการได้ยินคำสั่งและกล้ามเนื้อหดตัวเพื่อเคลื่อนที่

8. **ความอดทนหรือความทนทาน (Endurance)** หมายถึง ความสามารถในการกระทำกิจกรรมซ้ำ ๆ กันนาน ๆ ของกล้ามเนื้อโดยไม่เกิดความเมื่อยล้าหรือเหนื่อยซ้ำ

9. **ปฏิกิริยาตอบสนอง (Response time)** หมายถึง ความสามารถในการประสานงานระหว่างประสาทรับรู้ประสาทสั่งงานและกล้ามเนื้อที่ปฏิบัติงาน แบบทดสอบรูปแบบของแบบทดสอบ (Test criteria)

แบบทดสอบที่จะนำมาประเมินประสิทธิภาพ (Performance) ของนักกีฬาโดยเฉพาะแบบทดสอบภาคสนาม (Field test) จะต้องเลือกแบบทดสอบที่มีรูปแบบการทดสอบที่สัมพันธ์กับทักษะการเคลื่อนไหว (Performance-related test) โดยมีการเลียนแบบรูปแบบการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดนั้น ๆ จึงจะส่งผลให้ได้ผลการทดสอบที่ตรงกับวัตถุประสงค์และสามารถนำไปประเมิน

นักกีฬาได้อย่างแท้จริง (Reilly, T. 2007) โดยแบบทดสอบนั้นจะบ่งบอกถึงการมีค่าความเฉพาะเจาะจง (specificity) ค่าความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ (Reliability) และค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity) นอกจากนี้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่นำมาใช้ในแบบทดสอบจะต้องมีความสามารถในการวัดค่าได้ละเอียดซึ่งจะส่งผลต่อความไว (Sensitivity) ในการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาก่อนและหลังการทดสอบ

ความเฉพาะเจาะจงของแบบทดสอบ (Specificity)

มูดต์และฟอสเตอร์ (Maud & Foster. 2006 : 196) เสนอแนะว่าแบบทดสอบชนิดที่แบ่งเป็นชุด (Battery test) ที่ประกอบด้วยการวัดสมรรถภาพด้านแอโรบิก แอนแอโรบิก G. Melchiorri และคณะ 2009 ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบสมรรถภาพภาคสนามชนิด Shuttle Swim Test สำหรับนักโปโลน้ำ โปโลน้ำเป็นกีฬาประเภททีม โดยร่างกายจะต้องทำงานแบบหนักและเบาสลับกันไปตลอดเกมการแข่งขันดังนั้นความต้องการพลังงาน (Metabolic demands) ของนักกีฬาโปโลน้ำจะอาศัยระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก อาศัยกล้ามเนื้อเกือบทุกกลุ่มในร่างกายในการประคองตัวให้ลอยน้ำ และกล้ามเนื้อจะต้องมีความแข็งแรงและอดทนสูง นอกจากนี้การเคลื่อนที่ของนักกีฬาจะเป็นแบบเร่งความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วสูงสุดในช่วงเวลาสั้นๆ (10-15 วินาที) โดยมีระยะเวลาพักสั้นๆไม่เกิน 20 วินาที ตลอดเกมการแข่งขัน จะกล่าวได้ว่านักกีฬาโปโลน้ำจะต้องมีความสามารถด้านการเคลื่อนที่แบบเร่งความเร็วในระยะทางสั้นติดต่อกันหลายเที่ยว (Repeated sprint ability, RSA) ดังนั้นในการประเมินสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาโปโลน้ำจะต้องอาศัยแบบทดสอบเพื่อประเมินความสามารถด้านการเคลื่อนที่แบบเร่งความเร็วในระยะทางสั้นติดต่อกันหลายเที่ยว (Repeated sprint ability, RSA)

การทดสอบเพื่อประเมินความสามารถด้าน RSA ของกีฬาประเภทต่างๆ จะต้องมียุทธวิธีที่เฉพาะเจาะจงตามรูปแบบการเคลื่อนไหวของกีฬานั้นๆ ซึ่งเรียกได้ว่าแบบทดสอบจะต้องมีความเที่ยงตรงเชิงเหตุผลสูง (Logical validity) และ รูปแบบการเคลื่อนที่ที่จำลองเกมการแข่งขันกีฬานั้นๆ นั้นให้มากที่สุด เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเคลื่อนไหวร่างกายและการเคลื่อนที่ของนักกีฬาโปโลน้ำพบว่าการเคลื่อนที่ที่ลักษณะว่ายน้ำแบบเร่งความเร็วในแนวระนาบ หยุดอย่างฉับพลัน เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว มีการพุ่งตัวสูงเหนือผิวน้ำในแนวตั้งเพื่อรับบอล และมีช่วงพักในช่วงเวลาสั้นๆ ตลอดเกมการแข่งขัน ในการสร้างแบบทดสอบภาคสนาม (Field test) เพื่อประเมินความสามารถของนักกีฬา แบบทดสอบจะต้องมีความเที่ยงตรง (Valid) โดยเฉพาะค่าความเที่ยงตรงทางตรง (Direct validity) ที่ได้จากการวัดโดยแบบทดสอบ ค่าที่ได้จะต้องมีความสัมพันธ์กันกับตัวแปรต่างๆที่ได้จากการแข่งขันจริง (Performance) และ แบบทดสอบจะต้องมีความเชื่อถือได้สามารถนำมาทดสอบซ้ำได้ (Repeatable)

ตัวอย่างแบบทดสอบเฉพาะเจาะจง

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบโปโลน้ำ (Shuttle swim test, SST) กับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในเกมการแข่งขันจริง (Official water polo game)
2. เพื่อศึกษาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ SST

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง 16 คน เป็นนักกีฬาโปโลน้ำระดับทีมชาติชาวอิตาลี เพศชาย อายุเฉลี่ย 27.9 ± 2 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 88.5 ± 10.3 กิโลกรัม ความสูง 186.6 ± 6.9 เซนติเมตร กำลังอยู่ฤดูกาลแข่งขันโปโลน้ำในลีกประเทศอิตาลี

แบบทดสอบ (Shuttle swim test, SST)

แบบทดสอบ SST มีรูปแบบการทดสอบดังนี้

1. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดระยะทางรวม 120 เมตร 2 เซต พักระหว่างเซต 90 วินาที
2. แต่ละเซตประกอบด้วยการว่ายด้วยความเร็วสูงสุด 40 เมตร 1 เที้ยว 20 เมตร 2 เที้ยว และ 10 เมตร 4 เที้ยว พักระหว่างเที้ยวตามเวลาที่ว่ายได้ในระยะทางนั้นๆ หรือประมาณ 21-22 วินาที 10-11 วินาที และ 5-6 วินาที ตามลำดับ
3. ระยะทางในแบบทดสอบจำกัดไว้ที่ 10 เมตร ดังนั้น การว่ายในระยะทางที่มากกว่า 10 เมตร นักกีฬาจะต้องแสดงทักษะการกลับตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางการว่ายซึ่งจำลองมาจากเกมการแข่งขันจริงซึ่งมีการว่ายในลักษณะ “หยุด” แล้ว “ไป” (Stop and Go) ซึ่งการเคลื่อนไหวดังกล่าวเป็น Balance movement ของกีฬาโปโลน้ำ
4. ดำเนินการทดสอบ 3 ครั้ง (T0, T1, T2) โดยมีช่วงพักระหว่างการทดสอบ 2 วัน การทดสอบครั้งแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักกีฬาค้นเคยกับแบบทดสอบ
5. วัดความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate concentration) ก่อนการว่าย (Basal value) และวัดกรดแลคติกหลังจากการว่ายใน 120 เมตร แรก และภายหลังจากการว่ายใน 120 เมตร ที่สองเสร็จสิ้นลง การวัดจะต้องปฏิบัติให้เสร็จสิ้นภายใน 1 นาที หลังการว่าย
6. บันทึกความเร็วเฉลี่ย (Average speed) อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Heart rate peak) และอัตราการเต้นของหัวใจตลอดการว่ายจะถูกบันทึกไว้ตลอดด้วยเครื่องติดตามการเต้นของหัวใจ (Polar Electro S610)
- 7.

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Game analysis)

ผู้วิจัยบันทึกการเล่นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 คน จากการเกมการแข่งขันจริง 3 เกม แล้วนำภาพวิดีโอที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์การเคลื่อนไหวนักกีฬาแต่ละคนตลอดเกมการแข่งขันด้วยเครื่องวิเคราะห์เกม (Dedicated system Wi-trainer) เพื่อจำแนกค่าตัวแปรดังต่อไปนี้

1. ระยะทางที่ว่ายได้ในความเร็วระดับต่างๆ
2. ระยะทางรวมที่ว่ายตลอดเกม (Total distance, TD)
3. ระยะทางรวมเฉพาะความเร็วที่มากกว่า 1.8 เมตร/วินาที (High intensity swimming, HIS)
4. ความเร็วและระยะทางที่เป็นสถิติที่ดีที่สุดในเกมการแข่งขันจะถูกเลือกไปเป็นข้อมูลของนักกีฬาและนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

ผลการวิจัย

ความเร็วเฉลี่ยของการว่ายโดยใช้แบบทดสอบ SST	1.08 เมตร/วินาที
ความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังการว่ายเซตที่ 1	6.0 มิลลิโมล/ลิตร
ความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังการว่ายเซตที่ 2	9.2 มิลลิโมล/ลิตร

อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการว่ายน้ำเซตที่ 1	170 ครั้ง/นาที
อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการว่ายน้ำเซตที่ 2	178 ครั้ง/นาที
ระยะทางรวมตลอดเกม (TD)	1,422 เมตร
ระยะทางเฉพาะการว่ายน้ำด้วยความเร็วสูง ($>1.8\text{m/s}$) (HIS)	490 เมตร
ความเร็วเฉลี่ยของการว่ายน้ำโดยใช้แบบทดสอบ SST มีความสัมพันธ์กับความค่า HIS ที่ได้จากเกมการแข่งขันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.74$)	
ความเร็วเฉลี่ยของการว่ายน้ำโดยใช้แบบทดสอบ SST มีความสัมพันธ์กับความค่า TD ที่ได้จากเกมการแข่งขันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.67$)	
ค่าความเร็วเฉลี่ยระหว่าง T1 กับ T2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=.03$)	

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ที่พบระหว่างค่า SST กับ ค่า HIS และ TD นั้นแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบ SST มีค่าความเที่ยงตรงสูง (Direct validity) และไม่พบความแตกต่างระหว่าง T1 กับ T2 ซึ่งแสดงถึงความเชื่อถือได้ (Reliability) ของแบบทดสอบแม้ว่าจะมีการทดสอบซ้ำ (Test-Retest) ก็ครั้งก็ตามค่าที่ได้ก็ไม่แตกต่างกันซึ่งการวิจัยครั้งนี้ค่าทั้งสองแตกต่างกันไม่เกิน 1% จากผลการวิจัยสรุปว่าแบบทดสอบภาคสนามแบบ SST สามารถนำมาใช้ประเมินสมรรถภาพในการเล่นโปโลน้ำ (Conditions) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กีฬามวยไทย

มวยไทยหมายถึงศิลปะการต่อสู้ด้วยมือเปล่าของชนชาติไทยที่สามารถใช้ศอก เข่า เท้า และหมัด เป็นอาวุธ มวยไทยเกิดขึ้นในสมัยใดไม่แน่ชัด อาจเกิดขึ้นพร้อมกับชาติไทย เพราะถือว่ามวยไทยเป็นศิลปะประจำชาติของไทยเราจริงๆอย่างที่ชาติอื่นจะเลียนแบบได้ มวยไทยเป็นศิลปะการต่อสู้ป้องกันตัวคู่กับชนชาติไทยมาตั้งแต่ยุคโบราณกาล ใช้คู่กับอาวุธยาวของเพลงดาบอื่นๆ ในการต่อสู้ระยะประชิดตัว วัตถุประสงค์ของการฝึกมวยในสมัยก่อนมีการฝึกกันในความหมายสองอย่างคือ เพื่อใช้สำหรับสู้รบเข้าศึกและเพื่อไว้ต่อสู้ป้องกันตัว

ปัจจุบันกีฬามวยไทยเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างหนึ่ง ที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านร่างกายและจิตใจ ตลอดจนพัฒนาการด้านสังคม บางกลุ่มสามารถยึดมวยไทยเป็นอาชีพได้ ซึ่งค่าตอบแทนในการชกต่อครั้งเป็นแรงเสริมให้มันักมวยไทยเกิดขึ้นมาก กลายเป็นธุรกิจและอาชีพสำคัญอย่างหนึ่ง ปัจจุบันกีฬามวยไทยเป็นอาชีพอย่างจริงจังจึงมีค่ายมวยต่างๆเกิดขึ้นมาก นอกจากนั้นยังมีการจัดการแข่งขันมวยไทยสมัครเล่นขึ้น โดยจัดครั้งแรกที่สนามกีฬาแห่งชาติ ในเดือน ธันวาคม 2530 (สมาคมมวยไทยสมัครเล่นแห่งประเทศไทย, 2531) และได้พัฒนาการขึ้น โดยมีการแข่งขันมวยไทยสมัครเล่นชิงแชมป์โลกในประเทศไทย ครั้งที่ 1 ขึ้น ณ สนามกีฬาแห่งชาติ พ.ศ. 2538 จากพัฒนาการดังกล่าว ทำให้การฝึกฝนมวยไทยแพร่หลายมากขึ้นจนเป็นกีฬาไปสู่สากลจนเกิดมวยไทยสมัครเล่นดังกล่าว ขณะนี้มวยไทยนิยมไปทั่วโลก มีบางประเทศนำการต่อสู้แบบมวยไทยไปจัดการแข่งขันเรียกว่ามวย เค วัน (K1) มีลักษณะการต่อสู้คล้ายมวยไทยเพียงแต่ห้ามการใช้ศอกเท่านั้น ปัจจุบันมีการก่อตั้งสหพันธ์มวยไทยโลกทำให้ศิลปะการต่อสู้มวยไทยกระจายไปทั่วโลกมากขึ้น

ลักษณะของท่าทางของมวยไทยมีการออกอาวุธได้ทั้งระยะประชิดและระยะห่าง โดยทั่วไปแล้วเมื่อนักมวยอยู่ในระยะห่างที่พอเหมาะ การเตะจะเป็นอาวุธที่รุนแรงและสักระการรุกของคู่ต่อสู้ได้ (ครองจักร, 2530) ซึ่งจากรายงานพบว่า ในการแข่งขันจริงเมื่อนำอัตราการออกอาวุธสามารถแสดงเป็นค่าร้อยละดังนี้ ทักษะการเตะ% 45.51 % ทักษะเข่า 24.41% ทักษะการชกหมัด 22.13 % ทักษะการถีบ 7.49% และทักษะการศอก 0.46 % จากข้อมูลดังกล่าวพบว่ามีการใช้ทักษะการเตะมากที่สุดถึง 45.51 % จึงกล่าวได้ว่าการเตะเป็นอาวุธที่สำคัญและมีโอกาสที่จะทำคะแนนได้มาก ดังนั้นปัจจุบันมีความสนใจที่จะนำหลักวิทยาศาสตร์ มาฝึกเพื่อพัฒนาการเตะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังที่ยุทธนา (ยุทธนา, 2540) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องผลการใช้โปรแกรมการฝึก 2 วิธีที่มีต่อความสามารถในการเตะเฉียงในกีฬามวยไทยในระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยฝึกการเตะควบคู่กับฝึกกล้ามเนื้อขาด้วยน้ำหนักและการฝึกเตะควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริก ผลการวิจัยพบว่าการฝึกทั้งสองวิธีสามารถเพิ่มความก้าวหน้าได้ทั้ง 2 วิธี และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขันของนักกีฬาไม่ว่าจะเป็นกีฬามวยไทยหรือกีฬานิตอื่น ๆ สมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งที่นักกีฬาจะต้องเสริมสร้างอย่างสม่ำเสมอ เป็นสิ่งที่ผู้ฝึกสอนต้องจัดให้กับนักกีฬาเพื่อศักยภาพสูงสุดของนักกีฬาระหว่างแข่งขัน จึงมีผู้ฝึกสอนพยายามที่จะนำความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาประยุกต์เพื่อใช้ให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว แอนเชล (Anshel, 1990) กล่าวว่า การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ สมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา (Physical Fitness and Sport Skill) สมรรถภาพทางจิต (Mental Fitness) และสิ่งแวดล้อม (Environment) หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง จะทำให้นักกีฬาแสดงความสามารถออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควร จากข้อความดังกล่าวจะเห็นได้ว่า องค์ประกอบทั้งสามส่วนนี้นอกจากจะมีความสำคัญแล้วยังมีความสัมพันธ์กันอีกด้วย สมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬามีความจำเป็นต่อนักกีฬาที่เพิ่งเริ่มเล่น แต่เมื่อความสามารถได้รับการพัฒนาให้สูงขึ้น มีประสบการณ์จากการเข้าร่วมการแข่งขัน ความสามารถในการควบคุมจิตใจ หรือที่เราเรียกว่าสมรรถภาพทางจิต ต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการฝึกสมรรถภาพทางกายและทักษะ สิ่งแวดล้อมจะเป็นองค์ประกอบสุดท้ายที่มีอิทธิพลต่อความสามารถสูงสุดของนักกีฬา โดยทั่วไปผู้ฝึกสอนจะมุ่งเน้นความสำคัญไปที่สมรรถภาพทางกายและทักษะของนักกีฬามากที่สุด โดยจากโปรแกรมการฝึกซ้อมส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาองค์ประกอบด้านนี้ โฮเจอร์ (Hoeger, 1989) ได้แบ่งสมรรถภาพทางกายออกเป็นสองประเภท คือ สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health – Related Physical Fitness) และสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill – Related Physical Fitness) ในส่วนของสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ ประกอบด้วย ความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Endurance) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength and Endurance) ความอ่อนตัว (Flexibility) องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) ความคล่องตัว (Agility) การทรงตัว (Balance) การทำงานประสานกันของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Coordination) พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) และความเร็ว (Speed) ในขณะที่ แมนนิง ดูลี – แมนนิง และเพอร์ริน (Manning, Dooly - Manning and Perrin, 1998) กล่าวว่า องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการแข่งขันกีฬาก็คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) ซึ่งแสดงออกมา

ในลักษณะที่กล้ามเนื้อเกิดแรงตึง (Tension) ในปริมาณที่มากอย่างรวดเร็วและในท้ายที่สุดก็จะเกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ซึ่งหมายถึงพลังกล้ามเนื้อนั่นเอง

ในกีฬาประเภทต่อสู้กันนั้น ฝ่ายที่มีโอกาสรุกเข้ามาทำมากกว่าและแรงกว่าย่อมมีโอกาสชนะมากกว่า กีฬามวยไทยที่ฝึกหัดมาแต่โบราณนั้นจะสอนเน้นการหาจังหวะเข้าทำที่รวดเร็ว รุนแรง และความแม่นยำ เพราะทักษะมวยไทยแต่ละทักษะจะกำหนดเป้าหมายไว้แล้ว โดยการกระทำให้เกิดแรงปะทะให้เพียงพอต่อจุดอ่อน คือ เป้าหมายบนร่างกายของคู่ต่อสู้ โดยการสังเกตสมรรถภาพและทักษะของคู่ต่อสู้เป็นเกณฑ์ แล้วจึงเลือกท่าที่จะรุกเข้าทำ ส่วนฝ่ายรับนั้น ถ้าสามารถอ่านท่าเริ่มต้นได้ออกก็จะรู้ว่าฝ่ายรุกจะเข้าทำด้วยท่าใด จะตั้งรับด้วยท่าใด พร้อมทั้งหาโอกาสแก้คืน หรือการทำท่าซ้อน ซึ่งเป็นฝ่ายกระทำได้ ดังนั้นการศึกษาทักษะเชิงรุก เชิงรับ จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการฝึกมวยไทย นอกจากนั้นแล้ว นักมวยไทยจำเป็นต้องมีสมรรถภาพร่างกายที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เพื่อให้การเตะมีความรุนแรงและรวดเร็ว

การจำแนกรุ่นในการแข่งขันมวยไทย

1. รุ่นมินิฟลายเวท น้ำหนักตัวตั้งแต่ 100 ปอนด์ (45.454 กก.) และไม่เกิน 105 ปอนด์ (47.727 กก.)
2. รุ่นไลท์ฟลายเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 105 ปอนด์ (47.727 กก.) และไม่เกิน 108 ปอนด์ (48.988 กก.)
3. รุ่นฟลายเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 108 ปอนด์ (48.998 กก.) และไม่เกิน 112 ปอนด์ (50.802 กก.)
4. รุ่นซูเปอร์ฟลายเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 112 ปอนด์ (50.802 กก.) และไม่เกิน 115 ปอนด์ (52.163 กก.)
5. รุ่นแบนตั้มเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 115 ปอนด์ (52.163 กก.) และไม่เกิน 118 ปอนด์ (53.524 กก.)
6. รุ่นซูเปอร์แบนตั้มเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 118 ปอนด์ (53.524 กก.) และไม่เกิน 122 ปอนด์ (55.338 กก.)
7. รุ่นเฟเธอร์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 122 ปอนด์ (55.338 กก.) และไม่เกิน 126 ปอนด์ (57.153 กก.)
8. รุ่นซูเปอร์เฟเธอร์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 126 ปอนด์ (57.153 กก.) และไม่เกิน 130 ปอนด์ (58.967 กก.)
9. รุ่นไลท์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 130 ปอนด์ (58.967 กก.) และไม่เกิน 130 ปอนด์ (61.235 กก.)
10. รุ่นซูเปอร์ไลท์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 135 ปอนด์ (61.235 กก.) และไม่เกิน 140 ปอนด์ (63.503 กก.)
11. รุ่นเวลเตอร์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 140 ปอนด์ (63.503 กก.) และไม่เกิน 147 ปอนด์ (66.678 กก.)

12. รุ้นซูเปอร์เวลเตอร์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 147 ปอนด์ (66.678 กก.) และไม่เกิน 154 ปอนด์ (69.853 กก.)
13. รุ้นมิดเดิลเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 154 ปอนด์ (69.853 กก.) และไม่เกิน 160 ปอนด์ (71.575 กก.)
14. รุ้นซูเปอร์มิดเดิลเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 160 ปอนด์ (71.575 กก.) และไม่เกิน 168 ปอนด์ (76.204 กก.)
15. รุ้นไลท์เฮฟวีเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 168 ปอนด์ (76.204 กก.) และไม่เกิน 175 ปอนด์ (79.379 กก.)
16. รุ้นครุยเซอร์เวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 175 ปอนด์ (79.379 กก.) และไม่เกิน 190 ปอนด์ (86.183 กก.)
17. รุ้นเฮฟวีเวท น้ำหนักตัวต้องเกิน 190 ขึ้นไป (86.183 กก.)

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬามวยไทยอาชีพ เพศชายอายุระหว่าง 18 – 25 ปี ที่มีประสบการณ์ในการชกมวยไทยอาชีพอย่างน้อย 2 ปี จำนวนครั้งในการชกระดับอาชีพไม่ต่ำกว่า 10 ครั้ง อยู่ในระหว่างการฝึกซ้อมและเข้าร่วมการชกมวยไทย

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามวยไทยอาชีพ เพศชาย จำนวน 10 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (purposive random sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักมวยไทยจะต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria)

- มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ แข็งแรง
- มีอายุระหว่าง 18-25 ปี
- ชกมวยไทยอาชีพอย่างน้อย 2 ปี
- มีประสบการณ์การชกระดับอาชีพไม่ต่ำกว่า 10 ครั้ง
- ฝึกซ้อมมวยไทยอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยสัปดาห์ละ 6 วัน
- มีการชกมวยไทยอย่างสม่ำเสมออย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

- มีโรคประจำตัวที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอุปสรรคในการทดลอง เช่น ความดันโลหิต โรคหัวใจ เบาหวาน โรคตับ เป็นต้น

- มีอาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกซ้อมและทดลอง
- มีอายุน้อยกว่า 18 ปี หรือมากกว่า 25 ปี
- ชกมวยไทยอาชีพมาน้อยกว่า 2 ปี
- ประสบการณ์ในการชกมวยไทยอาชีพน้อยกว่า 10 ครั้ง
- มีการฝึกซ้อมมวยไทยน้อยกว่า 2 ครั้งต่อสัปดาห์
- มีโปรแกรมการชกมวยไทยน้อยกว่า 2 ครั้ง ใน 1 เดือน
-

เกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา (discontinuation criteria)

- ขณะทำการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บขณะดำเนินการทดลอง
- กลุ่มตัวอย่างไม่ได้ดำเนินการทดลองตามข้อตกลงของการวิจัยที่ทำการตกลงร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปรที่ศึกษา

(Physiological and Activities profile)

- ระดับของHeart rate
- Energy expenditure
- Lactic acid
- เตะ
- เช้า
- หมัด
- ถีบ
- ศอก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบร่างกายเบื้องต้น (preliminary test)

1. กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบร่างกายเบื้องต้นก่อนการทดลองที่ 1 อย่างน้อย 7 วัน การทดสอบร่างกายเบื้องต้นประกอบด้วย

- การชั่งน้ำหนัก (Mettler Toledo รุ่น Wildcat, United States of America)
- วัดส่วนสูง (Healthometer, United States of America)
- วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (microlife, United States of America)
- ดัชนีมวลกาย
- แรงบีบมือ
- แรงเหยียดขา
- ความแข็งแรงของหัวไหล่-แขน
- ความอ่อนตัวสะโพก หัวไหล่
- ความแข็งแรงของหน้าท้อง (sit-up)
- ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen consumption, VO_{2max})

โดยการวิเคราะห์ก๊าซ (Cosmed รุ่น Quark PFT ergo, Italy) โดยวิธี ของบรูซ (The Bruce Treadmill Protocol) ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเดินบนลู่วิ่งไฟฟ้า (h/p/ cosmos, United States of America) ที่ระดับความชันเป็นศูนย์ ระดับความเร็ว 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มความชันขึ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วเท่าเดิมเป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นให้ปรับความชันขึ้นเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ และปรับความเร็วขึ้น 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุก ๆ 3 นาที จนกระทั่งผู้เข้ารับการทดสอบมีค่าตามเกณฑ์ 3 ใน 4 ข้อต่อไปนี้จึงหยุดวิ่ง คืออัตราการเต้นหัวใจของผู้เข้ารับการทดลองมีความแตกต่าง $\pm 5\%$ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดคำนวณจาก $220 - \text{อายุ}$ อัตราส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ O_2 (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 ค่าความรู้สึกความเหนื่อยสัมพันธ์ (RPE) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 18 หรือผู้เข้าร่วมการทดลองไม่สามารถวิ่งต่อไปได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 1.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก
 - 1.2 เครื่องวัดส่วนสูง
 - 1.3 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (gas analysis)
 - 1.4 เครื่องวิเคราะห์เกมการแข่งขัน (game analysis)
 - 1.5 กล้องบันทึกเทปโทรทัศน์
 - 1.6 ชุดทดสอบกรดแลคติก
 - 1.7 จักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer)
 - 1.8 เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 ชุด พร้อมโปรแกรมทดสอบ วินเกต (Wingate Test)
 - 1.9 เครื่องติดตามการเต้นของหัวใจ (polar team)

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

จำลองการแข่งขันมวยไทย 10 คู่ เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหว (activities profiles) ในระหว่างการชกโดยศึกษาค่า การเตะ การชก การตีศอก การตีเข่า ระยะทางการเคลื่อนที่ในแต่ละยก และระยะทางการเคลื่อนที่รวมทั้ง 5 ยก และการตอบสนองทางสรีรวิทยา (physiological responds) ระหว่างการชกโดยศึกษาค่าทางสรีรวิทยาดังนี้ ระดับของอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate level) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (blood lactic) นำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากการแข่งขันมาหาค่าการใช้พลังงาน (energy expenditure) โดยคำนวณสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนที่ได้ในห้องทดลอง กับค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากการแข่งขันจริง

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ SPPSS-PC (Statistical Package for the Social Science-Personal Computer) เพื่อหาค่าสถิติตามลำดับ ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean)
2. วิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
3. เปรียบเทียบผลของการทดสอบสมรรถภาพแต่ละรายการระหว่างกลุ่มผู้ชนะและผู้แพ้ในการจำลองการแข่งขัน โดยสถิติ t- test
4. คำนวณหาค่าการใช้พลังงานโดยวิธี Multiple linear regression
5. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

-สถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตมหาสารคาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการเคลื่อนไหวและการตอบสนองทางสรีรวิทยาในนักกีฬามวยไทยสมัครเล่นโดยดำเนินการทดลองเป็นการเก็บข้อมูลระหว่างการชกแข่งขันของนักมวยไทย ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและสมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกรดแลคติก ระดับกลูโคสในเลือด ในเลือดก่อนชกและภายหลังการชกทันที วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจและระดับการใช้ออกซิเจน (VO_2) ระหว่างการชกทั้ง 5 ยก

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณการออกอาวุธมวยไทยในระหว่างการชกทั้ง 5 ยก

ตอนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพซึ่งประกอบไปด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุน้ำหนัก ส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน

กลุ่ม	อายุ (ปี)		น้ำหนัก (ก.ก)		ส่วนสูง (ซ.ม)	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
กลุ่มตัวอย่าง	20.4.	2.97	58.10	5.82	168.70	6.46

จากตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 20.4 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.97 น้ำหนักเฉลี่ย 58.10 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.82 ส่วนสูงเฉลี่ย 168.70 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.46

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แรงบีบมือ แรงเหยียดขา นอนยกตัว ความอ่อนตัว ความอ่อนตัว VO2 MAX ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน

การทดสอบร่างกายเบื้องต้น	ผลการทดสอบ	
	$\bar{X}$	S.D.
แรงบีบมือ (ก.ก)	51.20	6.5
แรงเหยียดขา (ก.ก)	276.5	51.7
นอนยกตัว (ครั้ง)	56	6
ความอ่อนตัว (ซ.ม)	12.3	3.8
VO2 MAX (ml/kg/min)	53.6	6.50

จากตารางที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีแรงบีบมือเฉลี่ย 51.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.5 แรงเหยียดขาเฉลี่ย 276.5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 51.7 นอนยกตัวเฉลี่ย 56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6 ความอ่อนตัวเฉลี่ย 12.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.8 VO2 MAX เฉลี่ย 53.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.50

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกรดแลคติก ระดับกลูโคสในเลือด ในเลือดก่อนชกและภายหลังการชกทันที วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจและระดับการใช้ ออกซิเจน (VO_2) ระหว่างการชกทั้ง 5 ยก

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กรดแลคติก กลูโคส อัตราการเต้นของหัวใจ และ อัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) ก่อนการชก และภายหลังการชกเสร็จสิ้นลง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน

ตัวแปร	ก่อนการชก	ภายหลังการชก
<u>กรดแลคติก</u>		
$\bar{X}$	3.8	9.7
S.D.	1.08	1.1
<u>กลูโคส</u>		
$\bar{X}$	93.50	116.70
S.D.	18.36	4.58
<u>อัตราการเต้นของหัวใจ</u>		
$\bar{X}$	149.80	175
S.D.	9.91	7.58
<u>อัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2)</u>		
$\bar{X}$	46.67	53.63
S.D.	5.56	4.26

จากตารางที่ 3 กลุ่มตัวอย่างมีระดับกรดแลคติกก่อนการชกเฉลี่ย 3.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.08 ระดับกรดแลคติกภายหลังการชกเฉลี่ย 9.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.1 ระดับกรดกลูโคสก่อนการชกเฉลี่ย 93.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 18.36 ระดับกลูโคสภายหลังการชกเฉลี่ย 116.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.58 อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการชกยกที่ 1 เฉลี่ย 149.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.91 อัตราการเต้นเมื่อสิ้นสุดการชก เฉลี่ย 174.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.58 อัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างการชกยกที่ 1 เฉลี่ย 46.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.56 อัตราการใช้ออกซิเจนสิ้นสุดการชก เฉลี่ย 53.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.56

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดก่อนการชกและภายหลังการชกเสร็จสิ้นลง

ช่วงของการวัด	ระดับกรดแลคติก					
	n	$\bar{x}$	S.D.	t	df	sig
ก่อนการชก - ภายหลังการชก	10	5.92	1.16	16.135	9	0.00*
รวม	10					

จากตาราง 4 พบว่า จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test พบว่า ระดับกรดแลคติกก่อนการชกและภายหลังการชกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกลูโคสในเลือดก่อนการชกและภายหลังการชกเสร็จสิ้นลง

ช่วงของการวัด	ระดับกลูโคสในเลือด					
	n	$\bar{x}$	S.D.	t	df	sig
ก่อนการชก - ภายหลังการชก	10	23.2	26.36	2.78	9	.02*
รวม	10					

จากตาราง 5 พบว่า จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test พบว่า ระดับกลูโคสในเลือดก่อนการชกและภายหลังการชกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการชกทั้ง 5 ยก ของ นักมวยไทยทั้ง 10 คน

ช่วงเวลา	SS	df	MS	F	P
ภายในกลุ่ม	4209.86	2	2104.93	37.26	.000*
	1016.80	18	26.48		
รวม	5226.66	20			

จากตาราง 6 พบว่า การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ F-test พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการชกทั้ง 5 ยก ของนักมวยไทยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .000

ตารางที่ 7 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ อัตราการเต้นของหัวใจของการชกทั้ง 5 ยก

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3	ยกที่ 4	ยกที่ 5
		149	168	174	178	175
ยกที่ 1	149	-	0.76	8.11*	9.34*	8.56*
ยกที่ 2	154		-	8.15*	9.35*	10.32*
ยกที่ 3	174			-	0.38	0.12
ยกที่ 4	178				-	0.11
ยกที่ 5	175					-

จากตารางที่ 7 เมื่อทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) พบว่าค่าเฉลี่ย ของ อัตราการเต้นของหัวใจในยกที่ 3 ยกที่ 4 และยกที่ 5 แตกต่างจากยกที่ 1 ยกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 ส่วน ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจยกที่ 1 ยกที่ 2 ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย อัตราการใช้ออกซิเจน ระหว่างการชกทั้ง 5 ยกของ นักมวยไทยทั้ง 10 คน

ช่วงเวลา	SS	df	MS	F	P
ภายในกลุ่ม	369.52	2	184.76	10.47	.001
	317.53	18	17.64		
รวม		20			

จากตาราง 8 พบว่า การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ F-test พบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างการชกทั้ง 5 ยก ของนักมวยไทยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00

ตารางที่ 9 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ อัตราการใช้ออกซิเจนของการชกทั้ง 5 ยก

กลุ่มตัวอย่าง		ยกที่ 1	ยกที่ 2	ยกที่ 3	ยกที่ 4	ยกที่ 5
	$\bar{X}$	46.67	47.02	49.21	54.52	53.63
ยกที่ 1	46.67	-	0.41	1.65	9.63*	9.48*
ยกที่ 2	47.02		-	0.98	8.01*	10.56*
ยกที่ 3	49.21			-	7.26*	5.36*
ยกที่ 4	54.52				-	0.12
ยกที่ 5	53.62					-

จากตารางที่ 9 เมื่อทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) พบว่าค่าเฉลี่ย ของ อัตราการใช้ออกซิเจนในยกที่ 4 และยกที่ 5 แตกต่างจากยกที่ 1 ยกที่ 2 และยกที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 ส่วน ส่วนอัตราการใช้ออกซิเจนในยกที่ 1 ยกที่ 2 และยกที่ 3 ไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณการออกอาวุธมวยไทยในระหว่างการชกมวยไทย

ตารางที่ 10 ร้อยละการใช้ทักษะตลอดการชกทั้ง 5 ยก

ทักษะ	จำนวนครั้ง	คิดเป็นร้อยละ
เตะ	119	47.6
เข่า	56	22.4
หมัด	45	18.0
ถีบ	21	8.4
ศอก	9	3.6

จากตารางที่ 10 พบว่าทักษะที่ใช้ในการชกมวยไทยทั้ง 5 ยกเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ทักษะที่ใช้มากที่สุดคือการเตะคิดเป็น 47.6 เปอร์เซ็นต์ การตีเข่าคิดเป็น 22.4 เปอร์เซ็นต์ การใช้หมัดคิดเป็น 18.0 เปอร์เซ็นต์ การถีบคิดเป็น 8.4 เปอร์เซ็นต์ และการตีศอกคิดเป็น 3.6 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล

ผลการวิจัย

ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 โดยมีค่าก่อนการชก และภายหลังการชกดังนี้ ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก (Lactic acid) ก่อนการชกมีค่าเฉลี่ย 3.8 มิลลิโมล/ลิตร ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังการชก 5 ยก มีค่าเฉลี่ย 9.7 มิลลิโมล/ลิตร ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดก่อนการชกมีค่าเฉลี่ย 93 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดภายหลังการชกมีค่าเฉลี่ย 116 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ระดับอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดการชกทั้ง 5 ยก 166 ครั้ง/นาที อัตราการใช้ออกซิเจนตลอดทั้ง 5 ยก มีค่าเท่ากับ 51.6 มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที ซึ่งเท่ากับการใช้พลังงาน 14.74 MET (metabolic equivalents) ส่วนทักษะที่ใช้ในการชกมวยไทยทั้ง 5 ยกเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ทักษะที่ใช้มากที่สุดคือการเตะ คิดเป็น 47.6 เปอร์เซ็นต์ การตีเข่าคิดเป็น 22.4 เปอร์เซ็นต์ การใช้หมัดคิดเป็น 18.0 เปอร์เซ็นต์ การถีบคิดเป็น 8.4 เปอร์เซ็นต์ และการตีศอกคิดเป็น 3.6 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงระดับความต้องการทางสรีรวิทยาในการชกมวยไทย (amateur) โดยระดับความเข้มข้นเลือดภายหลังการชกมีค่าเฉลี่ย 9.7 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งแสดงการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างหนักใช้พลังงานจากระบบพลังงานแอนแอโรบิก (anaerobic energy systems) การพบระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดในระดับสูงเนื่องจากการสลายกลูโคสไปเป็นพลังงาน เอทีพี (ATP) เพื่อใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อจะให้กรด ไพรูเวต (pyruvate) และเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกในที่สุด อย่างไรก็ตามไพรูเวตจะถูกส่งไปที่ตับเพื่อสร้างเป็นกลูโคสได้อีกครั้งหนึ่งถ้ามีออกซิเจนเพียงพอขบวนการนี้เรียกว่า คอริไซเคิล (Cori's cycle) มีออกซิเจนไม่เพียงพอในการเปลี่ยนไพรูเวตไปเป็นกลูโคส จึงเกิดการสะสมกรดแลคติกและแพร่ออกมาในกระแสเลือดทำให้ร่างกายมีความล้าและขัดขวางประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อได้ (McArdle 2007.; Astrand 2001.; เจริญ 2547) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen consumption, Vo_2max) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬามวยไทยมีค่าเฉลี่ย Vo_2max 58.32 มิลลิตร/กิโลกรัม/นาที ซึ่งเป็นระดับที่ไม่สูงมากนัก ความสมบูรณ์ทางกาย (fitness) ของร่างกายในระดับดังกล่าวของนักกีฬามวยไทยอาจมีผลทำให้กล้ามเนื้อไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะขจัดกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็วซึ่งแตกต่างจากนักมวยไทยอาชีพหรือนักกีฬาอาชีพที่จะต้องมีการเตรียมพร้อมร่างกายโดยมีการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีความสมบูรณ์ทางกายอย่างเพียงพอในการแข่งขันในระดับสูง (Crisafulli 2009.; Arriaza 2009.; Matsushigue 2009.; Moreira 2010) ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดก่อนและหลังการชกมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการชกในยกสุดท้ายจะมีการสะสมความล้า (fatigue) ของร่างกายและร่างกายต้องการพลังงานเอทีพี มาก จึงทำให้มีการสลายกลัยโคเจนจากแหล่งอื่นผ่านขบวนการ gluconeogenesis เพื่อให้ร่างกายมีพลังงานเพียงพอที่ใช้ในช่วงท้ายยกที่ 3 ด้วยเหตุนี้จึงพบระดับน้ำตาลในเลือดมีความเข้มข้นสูงขึ้น นอกจากนี้ขณะออกกำลังกายจะมีการหลั่งของฮอร์โมนกลูคากอน และอิพิเนฟรินมากขึ้น ฮอร์โมนนี้จะมีผลทำให้ตับมีการสร้างกลูโคสเพิ่มมากขึ้น (ACSM 2008.; Katch 1992.; cox 1992)

อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดทั้ง 5 ยกในการชกมวยไทยสูงกว่า แอนแอโรบิคเทรชโฮลด์ (anaerobic threshold) ตลอดการชก 5 ยก อัตราการใช้ออกซิเจนตลอดทั้ง 5 ยก มีค่าเท่ากับ 51.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที่ ซึ่งเท่ากับการใช้พลังงาน 14.74 MET (metabolic equivalents) จากผลดังกล่าวบ่งชี้ถึงระดับความหนัก (intensity) ของการชกมวยไทยซึ่งมีความหนักอยู่ในระดับสูง เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าแอนแอโรบิคเทรชโฮลด์ ดังนั้นขณะแข่งขันนักกีฬามวยไทยจึงต้องออกแรงอย่างหนักในการชกนอกจากนี้อัตราการใช้พลังงานค่อนข้างสูงเนื่องจากร่างกายต้องออกแรงขณะแข่งขัน

สอดคล้องกับ คริสเตนเซน และ ฮอกเบิร์ก (Christensen and Hogberg 2002) กล่าวว่า อิทธิพลต่อจำนวนของพลังงานและปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องใช้ในการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (Intensity of Exercise)
2. ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (Duration of exercise)
3. อัตราความเร็วของการออกกำลังกาย (Speed of Exercise)
4. ทักษะและประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Economy of Muscular Activity)

และมีข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของ Noskes 2003 แนะนำว่าสมรรถภาพความทนทานของร่างกายมีค่าสูงสุดอาจทำให้เส้นใยแอคตินและไมโอซินมีการจับตัวกันและทำให้เกิดแรงจากการหดตัวมากขึ้น (High Cross Bridge Cycling) และเกิดการปรับตัวของระบบทางเดินหายใจด้วย การปรับตัวของระบบทางเดินหายใจช่วยป้องกันการเกิดอาการหอบเหนื่อย (Dyspnea) จากการออกกำลังกาย

สรุปผล

จากข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การชกมวยไทยมีระดับความหนักอยู่ในระดับสูงเมื่อพิจารณาจากอัตราการเต้นของหัวใจ ระดับกรดแลคติก การใช้พลังงาน และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จึงทำให้มวยไทยเป็นกีฬาที่ต้องฝึกซ้อมอย่างเหมาะสมและต่อเนื่องให้สอดคล้องกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการชก

ข้อเสนอแนะ

องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นขณะแข่งขันมวยไทย จากการค้นพบในการวิจัยครั้งนี้มีข้อค้นพบที่น่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการฝึกซ้อมและแข่งขันได้ตามข้อเสนอแนะดังนี้

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันมีค่าสูงกว่า Anaerobic threshold ดังนั้นการวางแผนการซ้อมทั้งในระยะสั้น (Micro-cycle) การวางแผนการฝึกซ้อมระยะกลาง (Meso-cycle) และ

การวางแผนการฝึกซ้อมระยะยาว (Macro-cycle) นั้น จะต้องมีการฝึกที่สามารถพัฒนาระดับ Anaerobic threshold ให้สูงขึ้นได้ วิธีการฝึกที่สามารถพัฒนา Anaerobic threshold ได้ ประกอบด้วย

- การฝึกแบบ interval training
- การฝึกแบบ intermittent
- การฝึกแบบ Circuit training

โดยผู้ฝึกสอนจะต้องสร้างแบบฝึกให้ระดับการเต้นของหัวใจสูงกว่า Anaerobic threshold โดย

วิธีการฝึกซ้อมดังที่กล่าวจะต้องให้ชีพจรเต้นเกินระดับ Anaerobic threshold และสลับกับการพัก จึงจะสามารถพัฒนา Anaerobic threshold ให้สูงได้

2. เนื่องจากระดับกรดแลคติกที่สะสมตลอดทั้ง 3 ยกของการชกมีค่าประมาณ 9.7 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งบ่งชี้ว่า กีฬามวยไทยใช้ระบบพลังงานจากระบบ anaerobic ผ่านขบวนการ Glycolysis โดยมีกรดแลคติกเกิดขึ้น ระดับกรดแลคติก 9.7 มิลลิโมล/ลิตร จะส่งผลเลือดเป็นกรดมากขึ้น ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ดังนั้น การทราบค่าดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอน และนักมวยที่ต้องปรับโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายทนทานต่อการเกิดกรดแลคติกในระดับสูงตลอดการแข่งขัน มีวิธีการฝึกซ้อมหลากหลายวิธีที่จะสร้างให้นักมวยมีความทนทานต่อการเกิดของกรดแลคติกเช่น วิธีฝึกแบบ interval training โดยเน้นระยะที่สั้นๆ ให้ร่างกายต้องทำงาน ขณะที่มีการเกิดการสะสมกรดแลคติกในระดับสูง อย่างไรก็ตาม การจะทราบระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดจะต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อติดตาม (monitor) การเปลี่ยนแปลงกรดแลคติกในเลือด ผู้ฝึกสอนจะต้องทำงานร่วมกับนักวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ชำนาญในการใช้เครื่องมือดังกล่าว

3. ระดับความหนัก (intensity) ของการชกมวยไทยมีอัตราการใช้ออกซิเจนประมาณ 51.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ซึ่งเท่ากับการใช้พลังงาน 14.74 MET ข้อค้นพบนี้บ่งชี้ว่านักมวยไทยจะต้องมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption) ไม่ต่ำกว่า 51.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ดังนั้นการพิจารณาคัดเลือกนักมวยที่จะต้องขึ้นชกแข่งขัน นักมวยควรมีการทดสอบสมรรถภาพทางกายหรือทดสอบความฟิตโดยใช้ค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่า นักมวยแต่ละคนมีความสมบูรณ์ทางกายหรือร่างกายพร้อมที่จะลงแข่งขันหรือไม่ หากผลการทดสอบพบว่าระดับการใช้ออกซิเจนต่ำกว่า 51.6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที นักมวยจะต้องปรับโปรแกรมการฝึกใหม่เพื่อที่จะพัฒนาความสมบูรณ์ทางกายให้ผ่านเกณฑ์ วิธีการฝึกเพื่อที่จะพัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีวิธีการที่หลากหลายแต่หลักการสำคัญคือจะต้องให้หัวใจ ปอดและกล้ามเนื้อทำงานประสานกันเพื่อสูบฉีดโลหิต แลกเปลี่ยนแก๊สและกล้ามเนื้อสกัดออกซิเจนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สัดส่วนการใช้ทักษะ ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าทักษะที่ใช้มากที่สุดคือการเตะคิดเป็น 47.82 เปอร์เซ็นต์ การตีเข้าคิดเป็น 23.78 เปอร์เซ็นต์ การใช้หมัดคิดเป็น 17.02 เปอร์เซ็นต์ การถีบคิดเป็น 9.73 เปอร์เซ็นต์ และการตีศอกคิดเป็น 1.65 เปอร์เซ็นต์ การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมทักษะแต่ละด้านควรแบ่งตามสัดส่วนดังกล่าว เช่น การฝึกซ้อมแต่ละครั้งใช้เวลา 2 ชั่วโมง เวลาสำหรับการฝึกการเตะหรือฝึกกล้ำมเนื้อขาควรใช้เวลาประมาณ 57.38 นาที หรือคิดเป็น 47.82 % ของเวลาการฝึกซ้อมทั้งหมด ส่วนทักษะอื่นๆ ลดเวลาลงตามสัดส่วนที่ค้นพบ อย่างไรก็ตามการแบ่งสัดส่วนการฝึกซ้อมตามสัดส่วนการออกอาวุธดังที่ได้กล่าวมาอาจแปรผันไปตามปัจจัยหลายด้าน เช่นการวางแผนการชกของนักมวยแต่ละครั้ง ระดับความสามารถของคู่ต่อสู้ เป้าหมายของการชกในครั้งนั้นๆ ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องนำข้อค้นพบนี้ไปประกอบการพิจารณาในการวางแผนการฝึกซ้อม

เอกสารอ้างอิง

1. Bangsbo, J., Norregaard L., and Thorso, F. (1991). Activity Profile of Competition Soccer. *Canadian journal of sport science*. 16: 110-116.
2. Berg, K.; et al. (2007). Oxygen Cost and Energy Expenditure of Racquetball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 47(4): 395-400.
3. Bouhlef, E.; et al. (2006). Heart Rate and Blood Lactate Responses During Taekwondo Training and Competition. *Science & Sports*. 21(5): 285-290.
4. Douris, P.; et al. (2004). Fitness Levels of Middle Aged Martial Art Practitioners. *British Journal of Sports Medicine*. 38(2): 143-147.
5. Duncan, M. J.; Woodfield, L.; & al-Nakeeb, Y. (2006). Anthropometric and Physiological Characteristics of Junior Elite Volleyball Players. *British Journal of Sports Medicine*. 40(7): 649-651.
6. Faude, O.; et al. (2007). Physiological Characteristics of Badminton Match Play. *European Journal of Applied Physiology*. 100(4): 479-485.
7. Fernandez, J.; Mendez-Villaneuva, A.; & Pluim, B. M. (2006). Intensity of Tennis Match Play. *British Journal of Sports Medicine*. 40(5): 387-391.
8. Fernandez-Fernandez, J.; et al. (2007). Match Activity and Physiological Responses During a Junior Female Singles Tennis Tournament. *British Journal of Sports Medicine*. 41(11).
9. Hornery, D. J.; et al. (2007). An Integrated Physiological and Performance Profile of Professional Tennis. *British Journal of Sports Medicine*. 41(8): 531-536
10. Imamura, H.; et al. (2002). Physiological Responses During and Following Karate Training in Women. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 42(4): 431-437.
11. Kalapotharakos, V. I.; et al. (2006). Physiological Characteristics of Elite Professional Soccer Teams of Different Ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 46(4): 515-519.
12. Kazemi, M.; et al. (2006). A Profile of Olympic Taekwondo Competitors. *Journal of Sports Science and Medicine*. 5: 114-121.
13. Khanna, G. L.; & Manna, I. (2006). Study of Physiological Profile of Indian Boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*. 5: 90-98.
14. Lin, W. L.; et al. (2006). Anaerobic Capacity of Elite Taiwanese Taekwondo Athletes. *Science & Sports*. 21(5): 291-293.
15. Markovic, G.; Misigoj-Durakovic, M.; & Trninic, S. (2005). Fitness Profile of Elite Croatian Female Taekwondo Athletes. *Collegium Antropologicum*. 29(1): 93-99.
16. Markovic, G.; Vucetic, V.; & Cardinale, M. (2008). Heart Rate and Lactate Responses to Taekwondo Fight in Elite Women Performers. *Biology of Sport*. 25(2): 135-146.

17. Melhim, A. F. (2001). Aerobic and Anaerobic Power Responses to the Practice of Taekwon-Do. *British Journal of Sports Medicine*. 35(4): 231-234.
18. Miles, Helen M. (1999). *Energy Efficiency Comparison of Carrying Two Different Types of Backpacks and Using Two Hiking Step Techniques*. Ph.D. United States -- Kansas: University of Kansas.
19. Rannou, F.; et al. (2001). Physiological Profile of Handball Players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 41(3): 349-353.
20. Sidthilaw, Suwat. (1997). *Kinetic and Kinematic Analysis of Thai Boxing Roundhouse Kicks*. Ph.D. United States -- Oregon: Oregon State University.
21. Smith, M. S. (2006). Physiological Profile of Senior and Junior England International Amateur Boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*. 5: 74-89.