บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า หรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)ในนักวิ่งระยะ 1500 เมตร ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยขอนำเสนอในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold)
2. กรดแลคติกในการออกกำลังกาย
3. การทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้า
4. ประโยชน์ของการทราบระดับจุดเริ่มล้า
5. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า
6. โปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า
7. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจุดเริ่มล้า
8. การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกาย
9. สารพัฒนาจุดเริ่มล้า

จุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) ได้มีทฤษฎีและแนวคิดที่สอดคล้องกับประเด็น ดังกล่าว ดังนี้ จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) คือจุดเริ่มมีการสะสมระดับการเกิดกรดแลคติกในปริมาณ 4 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากนั้นจะเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วในกล้ามเนื้อ จุดเริ่มมีการสะสมอย่างรวดเร็วเรียกว่า จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) จุดนี้มีอิทธิพลต่อการทำงานของร่างกาย ทำให้มีขีดจำกัดในการใช้พลังงานแบบออกซิเจน (Aerobic Energy) อาจเรียกอีกอย่างว่า " Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) "หรือ "Maximum Lactate Steaty State (MLSS or $MaxLa_{ss}$) " โดยจุดเริ่มล้าที่พบอยู่ในระดับการทำงานประมาณ 85 – 90 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในแต่ละคน ดังนั้นเมื่อร่างกายเกิดจุดเริ่มล้าขึ้นทำให้มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของร่างกาย รวมทั้งกระทบต่อการทำงานของระบบการใช้ออกซิเจน

ด้วย แต่ถ้ามีโปรแกรมการฝึกระบบการใช้ออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพทำให้ร่างกายชะลอระยะเวลาของการเกิดจุดเริ่มล้า โดยกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะรวมกับออกซิเจนเพื่อเป็นพลังงานแก่ร่างกาย พร้อมกับมีคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำระบายออกมา (http://www.brainmac. demon.co.uk/lactic. html,2000) จากทฤษฎีเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าสอดคล้องกับแนวคิดในการพัฒนานักวิ่งระยะ 1500 เมตร ดังนี้ นักกรีฑาประเภทลู่ระยะทาง 1500 เมตร ถ้าระดับจุดเริ่มล้าเกิดขึ้นช้าจะทำให้นักกีฬามีประสิทธิภาพในการวิ่งดีขึ้น นั่นคือในขณะที่นักกรีฑาวิ่งระบบการใช้ออกซิเจนจะรวมตัวกับไพรูเวท (Pyruvate) ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้ระดับกรดแลคติกในร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล ร่างกายสามารถทำงานต่อไปได้ ระบบพลังงานส่วนใหญ่ที่ถูกใช้ในภาวะนี้คือระบบพลังงานจากการใช้ออกซิเจนและไขมัน ทำให้นักกีฬามีการเกิดจุดเริ่มล้าไม่เร็วจนเกินไป (http:// www.lactate.com/lact1b. html,2000)

นอกจากทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าดังกล่าว ยังมีผลการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้เสนอผลการวิจัยซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับจุดเริ่มล้า ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

ในประเทศไทยมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจุดเริ่มล้าเพียงเรื่องเดียวคือ งานวิจัยของ ณัฐจรีย์ วิชเวช (2537) ได้ศึกษาเรื่อง " การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างจลนศาสตร์ของการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายและแอนแอร์โรบิก เธรชโฮลด์ " ผลการวิจัย พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างจลนศาสตร์ของการใช้ออกซิเจน มีความสัมพันธ์กับกลไกการควบคุมแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์มากกว่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นจึงมีผลทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนช้าลงขณะร่างกายอยู่ในภาวะแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจุดเริ่มล้าจำนวนมาก ดังต่อไปนี้

วาสเซอแมน แฮนเซน ซู วิพและคาซาบูริ (Wasserman , Hansen , Sue, Wipp and Casaburi ,1994) ได้ศึกษาเรื่อง " จุดเริ่มล้าและการแลกเปลี่ยนก๊าซหายใจในขณะออกกำลังกาย " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ผลการวิจัย พบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนสัมพันธ์กับระดับจุดเริ่มล้า และถ้าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าไม่สัมพันธ์กับจุดเริ่มล้าแสดงว่าอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับระบบไหลเวียนโลหิต

บรูเบเกอร์ (Brubaker ,1991) ได้ศึกษาเรื่อง " ความเที่ยงตรงของแลคเตทและการแลกเปลี่ยนก๊าซ ณ จุดเริ่มล้าในผู้ป่วยที่ผ่าตัดหัวใจและคนปกติ " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการเริ่มสะสมกรดแลคติก และการแลกเปลี่ยนก๊าซในระดับจุดเริ่มล้าระหว่างผู้ป่วยที่ผ่าตัดหัวใจ

และคนปกติ โดยกลุ่มตัวอย่าง 20 คน เป็นผู้ป่วยที่ผ่าตัดหัวใจ 10 คนและคนปกติ 10 คน การทดสอบใช้โปรแกรมการทำงานโดยลู่กลและวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนก๊าซใช้วิธีแบบ วี-สโลป (V-Slope) ผลการวิจัย พบว่า สภาวะการเริ่มสะสมกรดแลคติกและการแลกเปลี่ยนก๊าซในระดับจุดเริ่มล้าระหว่างผู้ป่วยที่ผ่าตัดหัวใจและคนปกติมีความแตกต่างกัน ส่วนสภาวะการเริ่มสะสมกรดแลคติกและการแลกเปลี่ยนก๊าซในระดับจุดเริ่มล้าไม่มีความแตกต่างกัน

วัตต์ (Wyatt , 1996) ได้ศึกษาเรื่อง " การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงที่เกี่ยวข้องกับจุดเริ่มล้า " มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของกรดแลกติก อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซและระดับจุดเริ่มล้าและเพื่อวิเคราะห์สภาวะการเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยาของนักกีฬา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาจำนวน 61 คน มีอายุเฉลี่ย 17 ปี โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการฝึกกับกลุ่มทดลองและศึกษาระดับความสมบูรณ์ทางร่างกาย ระหว่างเพศ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่า ระดับจุดเริ่มล้าในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 เมื่อวัดระดับความสมบูรณ์ทางร่างกายระหว่างเพศชายและหญิง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ปริมาณระดับจุดที่เริ่มสะสมกรดแลคติกและจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ก๊าซในการหายใจไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระดับสภาวะการใช้ออกซิเจนสูงสุดในการทำงานเท่ากันหรือใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง พบว่า ปริมาณระดับจุดเริ่มสะสมกรดแลคติกและจุดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ก๊าซในการหายใจไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยดีกว่า สรุปผลการวิจัย พบว่า " ปริมาณระดับจุดที่เริ่มสะสมกรดแลคติกและจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ก๊าซในการหายใจที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลมาจากการเพิ่มความหนักของงาน "

อิงแฮม และไมเลส (Ingham and Miles,1999) ได้ศึกษาเรื่อง" ระดับกั้นการระบายอากาศและความถี่ในการหายใจเป็นตัวบ่งชี้ถึงจุดเริ่มล้าในนักกีฬาพายเรือหญิง" มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการเกิดกรดแลคติด ระดับการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราความถี่ในการหายใจที่เป็นตัวบ่งชี้ในระดับจุดเริ่มล้า โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเรือพายทีมชาติ จำนวน 12 คน มีอายุเฉลี่ย 22.3 ปี และมีน้ำหนักเฉลี่ย 66.6 กิโลกรัม ดำเนินการวิจัยโดยการวิเคราะห์ระดับปริมาณกรดแลคติก 4 มิลลิโมล/ลิตร (ปริมาณกรดแลคติกในจุดเริ่มล้า) ระดับการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราความถี่ในการหายใจ ผลการวิจัย พบว่า ระดับการเกิดกรดแลคติกและระดับการแลกเปลี่ยนก๊าซ ณ ตำแหน่งการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว (LactateThreshold) ประมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร มีความสัมพันธ์กัน และยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับภาวะในขณะร่างกายมีขีดจำกัดในการใช้พลังงานแบบออกซิเจน (Aerobic Energy) อาจเรียกอีกอย่างว่า " Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) " เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Person Correlation) พบว่า ความสามารถใน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้ออกซิเจนสูงสุดและตำแหน่งการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วมีความ สัมพันธ์กันในระดับ 0.79 จุด OBLA และการแลกเปลี่ยนก๊าซในระบบหายใจมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.79 จุด OBLA และจุดเริ่มการเปลี่ยนแปลงพลังงานมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.84 การแลกเปลี่ยนก๊าซในระบบหายใจและอัตราความถี่ในการหายใจที่ระดับการเกิดจุดเริ่มล้า มีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.84

จากทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับจุดเริ่มล้า สรุปได้ ดังนี้

1. ระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) เกิดจากภาวะร่างกายเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณ 4 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากภาวะนี้ร่างกายจะมีระดับกรดแลคติกสะสมอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลต่อการทำงานของร่างกาย

2. โปรแกรมการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตที่มีประสิทธิภาพมีผลต่อการพัฒนาจุดเริ่มล้า

3. ความหนักของงานมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น พร้อมกับระบบการใช้ระบบพลังงานจากออกซิเจนจะเริ่มลดลง

4. เมื่อร่างกายเกิดภาวะจุดเริ่มล้า ทำให้สมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตลดลง

5. ในภาวะจุดเริ่มล้าอัตราการใช้ระบบพลังงานจากออกซิเจนถูกเปลี่ยนไป นั่นคือเกิดการเปลี่ยนพลังงานจากการใช้ออกซิเจน (Aerobic Energy) ไปสู่ระบบการไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Energy)

6. พลังงานจากการไม่ใช้ออกซิเจนได้มาจาก เอ ที พี ซี พี และไกลโคเจน

7. พลังงานจากการไม่ใช้ออกซิเจน มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและยังขึ้นอยู่กับอายุ เพศและเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย

8. จุด OBLA (จุดเริ่มมีการสะสมกรดแลคติก 4 มิลลิโมลต่อลิตร) มีความสัมพันธ์กับจุดเริ่มเปลี่ยนพลังงานจากการใช้ออกซิเจนไปสู่ระบบการไม่ใช้ออกซิเจนในระดับ 0.84

กรดแลคติกในการออกกำลังกาย

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกรดแลคติกในการออกกำลังกาย

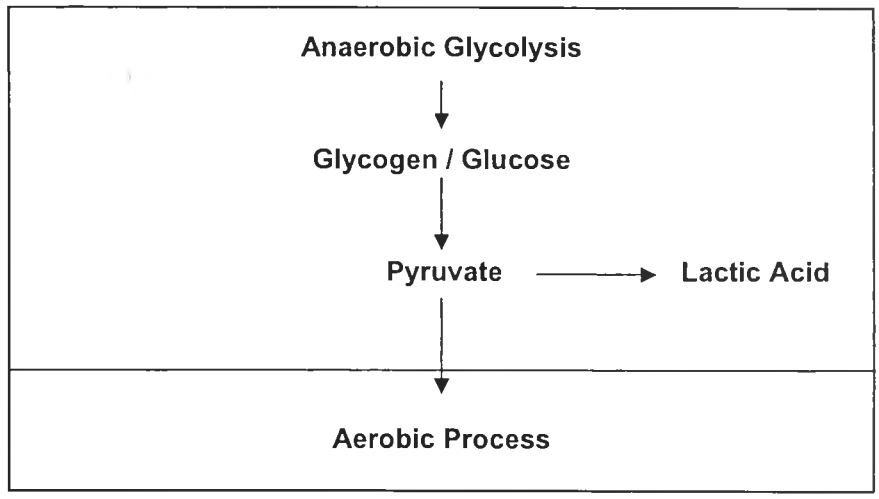
ในการศึกษาเกี่ยวกับกรดแลคติกในการออกกำลังกาย ได้มีทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ กรดแลคติก คือ สารประกอบอินทรีย์ธรรมชาติสร้างมาจากการทำงานของร่างกาย ซึ่งพบในกล้ามเนื้อ โลหิตและอวัยวะต่าง ๆ ในการทำงานของร่างกาย

เมื่อมีระดับการเกิดกรดแลคติกอย่างเหมาะสมคือไม่เกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตร ภาวะนี้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้ากรดแลคติกเกิดขึ้นในร่างกายมากเกิน 4 มิลลิโมลต่อลิตรจะมีผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ในการทำงานของร่างกายได้ (http://www.lactate.com/lacta.html, 1999)

กรดแลคติก เกิดจากการเผาผลาญพลังงานเพื่อใช้ในการทำงานหรือการออกกำลังกาย เมื่อมีการออกกำลังกายกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น กลูโคส - 6 - ฟอสเฟต (Glucose-6-Phosphate) เพื่อให้ได้พลังงานอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟตหรือเอ ที พี (Adenosine Triphosphate:ATP) และกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นกลัยโคเจนถ้ามีมากเกินความต้องการของร่างกาย โดยกลัยโคเจนจะถูกนำไปเก็บสะสมไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ และจะถูกเรียกกลับคืนมาเป็นกลูโคสอีกเมื่อเวลาที่ร่างกายต้องการ ดังนั้นไกลโคเจนก็คือโมเลกุลของกลูโคสหลาย ๆ โมเลกุล แต่กลัยโคเจนที่ถูกเก็บไว้ในกล้ามเนื้อจำนวนมากนี้ภายหลังจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส เพื่อใช้ในกิจกรรมการทำงานของกล้ามเนื้อเท่านั้น เมื่อออกกำลังกายร่างกายก็จะนำไกลโคเจนออกมาใช้โดยอาศัยน้ำย่อย ฟอสโฟไลเลส (Phospholylase) ซึ่งจะแยกกลูโคสกลับมาเป็นกลูโคส - 6 - ฟอสเฟต หลังจากนั้นจะแยกตัวออกเป็น กลูโคส 3 - คาร์บอน (3 - Carbon glucose) 2 โมเลกุลหรือ ไกลซีรอลดีไฮด์ 3 - ฟอสเฟต 2 โมเลกุล (Glyceraldehyde 3 – Phosphate) และกลายเป็นไพรูเวท (Pyruvates) ต่อไป ปฏิกิริยาช่วงนี้จะนำเอ ดี พี 2 โมเลกุล (2ADP)เข้าไปและเปลี่ยนแปลงออกมาเป็นพลังงาน เอ ที พี 2 โมเลกุล (2ATP) ซึ่งพลังงานนี้ร่างกายสามารถเอาไปใช้ได้ทันที ในขณะที่ เอ ที พี 2 โมเลกุล (2ATP) จะถูกสร้างขึ้นมาและ ไฮโดรเจน อิออนส์ (H^+) จำนวน 4 อนุภาคก็จะถูกปล่อยออกมาพร้อม ๆ กัน ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้จะถูกดำเนินไปเรื่อย ๆ ถ้าหากมี นิโคตินามายอดีนิน ไดนูคลีโอไทด์ (Nicotinamide Adenine Dinucleotide : NAD) สำหรับนำเอาไฮโดรเจนอิออนส์ ไปกลายเป็น $NADH^+$ (NAD Hydroden lons) ต่อจากนั้นถ้ามีออกซิเจนไฮโดรเจนอิออนส์จะถูกแยกจาก $NADH^+$ ไปให้ ฟลาโวโปรตีน (Flavoprotien : FAD) และเข้าสู่ระบบไซโตรโครม (Cytrochrome System) เพื่อที่จะรวมตัวกับออกซิเจนแล้วได้พลังงาน เอ ที พี คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ถ้ามีออกซิเจนไม่เพียงพอ ไพรูเวทจะทำหน้าที่รับไฮโดรเจนอิออนส์จาก $NADH^+$ ไปจนเกิดเป็นกรดแลคติก การเกิดกระบวนการสร้างพลังงาน เอ ที พี ด้วยการแยกกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์นี้ทำให้ระบบการหายใจและการไหลเวียนของโลหิตไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ โดยการไม่สามารถขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอต่อความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2528)

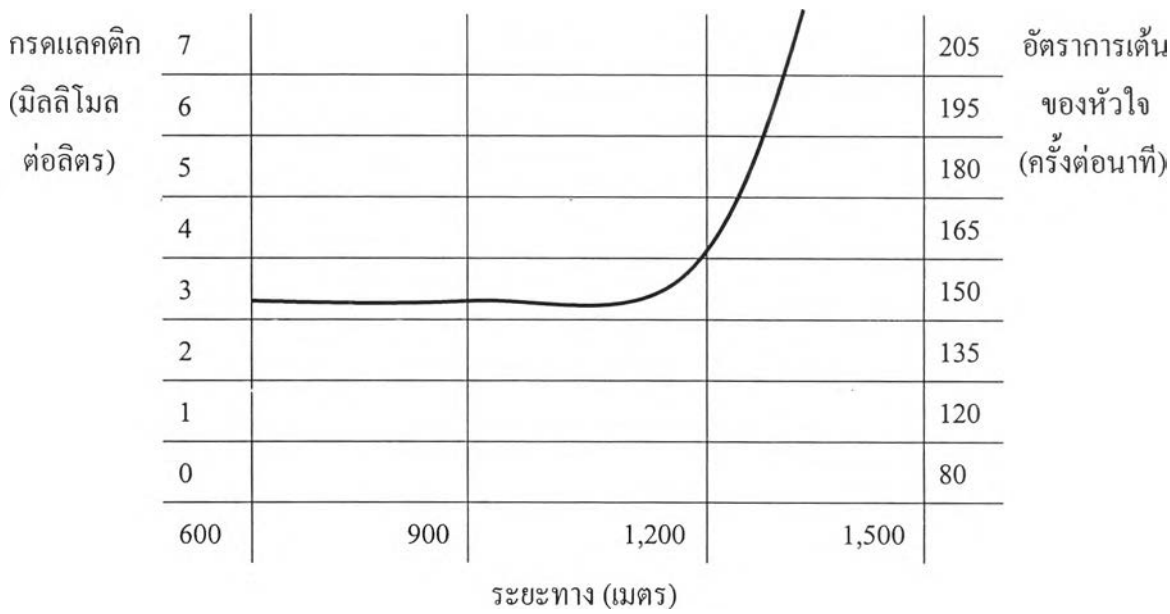
กรดแลคติกสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความหนักในการทำงานของร่างกายได้ โดยมีไพรูเวท (Pyruvate Acid) ทำให้กลูโคส (Glucose) แตกตัวเพื่อสร้างพลังงานขึ้นมาจากการไม่ใช้ออกซิเจนจึงทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น กรดแลคติกที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อใน

ระยะเวลานานทำให้ระบบไหลเวียนเริ่มสูญเสียสมดุลของออกซิเจนในร่างกาย หลังจากนั้นกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อจะเข้าสู่กระแสโลหิตไปทั่วร่างกาย ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายลดลงและมีอาการเหนื่อยอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเมื่อร่างกายได้รับออกซิเจนเข้ามาจะรวมตัวกับกรดแลคติกทำให้ได้พลังงานเอ ที พี คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ระดับที่มีกรดแลคติกสูงในร่างกายจะบ่งชี้ถึงขีดจำกัดของความสามารถทางกาย เป็นเหตุผลสำคัญประการหนึ่งที่จำเป็นต้องสร้างโปรแกรมการฝึกความทนทาน เพื่อให้ร่างกายสามารถใช้พลังงานแบบออกซิเจนในการแข่งขันให้มากที่สุดซึ่งในภาวะนี้จะทำให้อัตราการเกิดกรดแลคติกเกิดขึ้นช้า เนื่องจากระบบการใช้พลังงานจากออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพช่วยในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกของร่างกาย ดังนั้นโปรแกรมการฝึกความทนทานแก่ร่างกายจะสามารถใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ชะลอระดับการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วก่อนความจำเป็น (Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)) นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนของร่างกายด้วย (http://www.brainmac.demon.co.uk/lactic.html,2000) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า " เมื่อร่างกายมีไพรูเวท กล้ามเนื้อจะพยายามใช้พลังงานจากออกซิเจนเพื่อเข้ามาเผาผลาญให้ เป็นพลังงาน เอ ที พี ถ้าร่างกายมีการฝึกระบบการใช้ออกซิเจนได้ดี ไพรูเวทที่เกิดขึ้นจะถูกรวมกับออกซิเจนเป็นพลังงาน เอ ที พี ใช้ในการทำงาน แต่ถ้างานหนักเกินไปไม่สามารถใช้พลังงานจากออกซิเจนก็จะเกิดกรดแลคติก " ดังนั้นจึงพบว่ากรดแลคติกจะเกิดขึ้นในร่างกายตลอดเวลาไม่ว่าในขณะพักขณะทำงานหรือการออกกำลังกาย โดยเฉพาะในขณะออกกำลังกายไพรูเวทจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อออกกำลังกายหนักมากจนออกซิเจนไม่สามารถรวมกับไพรูเวทเพื่อสร้างพลังงาน เอ ที พี ให้เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกายจะทำให้ร่างกายเกิดกรดแลคติกและมีการสะสมอย่างรวดเร็ว ดังแผนภูมิภาพแสดงกระบวนการเกิดกรดแลคติกในร่างกายข้างล่างนี้



เมื่อกรดแลคติกเกิดขึ้นในร่างกายนักกีฬา กรดแลคติกจะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจากกล้ามเนื้อไปสู่อวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะเมื่อถึงจุดที่ร่างกายเริ่มมีกรดแลคติกสะสมอย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายลดลง (http://www.lactate.com/lact1a.html,1999)

ความสำคัญของการใช้ออกซิเจน เมื่อรวมตัวกับไพรูเวทจะทำให้ประสิทธิภาพการของระบบไหลเวียนทำงานดีขึ้นเพื่อลดสภาวะการสะสมกรดแลคติกในร่างกาย ทำให้สภาวะการเกิดกรดแลคติกสูงสุดคงที่ (Maximum Lactate Steaty State (MLSS or $MaxLa_{ss}$)) แต่ถ้านักกรีฑาต้องการใช้พลังงานมากกว่านี้ร่างกายจะไม่สามารถใช้พลังงานจากออกซิเจนได้เพียงพอ ทำให้มีการเปลี่ยนพลังงานเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Energy) และหลังจากนั้นสภาวะการเกิดกรดแลคติกคงที่ก็จะเปลี่ยนแปลงไป ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก ความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจ



จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า สภาวะการเกิดกรดแลคติกของนักกรีฑาคงที่ถึงระยะทางประมาณ 1100 เมตร หลังจากนั้นนักกรีฑาต้องการใช้พลังงานมากกว่าเดิมเพื่อเร่งความเร็วในระยะทาง 400 เมตรสุดท้าย ดังนั้นร่างกายจึงไม่สามารถใช้พลังงานจากออกซิเจนได้เพียงพอทำให้มีการเปลี่ยนพลังงานเป็นแบบการไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Energy) หลังจากนั้นสภาวะการเกิดกรดแลคติกจะสะสมในร่างกายอย่างรวดเร็ว ถ้านักกรีฑาไม่ได้รับการฝึกในโปรแกรมที่ทนทานต่อสภาวะการเกิดกรดแลคติกอย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการทำงานของร่างกายจะลดลงซึ่งมีผลต่อการแข่งขันเป็นอย่างมาก

กรดแลคติกที่สะสมในร่างกายเกิดจากการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Energy) เมื่อร่างกายเริ่มเกิดการสะสมกรดแลคติกประมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร หลังจากภาวะนี้จะมี

การสะสมอย่างรวดเร็วกว่าปกติ จุดที่เริ่มมีการสะสมอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่าจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) จุดนี้ทำให้ร่างกายมีขีดจำกัดในการใช้พลังงานแบบออกซิเจน (Aerobic Energy) อาจเรียกอีกอย่างว่า "Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)" หรือ " Maximum Lactate Steaty State (MLSS or $MaxLa_{ss}$) " (http://www.lactate.com/lact1b.html,1999)

กรดแลคติกเป็นดัชนีตัวบ่งชี้ในการวัดความหนักของการทำงานหรือการออกกำลังกายที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการฝึกนักกีฬา โปรแกรมการฝึกที่ดีจะพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายได้ (Craig et al.,1993) ถ้าใช้ในการวิเคราะห์ศึกษาความสามารถของนักกีฬาก็สามารถวิเคราะห์ในภาวะระดับความหนักของงานในภาวะเท่ากัน ถ้านักกีฬาคนใดมีความคงที่ของอัตราการเต้นของหัวใจนานจะเป็นผู้ที่มีประสิทธิภาพทางกายดีกว่า ดังนั้นจึงควรใช้แนวคิดดังกล่าวเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดโปรแกรมการฝึกให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด (Oyono – Equelle et al.,1990) ซึ่งสอดคล้องกับ กัลสแตน และคณะ (Gullstand et al.,1994) มีแนวคิดว่า " ผู้ฝึกสอนหลายคนได้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจในการอ้างอิงถึงกรดแลคติกในร่างกาย สำหรับการทดสอบสมรรถภาพและจัดโปรแกรมในการฝึกนักกีฬา ซึ่งอาศัยหลักความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจ กรดแลคติก และความหนักของงาน เมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้น พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจและกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นด้วย ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถกำหนดความเร็วและความหนักของการทำงานได้ สำหรับโปรแกรมการฝึกวิ่งสามารถใช้ความเร็วที่สัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ และกรดแลคติกกำหนดเป็นโปรแกรมการฝึกซ้อมความเร็วได้ ดังนั้นขณะดำเนินการฝึกเมื่อทราบความเร็วในระยะทางที่ใช้ฝึกก็เพียงพอ โดยไม่ต้องมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ "

นอกจากนี้ ทรูพ (Troup , 1990) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกรดแลคติก สอดคล้องกันดังนี้ กรดแลคติกเป็นดัชนีที่ดีในการบ่งชี้ปริมาณความหนักของการทำงาน เมื่อร่างกายมีกรดแลคติกเกิดขึ้นจะมีผลต่อการทำงานในร่างกาย ดังนั้นเมื่อร่างกายสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นได้ดี ร่างกายสามารถทำงานต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโปรแกรมการฝึก ดังนั้นจึงทำให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาเห็นความสำคัญและสนใจเกี่ยวกับปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในขณะฝึกซ้อมและแข่งขัน ถ้าหากมีความรู้ ความเข้าใจหรือทราบเกี่ยวกับกรดแลคติกก็จะทำให้ประสิทธิภาพของนักกีฬาสูงขึ้น การทดสอบเกี่ยวกับกรดแลคติกจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาต้องมีความรู้ เพื่อใช้ในการประเมินผลจากโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนและความสามารถของนักกีฬา กรดแลคติกที่เกิดขึ้นไม่ได้พบในการทำงานหนักระยะสั้น ๆ เท่านั้น นักกีฬาประเภทความทนทาน เช่น นักกรีฑาประเภทวิ่งระยะกลางและไกลสามารถพบได้เช่นกัน ดังนั้นถ้าร่างกายสามารถชะลอระยะเวลาอัตราการเกิดกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว หรือจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) หรือมีความทนทานต่อการเกิดกรดแลคติกในร่างกายได้ดี ก็จะสามารถทำงานต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปริมาณการสะสมกรดแลคติกในร่างกายยังขึ้นอยู่กับความแตกต่างของแต่ละคน โดยนักกีฬาที่มีความสมบูรณ์ทางร่างกายที่สุด จะมีจุดที่เริ่มสะสมกรดแลคติกช้ากว่าเมื่อเทียบกับนักกีฬาในความหนักของงานที่ความเร็วเพิ่มขึ้นเท่ากัน (http://www.lactate.com/lact1b.html,1999)

นอกจากทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับกรดแลคติกในการออกกำลังกาย ยังมีผู้วิจัยในต่างประเทศ ได้เสนอผลงานวิจัยซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดประเด็นดังกล่าว ดังนี้

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากรดแลคติกในการออกกำลังกายจำนวนมาก ดังต่อไปนี้

โจซัว (Jhosoa , 1982) ได้ศึกษาเรื่อง " การเปลี่ยนแปลงกรดแลคติกในร่างกายเมื่อภาวะความหนักของงานคงที่และเพิ่มขึ้น " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการเกิดกรดแลคติกในร่างกายเมื่อภาวะความหนักของงานคงที่และเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยาน ใช้เวลาในการทดสอบแต่ละภาวะความหนักของงาน 30 นาที ผลการวิจัย พบว่า กรดแลคติกเพิ่มขึ้นเมื่อภาวะความหนักของงานเพิ่มขึ้น

สแตนเลย์ และคณะ (Stanley et.al., 1985) ได้ศึกษาเรื่อง " ระบบการเคลื่อนที่ของแลคเตทในขณะออกกลังกายของเพศชาย " โดยผู้เข้ารับการทดสอบเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ผลการวิจัย พบว่า กรดแลคติกที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างต่อเนื่องในระดับการทำงานที่เพิ่มขึ้น

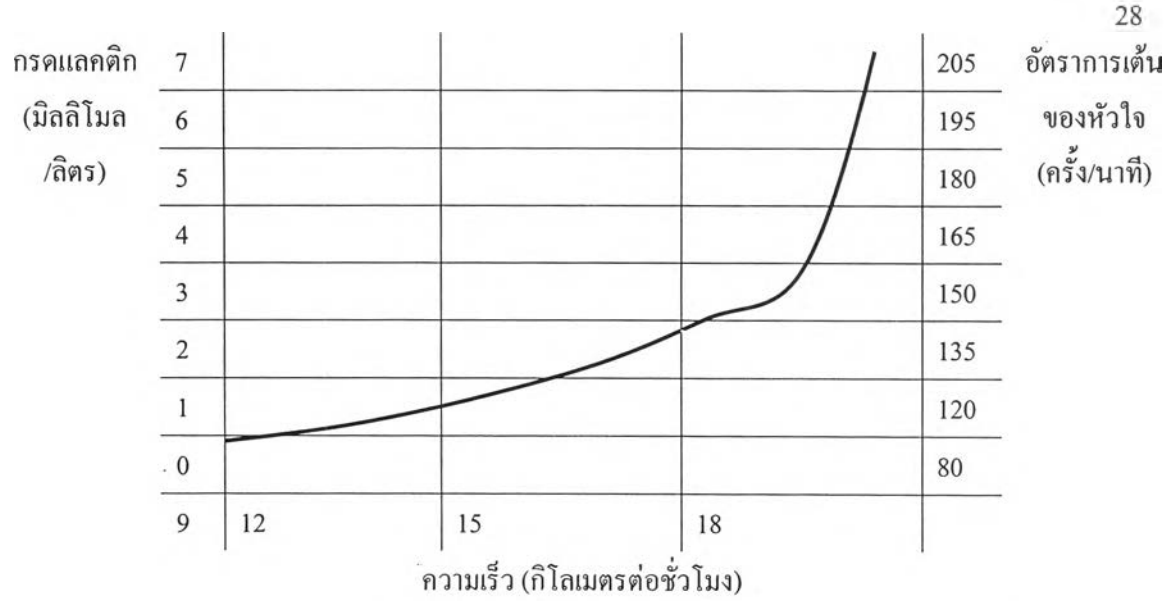
บรูกี (Burke , 1991) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการฝึกโปรแกรมการฝึก 2 โปรแกรมที่มีต่อระดับกั้นของแลคเตท การระบายอากาศและการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่จุดเริ่มล้า ในนักกีฬาเพศหญิง" มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาระดับสมรรถภาพในการทำงานของร่างกายในภาวะการฝึกโปรแกรมแตกต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน มีอายุระหว่าง 18 – 26 ปี ดำเนินการฝึกกลุ่มตัวอย่างโดยโปรแกรมที่ 1 ระดับความหนักของงานสูงโดยทำการฝึก 30 วินาที พัก 30 วินาที โปรแกรมที่ 2 ระดับความหนักของงานในระดับเกิดการสะสมกรดแลคติกโดยทำการฝึก 2 นาที พัก 2 นาที ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมการฝึกที่แตกต่างกันมีผลต่อระดับเกิดการสะสมกรดแลคติก ระดับเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซและการใช้ออกซิเจนในนักกีฬาเพศหญิงแตกต่างกัน

ไบลเชอร์ และคณะ (Bleicher et al., 1999) ได้ศึกษาเรื่อง " การแปรผลเส้นกราฟแสดงการเกิดกรดแลคติกในการทดสอบการออกกำลังกาย" มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของเส้นกราฟแสดงระดับการเกิดกรดแลคติก จากโปรแกรมการทดสอบระดับความหนักที่แตกต่างกัน โดยเน้นวิเคราะห์ลักษณะของเส้นกราฟจากโปรแกรมการฝึกแบบความทนทาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 15 คน มีอายุเฉลี่ย 15 ปี มีความสูงเฉลี่ย 173 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ย 60

กิโลกรัม ดำเนินการฝึกดังนี้ โปรแกรมการฝึก 2 – 3 นาที ที่ความหนักระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดบนลู่กลแบบการฝึกเป็นช่วง โปรแกรมการฝึกวิ่ง 60 เมตรที่ความหนักระดับสูงสุด และโปรแกรมการฝึกความทนทานแบบต่อเนื่อง ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกรดแลคติกในร่างกาย การใช้ออกซิเจนและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ผลการวิจัยพบว่า ความแม่นตรงของเส้นกราฟแสดงระดับการเกิดกรดแลคติก ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อความหนักเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และเมื่องานคงที่เส้นกราฟจะคงที่

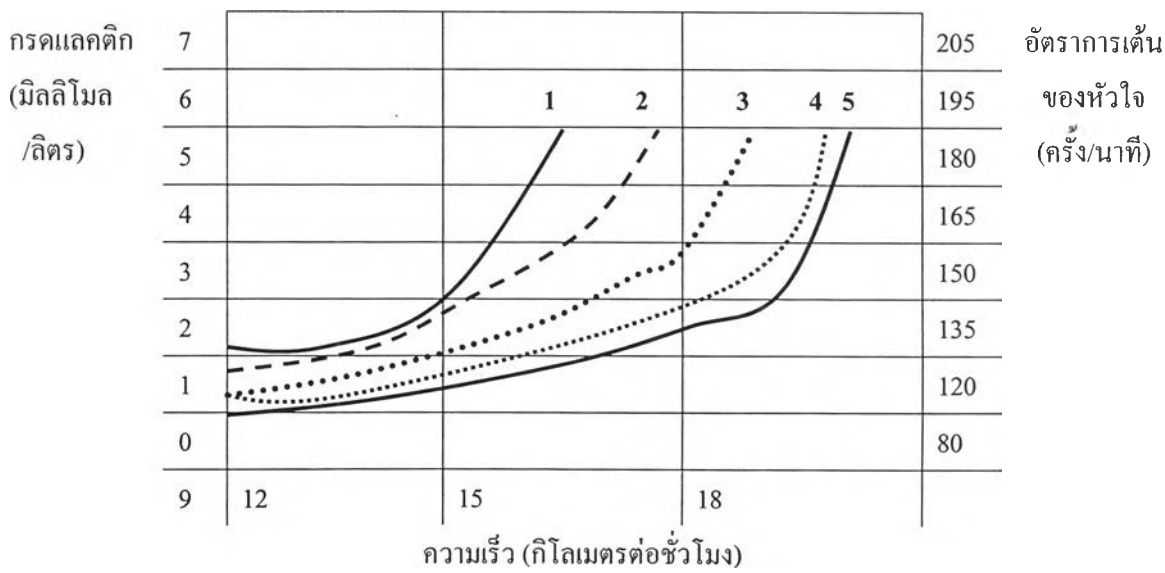
คอลเลท และคณะ (Colett et al.,1999) ได้ศึกษาเรื่อง “ การประเมินผลระดับกั้นแลคเตทของแต่ละคนจากการทดสอบแบบคูเปอร์ (Cooper) ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับจุดเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 113 คน เป็นเพศชาย 73 คน มีอายุเฉลี่ย 20.8 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 64.4 กิโลกรัม มีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.9 และเป็นเพศหญิง 40 คน มีอายุเฉลี่ย 16.2 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 53.8 กิโลกรัม มีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 20.7 ดำเนินการวัดระดับการเกิดกรดแลคติกจากตัวอย่างเลือดที่นิ้วมือโดยใช้เครื่องมือวายเอสไอ 1500 สปอร์ตแลคเตท อนาไลเซอร์ (YSI 1500 Sport Lactate Analyser) อัตราการเต้นของหัวใจใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจแบบโพลาร์ (Polar PE 3000 Sport Tester) ดำเนินการทดสอบโดยการวิ่ง 12 นาที บันทึกผลการวิจัย แล้วนำข้อมูลของระดับกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Anova ในระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า ระดับการเกิดกรดแลคติกและระดับการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์ในระดับ 0.88 และการหาระดับจุดเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วสามารถใช้การทดสอบแบบคูเปอร์ได้

งานวิจัย เรื่อง “ ความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจและระดับความหนักของงาน ” โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา ดำเนินการทดสอบโดยวิ่งบนลู่กลจนกระทั่งถึงความเร็ว 13.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า ในนักกรีฑาระดับโลกพบว่าสามารถวิ่งบนลู่กลได้ 15-16 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้ จากผลการทดลองทั้งสองกลุ่มพบว่า ร่างกายมีกรดแลคติกสะสมไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับกรดแลคติกในขณะพัก และนักกรีฑากลุ่มแรกสามารถวิ่งระยะทาง 1 ไมล์โดยใช้เวลาน้อยกว่า 7 นาทีได้โดยไม่เหนื่อย นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเรื่อง “ ความสัมพันธ์ระหว่ากรดแลคติก อัตราการเต้นของชีพจรและระดับความหนักของงาน ” ผลการวิจัย พบว่า มีความสัมพันธ์กันในระดับดีน่าเชื่อถือได้ ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติกความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้



จากกราฟ แสดงว่า ปริมาณกรดแลคติกที่วัดจากเลือดเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น และอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระหว่างกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจและความเร็วมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกที่จุดเริ่มสะสมในปริมาณมากสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจได้ (http//www.lactate.com / lact1a.html,1999)

การวิจัยเรื่อง " ความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงาน " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจำนวน 5 คน ในภาวะหลังการทดลองบันทึกผลการทดสอบระหว่างกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงาน ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก ความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาจำนวน 5 คน ดังนี้

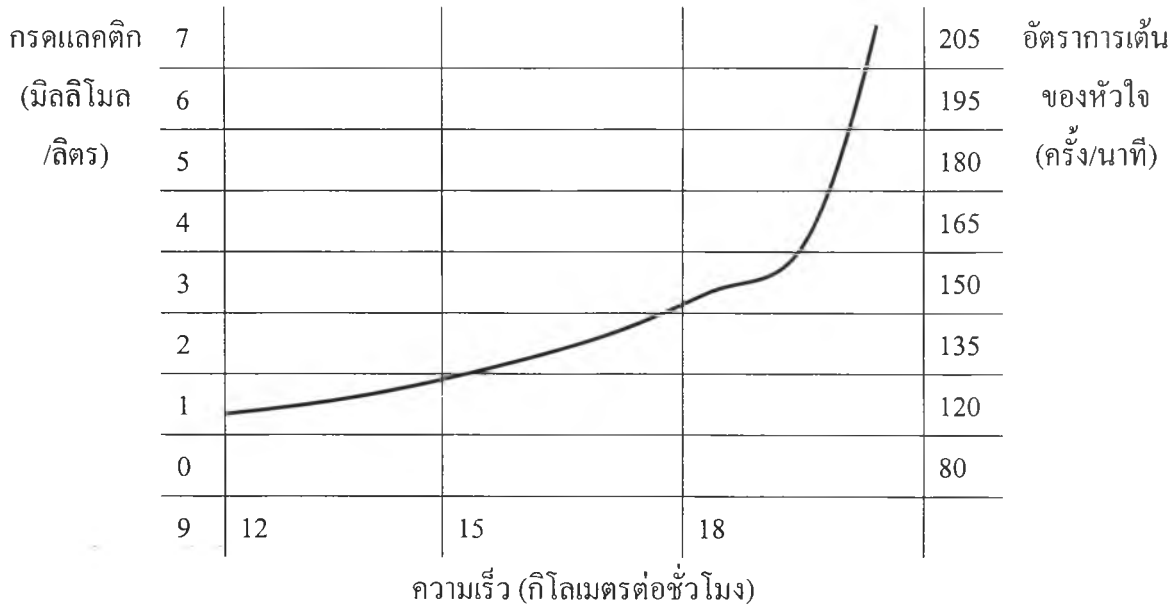


จากกราฟ แสดงว่า นักกีฬาคนที่ 1 – 5 ปริมาณกรดแลคติกที่วัดจากเลือดแต่ละคนเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น และอัตราการเต้นของหัวใจแต่ละคนเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกัน นักกีฬาที่มีสมรรถภาพทางร่างกายดีที่สุด (คนที่ 5) จะมีจุดที่เริ่มสะสมกรดแลคติกช้าที่สุดเมื่อเทียบในความหนักของงานที่ความเร็วเพิ่มขึ้นเท่ากันของนักกีฬาทุกคน อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า นักกีฬาที่มีสมรรถภาพทางกายดีที่สุด (คนที่ 5) เริ่มมีการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วเมื่อร่างกายทำงานหนักที่ความเร็วประมาณ 16.00 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่นักกีฬาคนที่ 4 , 3, 2 และ 1 เริ่มมีการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วเมื่อร่างกายทำงานหนักที่ความเร็วประมาณ 15.80 , 15.00, 13.50 และ 12.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตามลำดับ (http//www.lactate.com/lact1a.html,1999)

คาร์เตอร์ และคณะ (Carter et al.,1999) ได้ศึกษาเรื่อง " โปรแกรมการฝึกความเร็วที่เกิดกรดแลคติกน้อยไม่มีผลต่อการฝึกความทนทานในเวลา 6 สัปดาห์ " มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดสมรรถภาพทางกายแบบทนทานในการฝึกความหนักของงาน ที่ระดับการเกิดกรดแลคติกต่ำ 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน มีอายุเฉลี่ย 22.6 ปี มีความสูงเฉลี่ย 177 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 69.7 กิโลกรัม แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดำเนินการฝึกในความหนักของงานที่ระดับการเกิดกรดแลคติกต่ำ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า ระบบความทนทานไม่มีการเปลี่ยนแปลง ระดับการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วและการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แต่ความเร็วและสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความแตกต่างกันในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จากทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับกรดแลคติกในการออกกำลังกาย สรุปได้ ดังนี้

1. กรดแลคติกเกิดจากการแตกตัวของกลูโคสอย่างไม่สมบูรณ์ ถ้าร่างกายมีการใช้ออกซิเจนเพียงพอ กรดแลคติกที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อยท่านั้น แต่ถ้าร่างกายมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นโดยในภาวะนั้นออกซิเจนที่ต้องการไม่เพียงพอต่อการใช้ ร่างกายจะเริ่มมีการสะสมกรดแลคติก เมื่อกรดแลคติกในร่างกายถึงจุดประมาณ 4 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากนั้นจะมีการสะสมอย่างรวดเร็วไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้มีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของร่างกาย ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก ความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้



จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติก ความหนักของงานและอัตราการเต้นของหัวใจ นั่นคือกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นเมื่อปริมาณงานเพิ่มความหนักขึ้น ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดกรดแลคติก สามารถใช้กระบวนการศึกษาจากอัตราการเต้นของหัวใจได้

2. กรดแลคติกเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความหนักในการทำงานของร่างกาย ประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละคน และคุณภาพของโปรแกรมการฝึก

3. โปรแกรมการฝึกแบบใช้ออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพสามารถเคลื่อนย้ายหรือชลอระดับของการเกิดกรดแลคติกในร่างกาย

การทดสอบระดับจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบระดับจุดเริ่มล้า

จุดเริ่มล้า หรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) หมายถึงระดับความหนักของการออกกกำลังกาย หรือการใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีการเพิ่มขบวนการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) และเป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อร่างกายมีขบวนการดังกล่าวเพิ่มขึ้น ก็จะมีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นดังนั้นจุดเริ่มล้าจึงเป็นระดับที่พบว่ามีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในเลือด วิธีวัดค่าของจุดเริ่มล้าคือการเจาะเลือด เพื่อตรวจวัดระดับของกรดแลคติกเป็นระยะในขณะที่มีการออกกำลังกายและเพิ่มความหนักขึ้น อย่างไรก็ดีเทคนิคในการเจาะเลือดทำให้เกิดความเจ็บปวดและไม่สะดวก รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์กรดแลคติก วิธีที่รวดเร็วกว่าคือวิธีการสังเกตปริมาณการหายใจในแต่ละนาที(Minute Ventilation) รวมทั้งปริมาณของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลนี้จะเพิ่มเป็นเส้นตรงกับ

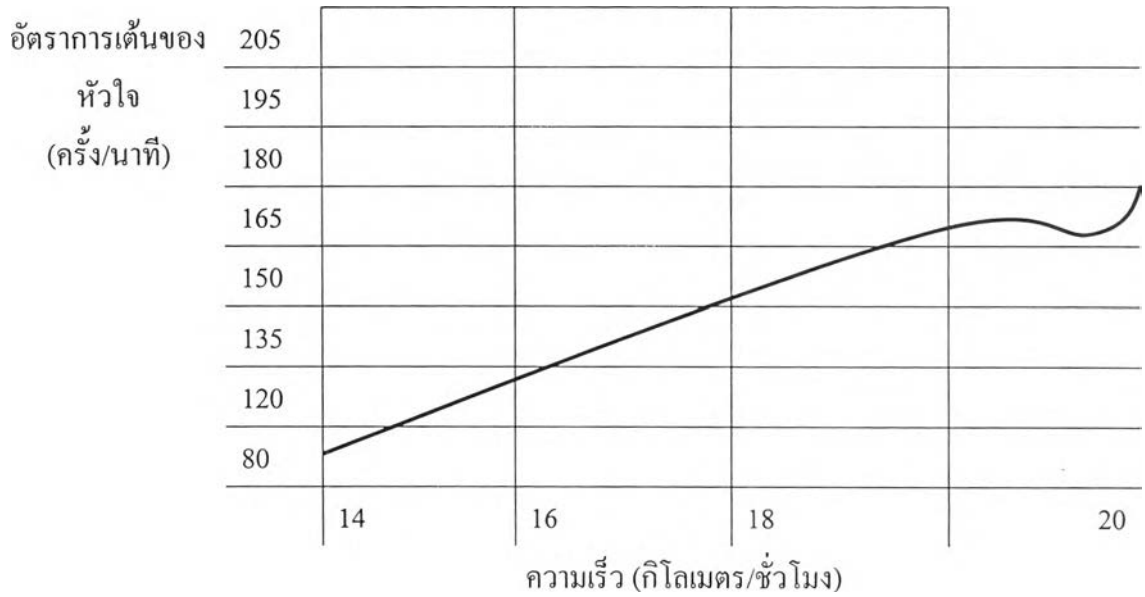
ความหนักของการออกกำลังกาย จนกระทั่งถึงจุดเริ่มล้าซึ่งมีปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีและปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นทันทีซึ่งสามารถสังเกตได้ในการตรวจวัดสัดส่วนในการหายใจ (Ventilation Equivalent) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีกับปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) { V_E/V_{O2} } พบว่า ในคนสภาวะปกติมีประมาณ 25 : 1 เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยความหนัก 55% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด(Maximal Oxygen uptake) แต่ว่าในเด็กที่ความหนักเดียวกันจะมีประมาณ 32 : 1 อย่างไรก็ตามในการว่ายน้ำอาจจะมีสัดส่วนในการหายใจต่ำกว่านี้ เนื่องมาจากการหายใจถูกจำกัดด้วยการว่ายน้ำ ซึ่งอาจเป็นปัญหาได้ว่าผู้ที่ว่ายน้ำ และผู้ที่ออกกำลังกายเต็มที่อาจได้ก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ ในการออกกำลังกายที่หนักมากขึ้นค่าของสัดส่วนในการหายใจอาจสูงถึง 35 – 40 : 1 ส่วน Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)เมื่อออกกำลังกายให้อยู่ในภาวะคงที่ (Steady -rate) จะทำให้มีก๊าซออกซิเจนเพียงพอกับระบบกล้ามเนื้อทำงานจึงไม่มีการคั่งของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ เมื่อมีการออกกำลังกายหนักมากขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นที่ระดับนี้เรียกว่า Onset of Blood Lactate Accumulation หรือ (OBLA) ซึ่งเป็นระดับที่ออกกำลังกายระหว่าง 55 – 65 % ของการใช้ออกซิเจนสูงสุดในคนที่ไม่ได้รับการฝึก แต่ในคนที่ได้รับการฝึกดีมากจะทำให้ค่า OBLA สูงขึ้นมากเกิน 80 % (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2536)

ในการศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)ได้มีแนวคิดที่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ เจอรี เดวิส (Jerry Devis) (http://www.doilsports. com,2000) มีแนวคิดว่า จุดเริ่มล้าเป็นจุดเปลี่ยนพลังงานจากแอโรบิกเป็นแอนแอโรบิก โดยที่ภายหลังจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดกรดแลคติกสะสมในร่างกายอย่างรวดเร็วอันมีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกาย ดังตัวอย่าง เช่น ในระยะสุดท้ายของนักวิ่ง ถ้าสามารถพัฒนาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าของนักกีฬา ทำให้เป็นผู้ได้เปรียบในการแข่งขัน ในการทดสอบจุดเริ่มล้า ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการทดสอบของคอนโคนี (Conconi Test) เนื่องจากสะดวกและง่ายในการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าประมาณ 180 – 185 ครั้งต่อนาทีของอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนั้นจึงได้มีการพิสูจน์ความชัดเจนของแนวคิดดังกล่าว โดยดำเนินการศึกษาระดับจุดเริ่มล้าแบบในภาคสนาม (Field Test) จากจักรยานคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถควบคุมความหนักของงานได้ โดยให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายประมาณ 15 นาทีด้วยการขี่จักรยาน ในการเริ่มทดสอบเริ่มต้นใช้ความเร็ว 13 ไมล์ต่อชั่วโมงและเพิ่มความเร็ว 14 ไมล์ต่อชั่วโมงในทุก ๆ 3 นาทีของการทดสอบดำเนินการทดสอบอย่างต่อเนื่อง บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุก 90 วินาทีหลังจากเริ่มการทดสอบ นอกจากนั้นยังมีการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงทางกายและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซของผู้เข้ารับการทดสอบ ผลการทดสอบ พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มเมื่อความเร็วของการทดสอบเพิ่มประมาณ 8 – 10

ครั้งต่อนาที จนกระทั่งความเร็วประมาณ 25 - 26 ไมล์ต่อชั่วโมง อัตราการเพิ่มของหัวใจเพิ่มขึ้นเพียง 4 –5 ครั้งต่อนาที เมื่อนำมาศึกษาในรูปของกราฟ พบว่า เส้นกราฟเริ่มเปลี่ยนแปลงไป จุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่าจุดเริ่มล้า(Anaerobic Threshold) (http://www.multisports.com, 2000)

การทดสอบจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold Test) เมื่อทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีการทดสอบทางตรง (Invasive) มีการหาจุดเริ่มล้าจากตัวอย่างเลือดของผู้ทดสอบ ทำให้ระดับจุดเริ่มล้ามีความเชื่อถือได้ นอกจากนั้นได้มีการศึกษาในภาคสนาม (Field Test) โดยใช้วิธีการทดสอบทางอ้อม (Non - Invasive) มีการหาจุดเริ่มล้าจากความสัมพันธ์ของอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความหนักงานเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และต่อเนื่อง ทำให้ทราบระดับจุดเริ่มล้า วิธีการนี้มีผู้วิจัยบางคนยังไม่ยอมรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและจุดเริ่มล้า ตัวอย่างของวิธีการทดสอบจุดเริ่มล้า เช่น วิธีการทดสอบโดยการวิ่ง 10 กิโลเมตร แบบคอนโคนี การหาเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นต้น (http://www.rice.edu/jenkey/sports/anaerobicthreshold. html,2002)

การทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test) เป็นการทดสอบนักกีฬาประเภทความทนทานในระยะกลางหรือระยะไกล การทดสอบวิธีการนี้เพื่อหาระดับจุดเริ่มล้า(Anaerobic Threshold)ในนักกีฬาแต่ละคนเพื่อผู้ฝึกสอนจะได้ทราบและนำไปประกอบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬาต่อไป การทดสอบนี้สามารถนำไปใช้กับนักกีฬาได้ทุกประเภท เช่น พายเรือ ว่ายน้ำ จักรยาน กรีฑา สเก็ต ไตรกีฬา บาสเกตบอล ฟุตบอลและกีฬาชนิดอื่น ๆ ที่สนใจระดับการเกิดจุดเริ่มล้าของนักกีฬา การทดสอบจุดเริ่มล้าเพื่อศึกษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อกล้ามเนื้อเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณมากเกินความสามารถที่ออกซิเจนจะทำงานได้ หลังจากการเกิดจุดเริ่มล้าและร่างกายทำงานต่อไปจะมีกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีผลต่อสมรรถภาพการทำงานของร่างกาย การทดสอบหาจุดเริ่มล้าโดยวิธีของคอนโคนี (Conconi Test) สามารถทำการทดสอบได้ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ เช่น การวิ่งในสนาม 200 หรือ 400 เมตร การใช้จักรยาน การใช้ลู่กล การว่ายน้ำ ฯลฯ โดยยึดทฤษฎีเมื่อปริมาณงานเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักของงาน เริ่มต้นด้วยการอบอุ่นร่างกายเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 110 ครั้งต่อนาที หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบโดยเพิ่มความหนักหรือความเร็วพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกช่วงเวลาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงภาวะที่อัตราการเต้นของหัวใจเริ่มไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มความหนักหรือความเร็ว ให้หยุดการทดสอบ ดังนั้นระดับจุดเริ่มล้าของการทดสอบ คืออัตราการเต้นของหัวใจที่เริ่มไม่เป็นสัดส่วนในระดับนั้นนั่นเอง เมื่อนำผลการบันทึกของอัตราการเต้นหัวใจและความหนักของงานอย่างต่อเนื่องทุกช่วงเวลามาดำเนินการวิเคราะห์ สามารถพบจุดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงาน



จากกราฟแสดงให้เห็นว่า จุดเริ่มล้าของนักกีฬาคนนี้คือ ในระดับอัตราการเต้นของหัวใจ 170 ครั้งต่อนาที (http://www.geocitiess.com/Hotsprings/3257/conconi. html,2003)

จากทฤษฎี แนวคิด ผลการศึกษาและวิจัยการเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าจำนวนมาก ทำให้ผู้ฝึกสอนมีแนวคิดว่า หลักการทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้าแบบทางอ้อมเป็นวิธีการที่เหมาะสมวิธีหนึ่งซึ่งอาจดำเนินการทดสอบในลู่กลที่ระดับความชัน 4 – 5% หลังจากการอบอุ่นร่างกายเริ่มการทดสอบที่ความเร็ว 4 – 5 ไมล์ต่อชั่วโมงและเพิ่มความเร็ว 2 – 3 ไมล์ต่อชั่วโมงในทุก ๆ 90 วินาทีของการทดสอบอย่างต่อเนื่อง บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุก 90 วินาทีหลังจากเริ่มการทดสอบ สามารถวิเคราะห์หาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าได้จากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ (http://www.multisports.com,2000)

ในปี 1982 วิธีการทดสอบแบบคอนโคนีเป็นวิธีการทดสอบแรกที่อธิบายกระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าในสนาม โดยสำรวจระดับกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความเร็วเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้พบระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่ทำให้เกิดจุดเริ่มล้า ดังนั้นจึงสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจอธิบายถึงภาวะจุดเริ่มล้าของร่างกายได้ ประโยชน์ของการทราบจุดเริ่มล้าในนักกีฬาแต่ละคน ทำให้ผู้ฝึกสอนทราบภาวะของนักกีฬาในขณะนั้น เพื่อนำไปพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬาต่อไป (Connoni et al.,1986) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของครูกและคณะ (Cruig et al., 1995) ซึ่งมีแนวคิดว่า วิธีการทดสอบแบบคอนโคนีเชื่อถือได้จากการศึกษาเกี่ยวกับจุดหักเหของชีพจร (Deflection Point)

ในด้านกระบวนการวัดกรดแลคติกในการออกกำลังกายมี 2 กระบวนการ คือกระบวนการวัดทางตรง (Invasive) และกระบวนวัดทางอ้อม (Non – Invasive) โดยที่กระบวนการวัด

ทางตรงเป็นวิธีการเจาะเลือดมาวิเคราะห์หาระดับของกรดแลคติกในตัวอย่างเลือด เป็นกระบวนการที่ต้องใช้สารเคมีผสมในการทดสอบ ต้องควบคุมคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้ให้คงสภาพเสมอมิฉะนั้นจะทำให้สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผลการทดสอบระดับของกรดแลคติกในตัวอย่างเลือดผิดพลาดได้ กระบวนการวัดทางตรงต้องดำเนินการโดยผู้ที่มีความรู้ในการวัดเป็นพิเศษ เพราะมีการใช้เข็มเพื่อเจาะตัวอย่างเลือดและการใช้สารเคมีในการผสมกับตัวอย่างเลือด นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความยุ่งยากและซับซ้อนในการใช้เครื่องมือในการทดสอบด้วย แต่ข้อดีของกระบวนการนี้คือ ได้ค่าของระดับกรดแลคติกทำให้ผลการวัดที่ได้มีความแม่นตรงสูงและน่าเชื่อถือ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดแบบทางตรง เช่น เครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือดแบบ YSI MODEL 23L LACTATE ANALYZER (อนุรัติ มีเพชร , 2539) หรือแบบ Dr.Lange Cuvette Test LKM 140 (Boning , 1994) เป็นต้น

กระบวนการวัดทางอ้อม เป็นกระบวนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) และ ปริมาณความหนักของงาน (Intensity) จนกระทั่งความสัมพันธ์เริ่มเปลี่ยนแปลงไป ภาวะนี้เรียกว่า จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) กระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าแบบทางอ้อมยึดทฤษฎีว่า " ในภาวะปกติร่างกายมีกรดแลคติกประมาณ 1 – 2 มิลลิโมล/ลิตร เมื่อเวลาเปลี่ยนไปร่างกายทำงานที่ความหนักของงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนแบบแปรผันตรงกับความหนักของงาน เนื่องจากภาวะนี้ร่างกายใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจเริ่มไม่เป็นสัดส่วนกับความหนักของงานเนื่องมาจากภาวะนี้ร่างกายเริ่มใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน จุดที่เริ่มเปลี่ยนแปลงพลังงานจากการใช้ออกซิเจนของร่างกายเป็นการไม่ใช้ออกซิเจนคือ จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) "

วิธีการหาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) ในร่างกาย สามารถดำเนินการทดสอบได้โดยวิธีการทางตรงและทางอ้อม ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันออกไป โดยที่วิธีวัดทางอ้อมเป็นกระบวนการที่มีข้อดี คือ ไม่มีความซับซ้อนและความเสี่ยงในการทดสอบ และการวัดระดับการเกิดจุดเริ่มล้าทางอ้อมก็มีความสัมพันธ์กับวิธีการวัดทางตรงในระดับ 0.99 ดังตารางการเปรียบเทียบกระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าแบบทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

กระบวนการ	ความซับซ้อนในการวัด	รวดเร็ว	แม่นตรง	ความเสี่ยง	ประหยัด
ทางตรง	*		*	*	
ทางอ้อม		*	*		*

จากตารางการเปรียบเทียบวิธีการวัดระดับกรดแลคติกแบบทางตรงและทางอ้อม พบว่า วิธีการทางอ้อมมีความแม่นตรงสัมพันธ์กับวิธีการแบบทางตรง และยังมีข้อดีที่ไม่มีความซับซ้อน รวดเร็วในการทดสอบ ไม่มีความเสี่ยงและประหยัดเวลาในการทดสอบ

สำหรับการทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้าโดยวิธีของคอนโคนี (Conconi Test) เป็นวิธีการทดสอบทางอ้อมวิธีหนึ่ง ผลที่ได้มีความแม่นสูงเช่นเดียวกับการทดสอบทางตรงจากตัวอย่างเลือด ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการหาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าในภาวะที่ร่างกายมีกรดแลคติกสะสมประมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร วิธีการทดสอบโดยวิธีของคอนโคนีสามารถดำเนินการได้ 3 วิธีคือ การทดสอบบนลู่กล การใช้จักรยาน และการวิ่งในสนาม ซึ่งแต่ละวิธีมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเนื่องจากใช้หลักการทดสอบเดียวกันคือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) และ ปริมาณความหนักของงาน (Intensity) จนกระทั่งความสัมพันธ์เริ่มเปลี่ยนแปลงไป (Peter,1982)

นอกจากทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบจุดเริ่มล้าดังกล่าวแล้ว ยังมีผู้วิจัยวิจัยในต่างประเทศได้เสนอผลงานวิจัยซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทดสอบจุดเริ่มล้าจำนวนมาก ดังต่อไปนี้

คาปราโรลา (Caprarola, 1982) ได้ศึกษาเรื่อง " วิธีการประเมินระดับการเกิดจุดเริ่มล้า " โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาพัฒนากระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย จำนวน 19 คน ซึ่งมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง โดยโปรแกรมการทดสอบใช้จักรยานในการทดสอบ การศึกษาระดับจุดเริ่มล้าวิเคราะห์ได้ดังนี้ ศึกษาสภาวะความคงที่ในอัตราการหายใจต่อนาที ศึกษาจากตัวอย่างเลือดขณะพัก และศึกษาใน 1 และ 3 นาทีสุดท้ายในการทำงาน พบว่าจุดที่อัตราการเกิดกรดแลคติกเริ่มเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ

คอนโคนี และคณะ (Connoni et al.,1982) ได้ศึกษาเรื่อง " การวัดจุดเริ่มล้าแบบวิธีทางอ้อมในนักกรีฑา " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับจุดเริ่มล้าโดยวิธีทางอ้อม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา ดำเนินการทดสอบโดยการวิ่ง ซึ่งใช้หลักการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปและความหนักของงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัย พบว่าไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ ณ จุดหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจ (Deflection Point) และปริมาณกรดแลคติกในกล้ามเนื้อปริมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร

I20872409

ต่อมาได้มีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง 10 คน อีกครั้งโดยใช้วิธีการแบบเดียวกัน พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ ณ จุดหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจ (Deflection Point) และปริมาณกรดแลคติกในกล้ามเนื้อปริมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร อยู่ในระดับ 0.87

นอกจากนี้ได้มีการทดสอบการวัดจุดเริ่มล้าโดยใช้หลักการทดสอบแบบคอนโคนีใน สนาม 400 เมตร กับกลุ่มตัวอย่าง 210 คน วิ่งด้วยความเร็วอย่างต่อเนื่องประมาณ 12 – 14 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยอาศัยแนวคิดว่า " อัตราการเต้นของชีพจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนโดยตรง " ผลการวิจัย พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ ณ จุดหักเหของชีพจร (Deflextion Point) และปริมาณกรดแลคติกในกล้ามเนื้อปริมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตรในระดับ 0.99

คอนโคนี และคณะ (Connoni et al.,1982) ได้ศึกษาเรื่อง " การวิเคราะห์หาระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ด้วยวิธีการทดสอบแบบทางอ้อม (Non - Invasive) ในนักกีฬาว่ายน้ำ " มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการเต้นของหัวใจในนักกีฬาว่ายน้ำ โดยกลุ่มตัวเป็นอย่างมีจำนวนทั้งหมด 110 คน เป็นนักกีฬาว่ายน้ำสุขภาพแข็งแรง จำนวน 60 คน เป็นเพศชาย 46 คน เพศหญิง 14 คน และเป็นนักกีฬาว่ายน้ำระดับชาติจำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 36 คน เพศหญิง 14 คน ผู้วิจัยเก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Telemetric Cardiofrequency Meter) เมื่อความเร็วในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างเริ่มต้นด้วยความเร็วจากต่ำไปสูง ผลการวิจัย พบว่า เส้นกราฟคงที่เมื่อระดับความเร็วคงที่ อัตราการเต้นของหัวใจคงที่ และเส้นกราฟเปลี่ยนแปลงเมื่อระดับความเร็วเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่ม ทำให้พบว่าระหว่างระดับการเกิดจุดเริ่มล้าและปริมาณการเกิดกรดแลคติก 4 มิลลิโมล/ลิตรมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.84 ความเร็วที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.91 ดังนั้นระดับการเกิดจุดเริ่มล้าสามารถใช้วิธีการทดสอบแบบทางอ้อมได้

คลายบรอนี (Claiborne,1984) ได้ศึกษาเรื่อง " การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มล้าและความสามารถในการวิ่งในนักกรีฑาเพศหญิง " มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มล้าและความสามารถของนักกรีฑาเพศหญิงระยะ 5 กม. และ 10 กม. โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑาเพศหญิงระยะ 5 กม.และ 10 กม. จำนวน 31 คน มีอายุระหว่าง 18 – 35 ปี มีการฝึกระยะทางรวม 15 – 30 ไมล์/สัปดาห์ การเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบโดยลู่กล โดยศึกษาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกรีฑาระยะ 10 กิโลเมตร มีความสัมพันธ์ในระดับ 0.67 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกรีฑาระยะ 5

กิโลเมตร และ 10 กิโลเมตร มีความแตกต่างกัน แต่ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มล้าและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่มีความแตกต่างกัน

เกล และ เวสไพเนอร์ (Gaisl and Wiesspeiner,1987) ได้ศึกษาเรื่อง " การประเมินระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ด้วยวิธีการทดสอบแบบทางอ้อม (Non - Invasive) ในเด็ก " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการเต้นของหัวใจในเด็ก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กเพศชายและหญิงอายุ 11 ปี จำนวน 72 คน ดำเนินการทดสอบแบบทางอ้อม วิธีการทดสอบใช้จักรยานและลู่กลพร้อมกับการเก็บตัวอย่างกรดแลคติกในเลือด ภาวะความหนักของงานเพิ่มทุก ๆ นาที ผลการวิจัย พบว่า ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจในระดับการเกิดจุดเริ่มล้าและปริมาณการเกิดกรดแลคติก 4 มิลลิโมล/ลิตร มีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.98 ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับจุดเริ่มล้าสามารถศึกษาจากอัตราการเต้นของหัวใจในระดับการเกิดจุดเริ่มล้าโดยใช้วิธีการทดสอบแบบทางอ้อมได้

ไคเปอร์ และคณะ (Kuiper et al.,1988) ได้ศึกษาเรื่อง " การเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจ จากการประเมินระดับจุดเริ่มล้าแบบวิธีทางอ้อม กับระดับกั้นแลคเตทในนักกีฬาจักรยาน " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจจากการประเมินระดับจุดเริ่มล้าแบบวิธีทางอ้อม กับระดับกั้นแลคเตทในนักกีฬาจักรยาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานจำนวน 13 คน เป็นเพศชาย 12 คนและเพศหญิง 1 คน ดำเนินการวิจัยโดยการขี่จักรยานและเพิ่มความหนักของงาน 100 วัตต์ในทุก 45 วินาที ของการทดสอบ ผลการวิจัย พบว่า ไม่สามารถสรุปผลที่อัตราการเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลง (Deflection Point) ได้

อัลเกอร์ (Allgeier , 1996) ได้ศึกษาเรื่อง " ความเที่ยงตรงของการทดสอบระดับจุดเริ่มล้าแบบทางอ้อม โดยใช้จักรยานตามวิธีการของคอนโคนี เพื่อบ่งชี้ถึงระดับกั้นแลคเตท " มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจุดหักเหของชีพจร (Deflection Point) และระดับการเกิดจุดเริ่มล้าด้วยการทดสอบระดับจุดเริ่มล้าของคอนโคนี " โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 10 คน ดำเนินการทดสอบ 2 โปรแกรมคือ ระดับความเร็วที่ 3 และ 6 ใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างจากเลือดในการทดสอบ ดำเนินการทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้าโดยการอบอุ่นร่างกายประมาณ 15 นาที เริ่มต้นการขี่จักรยานที่ความเร็ว 15 ไมล์/ชั่วโมง ทุก ๆ 1 นาที เพิ่มความเร็ว 1 ไมล์/ชั่วโมง เก็บตัวอย่างเลือดในขณะพัก หลังการอบอุ่นร่างกายและทุก ๆ 2 นาทีในการทดสอบ ผลการวิจัย พบว่า การทดสอบระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ของคอนโคนีโดยใช้จักรยานระดับกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น 4 มิลลิโมล/ลิตรมีความสัมพันธ์กับระดับการเกิดจุดเริ่มล้า 0.755

พาล์มเมอร์ (Palmer , 1997) ได้ศึกษาเรื่อง " ความแม่นตรงของการสร้างแบบทดสอบ ใหม่เพื่อวัดระดับกั้นแลคเตท " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างโปรแกรมการทดสอบเพื่อวัดระดับกั้นแลคเตท และเพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดจากการวัดระดับกั้นแลคเตท

โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเลือด เมื่อความหนักของงานเปลี่ยนแปลงสภาวะการเป็นหนี้ก๊าซออกซิเจน และขบวนการใช้พลังงานแบบการใช้ออกซิเจนในร่างกาย โดยที่โปรแกรมจะทำนายตัวแปรที่บ่งบอกว่าถึงจุดเริ่มสะสมกรดแลคติก กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบจำนวน 12 คน เป็นเพศชาย 11 คนและเพศหญิง 1 คน มีอายุเฉลี่ย 24.90 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 68 กิโลกรัมและมีค่าการใช้ก๊าซออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย 64.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑาระยะไกล โปรแกรมที่สร้างเป็นการทดสอบการวิ่งด้วยลู่กล 27 นาที ผลการวิจัย พบว่า ตัวอย่างพบระดับกั้นแลคเตท 9 คน ซึ่งสามารถทำนายระดับกั้นแลคเตท 75 % สรุปผลการวิจัยได้ว่า โปรแกรมมีความแม่นตรงในการทดสอบเพื่อวัดระดับกั้นแลคเตท

เกอร์เซต และคณะ (Gjerset et al., 1997) ได้ศึกษาเรื่อง " การศึกษาความต้องการพลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในนักกีฬาระยะสั้น " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในนักกีฬาระยะสั้น และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบแบบในสนาม (Field Test) และในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Test) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติประเทศนอร์เวย์จำนวน 14 คน เป็นเพศชาย 9 คนและเพศหญิง 5 คน ผลการวิจัย พบว่า การใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในการวิ่งระยะสั้นและจุดเริ่มล้า การเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วและจุดเริ่มล้าในนักกีฬาระยะสั้น การทดสอบแบบในสนาม และในห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์กัน

เฮลด์ และคณะ (Held et al., 1997) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการวัดความทนทานของนักกีฬาแบบในสนาม (Field Test) และในห้องปฏิบัติการ(Laboratory Test) " มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการวัดความทนทานของนักกีฬาแบบในสนามและในห้องปฏิบัติการ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติสวิสเซอร์แลนด์จำนวน 27 คน เป็นเพศชาย 16 คนและเพศหญิง 11 คน ในสนามดำเนินการทดสอบแบบวิ่งบนพื้นราบ-ขึ้น-ลงเขาในป่า ส่วนในห้องปฏิบัติการใช้วิธีการทดสอบแบบลู่กล ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนในการทดสอบแบบในสนามและในห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.92 การทดสอบแบบในสนามและในห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์กันในระดับ 0.89

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบจุดเริ่มล้า สรุปได้ดังนี้

1. จุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) คือ จุดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงระบบพลังงานจากการใช้ออกซิเจนไปสู่ระบบการไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจุดนี้มีกรดแลคติกสะสมประมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร โดยที่ภาวะหลังการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดการสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วในปริมาณมาก อันมีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกาย

2. การทดสอบจุดเริ่มล้ามี 2 วิธี คือ

2.1 วิธีการทดสอบทางตรง (Invasive) คือ การนำตัวอย่างของเลือดจากร่างกายผู้เข้ารับการทดสอบมาวิเคราะห์ มีข้อดีคือให้ผลการวัดกรดแลคติกในร่างกายแม่นตรงสูง

2.2 วิธีการทดสอบทางอ้อม (Non – Invasive) คือ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงานที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างคงที่และต่อเนื่อง จนกระทั่งอัตราการเต้นของชีพจรเริ่มไม่สัมพันธ์กับความหนักของงาน จุดที่เริ่มไม่มีความสัมพันธ์นี้เรียกว่าจุดเริ่มล้า วิธีการทดสอบทางอ้อมมีข้อดีคือผลการทดสอบมีความสัมพันธ์กับจุดเริ่มล้าในระดับ 0.99 มีความรวดเร็ว ปลอดภัยและประหยัดกว่า

3. ผู้ฝึกสอนมีแนวคิดว่า วิธีการหาจุดเริ่มล้าโดยวิธีการทดสอบแบบทางอ้อมเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมเพื่อสามารถนำผลการทดสอบมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาต่อไป

4. วิธีการทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test) เป็นการทดสอบแบบทางอ้อมวิธีแรกซึ่งสามารถอธิบายจุดเริ่มล้าจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและความหนักของงานที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างคงที่และต่อเนื่อง จนกระทั่งอัตราการเต้นของชีพจรเริ่มไม่สัมพันธ์กับความหนักของงาน จุดที่เริ่มไม่มีความสัมพันธ์นี้หรือเกิดการหักเหของอัตราการเต้นของหัวใจ (Deflection Point) เรียกว่าจุดเริ่มล้า โดยที่การทดสอบแบบคอนโคนีสามารถทดสอบได้ทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ

5. อัตราการเต้นของหัวใจสามารถอธิบายจุดเริ่มล้าได้

6. เมื่อปริมาณงานเพิ่มขึ้นกรดแลคติกจะสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจ

7. วิธีการทดสอบแบบ วี – สโลป (V – Slope) สามารถหาจุดเริ่มล้าได้

8. การทดสอบหาจุดเริ่มล้าสามารถดำเนินการได้ทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ

ในขณะเดียวกันมีแนวคิดและผลงานวิจัยในต่างประเทศที่ขัดแย้งกับแนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบจุดเริ่มล้าโดยวิธีทางอ้อม เช่น แนวคิดขัดแย้งกับวิธีการทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้าแบบทางอ้อมโดย แวน แฮนเดล (Van Handel) โดย “ การทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test) พบว่า มีการวิจัยหลายครั้งที่ผิดพลาดเนื่องมาจากการทดสอบหาจุดเริ่มล้าในการทดสอบแบบภาคสนาม (Field Test) ซึ่งไม่สามารถควบคุมความหนักของงานแต่ละช่วงเวลาให้คงที่ ขาดความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์หรือขาดเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบ แต่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยดำเนินการทดสอบกับเครื่องมือที่ควบคุมความหนักของงานแต่ละช่วงเวลาได้ เช่น การใช้ลู่กลในการควบคุมความหนักของงาน การใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจในการวัดแต่ละช่วงซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการหาจุดเริ่มล้า เช่น “ การหาระดับจุดเริ่มล้าโดยวิธีการของ

คอนโคนี (Conconi Test) มีผลการวิจัยหลายเรื่องที่ทำการทดสอบหาระดับจุดเริ่มล้าโดยใช้วิธีดังกล่าว ผลการวิจัย พบว่า " ระดับจุดเริ่มล้าไม่มีความสัมพันธ์กับระดับอัตราการเต้นของชีพจร แต่จากผลการวิจัยยอมรับว่านักกีฬาที่มีความสามารถสูงจะชะลอการเกิดจุดเริ่มล้าได้ดีกว่า " (http : //www.lactate. com/lacthrt.html, 1999)

สำหรับผลงานวิจัยที่พบความแตกต่างระหว่างการทดสอบจุดเริ่มล้า ในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ คือ ผลงานวิจัยของ สมิธ (Smith ,1995) ได้ศึกษาเรื่อง " การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าระหว่างการทดสอบในสนามและห้องปฏิบัติการ " มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าระหว่างการทดสอบในสนามและห้องปฏิบัติการ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน เป็นเพศชาย 14 คนและเพศหญิง 4 คน วิธีการวัดระดับจุดเริ่มล้าคือการวิ่งในระยะทาง 5 กิโลเมตร โดยที่การทดสอบในสนามใช้วิธีการวิ่งในลู่วิ่งซึ่งไม่สามารถควบคุมความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ที่เพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเวลาในการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างได้ ส่วนการทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบโดยใช้ลู่กลซึ่งสามารถควบคุมความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ที่เพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเวลาในการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างได้ บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุก ๆ 20 วินาที และการวิเคราะห์ระดับจุดเริ่มล้าโดยใช้วิธี วี-สโลป (V-Slope) ผลการทดสอบ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับจุดเริ่มล้าของการทดสอบในสนาม 178.00 ครั้งต่อนาที ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับจุดเริ่มล้าในห้องปฏิบัติการ 161.40 ครั้งต่อนาที เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่ากระบวนการวัดระดับจุดเริ่มล้าระหว่างการทดสอบในสนามและห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน

นอกจากนี้ โจนส์ (Jones , 1995) ได้ศึกษาเรื่อง " การขาดความน่าเชื่อถือในจุดเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจจากการทดสอบแบบคอนโคนี" เพื่อศึกษาความหน้าเชื่อถือของการทดสอบแบบคอนโคนี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกลระดับชาติเพศชาย 15 คนโดยศึกษาตามวิธีของคอนโคนี คือ วิเคราะห์จุดเริ่มล้าจากจุดที่อัตราการเต้นของชีพจรเปลี่ยนแปลงไป ผลการวิจัยพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างเพียง 6 คนที่พบการเกิดจุดเริ่มล้า กลุ่มตัวอย่างอีก 9 คนไม่สามารถวิเคราะห์จุดการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ

ประโยชน์ของการทราบระดับจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับประโยชน์ของการทราบระดับจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของการทราบการเกิดจุดเริ่มล้า ได้มีแนวคิดที่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ การทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test) (htt/www.brainmac. demon. co.uk,2000) เป็นการทดสอบซึ่งมีประโยชน์มากต่อผู้ฝึกสอนและนักกีฬาเพราะทำให้

ทราบระดับการเกิดจุดเริ่มล้าของนักกรีฑาระยะกลางและระยะไกล รวมถึงนักกีฬาประเภทอื่น ๆ สามารถทดสอบได้ เช่น นักจักรยาน นักฟุตบอล นักว่ายน้ำ ฯลฯ โดยข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์ต่อการสร้างโปรแกรมการฝึกทำให้นักกีฬาประสบความสำเร็จในการแข่งขัน เพื่อพัฒนาศักยภาพนักกีฬาต่อไป การทราบระดับจุดเริ่มล้ามีประโยชน์ ดังนี้

1. การทราบจุดเริ่มล้า ทำให้ทราบจุดเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วเพราะเป็นจุดเริ่มทำลายออกซิเจน เป็นจุดเริ่มที่กล้ามเนื้อพร้อมจะหยุดทำงานเพราะความเมื่อยล้า

2. ทำให้ผู้ฝึกสอนสามารถทำนายความสามารถของนักกีฬาในการฝึกซ้อม และการแข่งขัน พร้อมกับทราบว่าควรดำเนินการอย่างไรกับนักกีฬา นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความเร็วในการฝึกและการแข่งขันของนักกีฬาแต่ละคนได้

3. ผู้ฝึกสอนสามารถค้นพบความเร็วช่วงจังหวะของนักกีฬาโดยพิจารณาจากจุดเริ่มล้า

4. ผู้ฝึกสอนสามารถใช้ในการประเมินผลโปรแกรมการฝึกซ้อมในทุก ๆ 2-3 เดือน

5. ผู้ฝึกสอนสามารถใช้ฝึกนักกีฬาเพื่อพัฒนาความเร็วช่วงสุดท้ายได้

6. ผู้ฝึกสอนสามารถเข้าใจสมรรถภาพนักกีฬาแต่ละคนเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจหลังการฟื้นตัว ความต้องการระยะเวลาในการพักแต่ละคนที่สามารถประกอบกิจกรรมได้อีกครั้งอย่างเต็มที่

นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับประโยชน์ของการทราบการเกิดจุดเริ่มล้า ยังมีผู้วิจัยในต่างประเทศ ได้เสนอผลงานวิจัยซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดประเด็นดังกล่าว ดังนี้

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาประโยชน์ของการทราบระดับจุดเริ่มล้าคือผลงานวิจัยของ วิป และคณะ (Whipp et.al.,1989) ได้ศึกษาเรื่อง “ การสรุปผลการทดสอบของพลังงานแอนโรบิกขณะออกกำลังกาย ” โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาอาสาสมัครจำนวน 40 คนดำเนินการทดสอบโดยวิ่งบนลู่กล 30 นาที ผลการวิจัย พบว่าในขณะที่ร่างกายทำงานแบบแอโรบิก อัตราการเต้นของหัวใจจะค่อนข้างสมดุลแต่เมื่องานเพิ่มขึ้นร่างกายจะมีการเปลี่ยนระบบพลังงานเป็นแบบแอโรบิก เนื่องมาจากการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นและมีไม่พอต่อความต้องการภาวะนี้จะทำให้นักกีฬาล้า ดังนั้น นักกีฬาที่มีความสมบูรณ์เพื่อทำงานในภาวะความหนักเดียวกันจะไม่สามารถพบจุดเริ่มล้าได้

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของการทราบการเกิดจุดเริ่มล้า สรุปได้ดังนี้

ทำให้ผู้ฝึกสอนทราบข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถของนักกีฬาแต่ละคน เพื่อนำมาประกอบการจัดโปรแกรมในการฝึกเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาต่อไป และการทราบจุดเริ่มล้าของแต่ละคนสามารถบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายได้

โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า ได้มีแนวคิดที่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ จุดเริ่มล้าเป็นจุดที่ภาวะร่างกายเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วในปริมาณมาก ร่างกายสามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าได้จากโปรแกรมการฝึกในระดับ 85 – 95 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดหรือสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจในระดับจุดเริ่มล้าประมาณ 20 ครั้งต่อนาที (http:// www.brainmac.demon.co.uk/ energy. html,2003) อย่างไรก็ตามโปรแกรมการฝึกต้องวางแผนดำเนินการฝึกอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาเซลกล้ามเนื้อ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและทำให้เกิดการพัฒนาจุดเริ่มล้าต่อไป (http://www.brainmac.demon.co.uk/lactic.html, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด คอนโคนี (Conconi) ที่กล่าวถึง " โปรแกรมการฝึกที่มีความหนักในระดับที่เหมาะสม สามารถพัฒนาระยะเวลาอัตราการเกิดกรดแลคติกอย่างรวดเร็วหรือสภาวะการเกิดจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) " (http://www.cakus .com,2000) ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่สอดคล้องกันในการสร้างโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดจุดเริ่มล้าดังนี้

1. โปรแกรมการฝึกพลังงานสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ความหนักของโปรแกรมสูงปริมาณการฝึกน้อยและต้องอาศัยระยะเวลาในการพักมากเพื่อการฟื้นตัวของร่างกาย

2. โปรแกรมการฝึกพลังงานสูงสุดแบบใช้ออกซิเจน ฝึกการใช้ออกซิเจนด้วยงานปานกลางอย่างต่อเนื่อง หรือความหนักของงานสูงกว่าแต่มีการฝึกเป็นช่วงโดยมีระยะเวลาพัก (http://www.brainmac.demon.co.uk/ power. html,2003)

3. โปรแกรมการฝึกที่สามารถพัฒนาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าที่ดี ควรมีความหนักประมาณ 85 – 95 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

4. โปรแกรมการฝึกที่สามารถพัฒนาความสามารถในการทำงานแบบการใช้ออกซิเจนที่ดี ควรมีความหนักประมาณ 60 – 75 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (http://www .roadrunner.sport.com,2001)

สำหรับการฝึกแอโรบิกแบบฝึกเป็นช่วงที่มีผลต่อความทนทานของร่างกาย (http://www. health fitness.wellness.com,2001) มีแนวคิดว่า " การจัดโปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วงและมีระยะเวลาในพักสั้น ที่ความหนักประมาณ 70 – 80 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดสามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าได้ การพัฒนาจุดเริ่มล้าจะทำให้พัฒนาความสามารถความเร็วแบบแอโรบิกอันทำให้ประสิทธิภาพของนักกีฬาเพิ่มขึ้น " ซึ่งสอดคล้องกับ โปรแกรมการฝึกมาราธอนแบบเป็นช่วงในระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Marathorn Running Phase Three : Running Interval at VO_2 Maximum) (http //www.runningonline.com,2000) นอกจากนี้ยังมีแนวคิดในการจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า โดยมุ่งหวังให้นักกีฬาใช้ออกซิเจนอย่างเพียงพอ เช่น การฝึกเป็นช่วงของระยะ 400 เมตร ควรใช้ความเร็วสูงกว่าความเร็วจากการทำงานแบบแอโรบิก 100 % อาจมีโปรแกรมการวิ่งขึ้นเนินเขาสลับกับการฝึกในระดับจุดเริ่มล้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โปรแกรมดังกล่าวมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1. ระยะเวลาในการพักควรสั้น
2. ในสภาวะการพักควรใช้วิธีพักแบบเคลื่อนที่ (Active Rest) เช่น การวิ่งเบา ๆ การเดิน
3. โปรแกรมการฝึกควรเพิ่มจำนวนครั้งในการฝึกให้มากขึ้น
4. โปรแกรมการฝึกควรเพิ่มความเร็วในการฝึกให้เร็วขึ้น

ในระหว่างการฝึกผู้ฝึกสอนควรยึดหลักการ " ไม่รีบ ไม่เร่ง " เนื่องจากจะทำให้นักกีฬาเมื่อยล้าง่าย และในขณะวิ่งนักกีฬาควรสงวนพลังงานโดยใช้ความเร็วในการวิ่งที่เหมาะสมกับตนเอง

นอกจากนี้ยังมีแนวคิดของการจัดโปรแกรมการฝึกความทนทานเพื่อพัฒนาความทนทานของร่างกายโดยใช้โปรแกรมการฝึกแบบวิ่งต่อเนื่อง (Continuous Training) และแบบเป็นช่วง (Interval Training) (http://www.Brainmac.demon.co.uk,2001) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความทนทานและระดับการเกิดจุดเริ่มล้า ดังนี้

1. โปรแกรมการฝึกระดับกั้นของการใช้พลังงานแอโรบิก (Aerobic Threshold) ฝึกประมาณ 75 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความทนทานแบบไม่ใช้พลังงานแอนแอโรบิก (Anaerobic Endurance) และระดับการเกิดจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ฝึกในระดับความหนักสูงและมีระยะเวลาพักที่เหมาะสม

3. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็วแบบทนทาน (Speed Endurance) ฝึกแบบเป็นชุดประมาณ 85 % ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในระยะทาง 60 – 120 % ของระยะทางที่แข่งขัน

4. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงแบบทนทาน (Strength Endurance) ฝึกโดยการใช้น้ำหนัก (Weight Training) เป็นสถานี (Circuit Training) หรือการวิ่งขึ้นเขา ฯลฯ

นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าตามแนวคิดของ เจอรี เดวิส (Jerry Devis) (http://www.doilsports. com,2000) ดังนี้

1. " Intensive Repettition " มีความหนักประมาณ 100 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ในระยะเวลา 30 – 60 วินาที โดยมีระยะเวลาพักให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า 70 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2. " Intensive Endurance " มีความหนักประมาณ 80 – 93 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ในระยะเวลา 20 – 45 วินาที โดยมีระยะเวลาพักให้อัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

3. " Extensive Endurance " มีความหนักประมาณ 70 – 80 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระยะเวลาในการฝึกประมาณระยะเวลาตั้งแต่เริ่มใช้ออกซิเจนจนถึงการเกิดจุดเริ่มล้า

โปรแกรมการฝึกตามแนวคิดของเดวิส ยังสอดคล้องกับกระบวนการในการฝึก (Method of Training) (http//www.earthlink.net,1998) มีดังนี้

1. โปรแกรมการฝึกในระดับสูงกว่าจุดเริ่มล้า เป็นโปรแกรมการฝึกที่มีความหนักมากโดยที่อัตราการเต้นของหัวใจจะสูงกว่าระดับการเกิดจุดเริ่มล้าประมาณ 5 – 10 ครั้งต่อนาที ระยะเวลาในการฝึกประมาณ 2 – 4 นาที และมีช่วงพักระหว่างเที่ยวประมาณ 45 วินาที แต่ไม่ควรเกิน 2 นาที

2. โปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วง (Interval Training) เป็นโปรแกรมการฝึกที่มีความหนักประมาณ 90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจในระดับจุดเริ่มล้า ระยะเวลาในการฝึกรวมทั้งหมดประมาณ 1 ชั่วโมง อาจเสริมโปรแกรมการฝึกวิ่งขึ้นเนินเขาเพื่อสร้างพลังและการวิ่งบนพื้นราบเพื่อสร้างความเร็ว

3. โปรแกรมการฝึกความทนทาน (Endurance Training) เป็นโปรแกรมการฝึกที่มีความหนักประมาณ 65 % ของอัตราการเต้นของหัวใจในระดับจุดเริ่มล้า ระยะเวลาในการฝึกประมาณ 2 ชั่วโมง

โปรแกรมการฝึกนักกรีฑาระยะ 400, 800 และ1500 เมตร เพื่อพัฒนาความเร็วและความแข็งแรงสูงสุด ในขณะเดียวกันก็สามารถพัฒนาความทนทานในการวิ่งของนักกีฬาประเทศออสเตรเลีย มีดังนี้ (http://www.oztrack.com.iacnld. html,2000)

<u>กระบวนการฝึกในระยะทั่วไป (4 สัปดาห์)</u>

โปรแกรมการฝึกเบา เป็นการวิ่งทางไกลโดยเน้นระบบพลังงานแบบการใช้ออกซิเจนมีการสไตท์เร็ว

กระบวนการฝึกในระยะพื้นฐาน (12 สัปดาห์)

โปรแกรมการสร้างพลังงานแบบการใช้ออกซิเจน โดยการวิ่งระยะทาง 6 – 10 กิโลเมตร ด้วยความเร็วแตกต่างกัน และการวิ่งทางไกล โดยให้มีระยะทางรวมประมาณ 60 – 100 กิโลเมตร ต่อสัปดาห์

โปรแกรมการสร้างพลังงานแบบการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยการวิ่ง 6 x 800 เมตร พักแต่ละเที่ยว 1 นาที

เสริมโปรแกรมพัฒนาความเร็วในภาวะจุดเริ่มล้าเล็กน้อย เช่น การวิ่งเร็ว 60 เมตร

โปรแกรมสร้างสมรรถภาพทางกายแบบการใช้น้ำหนัก (Weight Training) หรือเป็นสถานี (Circuit)

โปรแกรมการฝึกระยะนี้มุ่งเน้นการพัฒนาความทนทานแบบการใช้พลังงานจากออกซิเจน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพื่อสามารถวิ่งด้วยความเร็วในระยะเวลานาน ๆได้ โดย ต้องการให้นักกีฬาวิ่งในระยะทาง 400 – 800 เมตร แบบสบายได้อย่างเต็มที่ เช่น ไมเคิล จอห์นสัน (Michael Johnson) วิ่งในระยะทาง 400 เมตรด้วยเวลา 49.50 วินาที หรือ เมเรียน โจน (Marion Jones)วิ่งในระยะทาง 400 เมตรด้วยเวลา 56.00 วินาที แบบสบาย โปรแกรมการฝึกระยะนี้ไม่เน้นความทนทานแบบการไม่ใช้ออกซิเจนและยังไม่มีโปรแกรมการฝึกความเร็วสูงสุดเนื่องจากจะทำให้นักกีฬาเหนื่อยเกินไป

กระบวนการฝึกในระยะก่อนหน้าฤดูกาล(12 สัปดาห์)

โปรแกรมการฝึกจะเพิ่มความหนักและความแข็งแรง เช่น การฝึกแบบการใช้น้ำหนัก (Weight Training) การวิ่งขึ้นเนินเขาที่ระดับความชัน 17 % ระยะ 100 เมตร จำนวน 16 เที่ยวโดยพักระหว่างเที่ยว 90 วินาที

โปรแกรมการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนเสริมเล็กน้อยแต่ยังไม่มีโปรแกรมการฝึกในภาวะไม่ใช้ออกซิเจนในระดับความหนักของงานสูง โปรแกรมระยะนี้ปริมาณการฝึกจะเริ่มลดลง ความหนักของโปรแกรมจะเพิ่มขึ้น แต่มีข้อควรจำว่า โปรแกรมการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงแรกมีผลทำให้ประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกแบบใช้ออกซิเจนลดลง

กระบวนการฝึกในระยะก่อนฤดูกาล (12 สัปดาห์)

โปรแกรมการฝึกจะเริ่มใกล้เคียงกับการแข่งขันในแต่ละระยะ โดยที่โปรแกรมระยะนี้ปริมาณการฝึกจะเริ่มลดลง โปรแกรมการฝึกความเร็วและความหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น เช่น การฝึกระยะทาง 200 – 400 เมตร ในขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงโปรแกรมการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน โดยลดปริมาณลงเพื่อเพิ่มคุณภาพของโปรแกรมการฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้เพิ่มขึ้น

กระบวนการฝึกในระยะสูงสุดก่อนฤดูกาล (8 สัปดาห์)

โปรแกรมการฝึกจะลดปริมาณการฝึกลง แต่ยังต้องคำนึงถึงโปรแกรมการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนโดยแทรกในการวอร์มก่อนหรือหลังการฝึก เช่น การวิ่งทางไกล โปรแกรมนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความทนทานแบบเฉพาะเจาะจง (Spescific Endurance) และพัฒนาความเร็วในระยะ 400 เมตร เช่นโปรแกรมการฝึกวิ่งในระยะ 100 เมตร จำนวน 2 เที่ยวโดยพักแต่ละเที่ยว 15 นาที ระยะ 800 เมตร จำนวน 3 เที่ยวโดยพักแต่ละเที่ยว 15 นาที ระยะ 400 เมตร จำนวน 3 เที่ยว โดยพักแต่ละเที่ยว 20 นาที หรือระยะ 200 เมตร จำนวน 3 เที่ยว 3 ครั้ง โดยพักแต่ละเที่ยวและแต่ละครั้ง 30 วินาที โปรแกรมนี้เหมือนสถานการณ์ในการแข่งขัน เน้นการผ่อนคลายในการวิ่งแต่ละช่วง

กระบวนการฝึกในระยะฤดูกาล (6 สัปดาห์)

จุดมุ่งหมายของโปรแกรมเพื่อแข่งขัน โดยที่โปรแกรมการพัฒนาความสามารถแบบไม่ใช้ออกซิเจนในโปรแกรมการฝึกวิ่งระยะ 400 เมตร เวลาในการวิ่งต้องตรงกับเวลาเป้าหมาย ดังนั้นนักกีฬาต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์เพื่อใช้ในการวิ่ง 800 – 1500 เมตรในการแข่งขัน

ในระยะนี้โปรแกรมการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนที่ได้รับการฝึกจากช่วงแรกจะช่วยลดภาวะความเมื่อยล้าได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมการฝึกซึ่งนำแนวความคิดเกี่ยวกับกรดแลคติกที่มีผลต่อระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจนโดยหลักของโปรแกรมการฝึกนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า “ การฝึกในระดับความเร็วสูงจะลดปริมาณความสามารถในการใช้ออกซิเจน ” ถ้าผลการวิจัยนี้ถูกต้องจะทำให้เกิดปัญหาต่อนักกีฬา เพราะต้องการใช้ระบบพลังงานแบบการใช้ออกซิเจนที่มีประสิทธิภาพด้วย เช่น โปรแกรมการฝึก 400 เมตร จำนวน 6 เที่ยว ในนักกรีฑา 800 และ 1500 เมตร โปรแกรมการฝึกนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมในร่างกายสูง แต่ปัญหาจากโปรแกรมการฝึกนี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำผลการวิจัยซึ่งพบว่า “ โปรแกรมการฝึกระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพในช่วงแรกของโปรแกรมสามารถแก้ปัญหาสภาวะการเกิดกรดแลคติกสูงในโปรแกรมการฝึกที่มีความเร็วหรือความหนักสูง ”

นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า ยังมีผลงานวิจัยในต่างประเทศได้เสนอผลงานวิจัยซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว ดังนี้

งานวิจัยในต่างประเทศ

กิบบอนส์ (Gibbons , 1981) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการฝึกโปรแกรมความหนักต่างกันที่มีต่อจุดเริ่มล้า ความสามารถในการใช้พลังแบบออกซิเจนและความสามารถในการใช้ออกซิเจน " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกที่ความหนักระดับความหนักเหนือระดับจุดเริ่มล้า 40% ระดับจุดเริ่มล้า และระดับต่ำกว่าจุดเริ่มล้า 40% ระดับจุดเริ่มล้า โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 29 คน ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อแบ่งกลุ่มทดลองโดยการใช้โปรแกรมแบบลู่กลของบัลกี (Balke) เพื่อหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดำเนินการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อฝึกโปรแกรมที่ระดับความหนักเหนือระดับจุดเริ่มล้า 40% ระดับจุดเริ่มล้า และระดับต่ำกว่าจุดเริ่มล้า 40% ดำเนินการฝึกบนลู่กลโดยสามารถให้อัตราการเต้นของหัวใจแปรผันได้ในช่วงบวกและลบ 5 ครั้งต่อนาที ดำเนินการฝึก 4 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า จุดเริ่มล้ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมระดับความหนักเหนือระดับจุดเริ่มล้า 40% และระดับต่ำกว่าจุดเริ่มล้า 40 % กลุ่มตัวอย่างสามารถเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนในเพศหญิงจากโปรแกรมการฝึกระดับความหนักเหนือระดับจุดเริ่มล้า 40% ระดับจุดเริ่มล้า และระดับต่ำกว่าจุดเริ่มล้า 40% ระดับจุดเริ่มล้า

ปีรอม และคณะ (Peroumt et.al., 1987) ได้ศึกษาเรื่อง " ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกั้นการหายใจและความทนทานของนักวิ่งมาราธอน " โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬาประเภทมาราธอน ผลการวิจัย พบว่า การฝึกความทนทานทำให้ระดับกั้นของการหายใจสูงขึ้นทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น

แมคเลลลาน (Mclellan , 1982) ได้ศึกษาเรื่อง " ความมีนัยสำคัญของระดับกั้นแอโรบิกและแอนแอโรบิกที่มีต่อความสามารถและการฝึก " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโปรแกรมการฝึกที่แตกต่างกัน มีผลต่อความสามารถของจุดที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้าและจุดเริ่มล้า และความสามารถในการทำงานแบบทนทาน การทดลองเบื้องต้นใช้จักรยานในการทดสอบที่ความหนัก 30 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างในการทดลองให้เหมาะสม ในโปรแกรมการฝึกความทนทานแบบต่อเนื่อง เมื่อดำเนินการเปรียบเทียบจุดเริ่มการใช้ออกซิเจน จุดเริ่มล้าและสภาวะการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การฝึกความทนทานที่ความหนักสูงแบบเป็นช่วงมีผลทำให้การเกิดจุดเริ่มล้าช้าลง ในโปรแกรมการฝึกความหนักของงานระดับที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้าจนถึงสภาวะการใช้ออกซิเจนสูงสุดและในการฝึกความหนักของงานระดับสภาวะการใช้ออกซิเจนสูงสุดจนถึงระดับจุดเริ่มล้า พบว่า ความทนทานไม่มีความแตกต่างกัน ในโปรแกรมการฝึกความทนทานแบบต่อเนื่องและแบบเป็นช่วงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า จุดที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้าเพิ่มในโปรแกรมการฝึก

ความทนทานแบบต่อเนื่องแต่โปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วงไม่เปลี่ยนแปลง ระดับการเกิดจุดเริ่มล้าเกิดช้าลงในโปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วง แต่โปรแกรมการฝึกความทนทานแบบต่อเนื่องไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นสามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า โปรแกรมการฝึกความทนทานแบบต่อเนื่องพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจน โปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วงพัฒนาความสามารถระดับการเกิดจุดเริ่มล้า

อินทรานนท์ (Intaranont , 1983) ได้ศึกษาเรื่อง " การประเมินผลระดับการเกิดจุดเริ่มล้าจากความสามารถในการยกน้ำหนัก " มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับการเกิดจุดเริ่มล้าและการใช้ออกซิเจนสูงสุดในขณะที่ร่างกายทำงาน แบบการใช้แขนหมุน การขี่จักรยานและการยกน้ำหนัก และเพื่อศึกษาการพัฒนาการยกน้ำหนักโดยใช้เกณฑ์ในระดับจุดเริ่มล้าของแต่ละคน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย มีอายุ 19 – 27 ปี ดำเนินการฝึกโปรแกรมที่ความหนักต่ำกว่าระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถในการทำงานแบบการใช้ออกซิเจน และโปรแกรมการฝึกที่ความหนักระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถของร่างกายในการพัฒนาจุดเริ่มล้า เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่า โปรแกรมการฝึกที่ความหนักต่ำกว่าระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด และมีปริมาณที่คงที่สามารถ ใช้ในการพัฒนาการทำงานแบบการใช้ออกซิเจนของร่างกาย และการเกิดจุดเริ่มล้าขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละคน

ลาฟอนเทน (Lafontaine,1983) ได้ศึกษาเรื่อง " ประสิทธิภาพของความหนักและคุณภาพของโปรแกรมการฝึกที่มีต่อระดับแอโรบิกและแอนแอโรบิก " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการฝึกที่ปริมาณและความหนักต่างกัน ของนักกรีฑาที่มีต่อการใช้ออกซิเจนในร่างกายและระดับการเกิดจุดเริ่มล้า โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ดำเนินการทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและจุดเริ่มล้า ดำเนินการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อฝึกตามโปรแกรมระยะทาง 15 – 30 ไมล์/สัปดาห์ โปรแกรมการฝึกมีความหนัก 3 ระดับ คือ ระดับที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้า ระดับสูงกว่าที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้า 20% และระดับจุดเริ่มล้า ดำเนินการฝึก 5 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมการฝึกในระดับสูงกว่าที่สภาวะการทำงานของร่างกายสามารถทำงานได้ก่อนจะเกิดจุดเริ่มล้า 20 % พัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจน

รีดี และคณะ (Ready et.al., 1982)ได้ดำเนินการศึกษาเรื่อง " การเปลี่ยนแปลงในจุดเริ่มล้าที่มีผลต่อการฝึกความทนทานและการฝึกลดลง" โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยาน ดำเนินการ ศึกษาโดยใช้จักรยานที่ความหนักในระดับจุดเริ่มล้า 10 สัปดาห์ๆละ 3 วัน ผลการวิจัย พบว่า การฝึกในระดับจุดเริ่มล้า มีผลทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจน และความทนทานของร่างกายลดลง

ครีมินสกีและคณะ (Krzeminski et.al., 1989) ได้ศึกษาเรื่อง " การเปลี่ยนแปลงในระบบการไหลเวียนโลหิต ในสภาวะการออกกำลังกายต่ำกว่าระดับสูงสุดระหว่างความทนทานที่ความดันต่ำกับการฝึกแบบเป็นช่วง" โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ผลการวิจัย พบว่า ในการฝึกความทนทานมีผลต่อการพัฒนาจุดเริ่มล้าได้ทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตมีประสิทธิภาพดีขึ้น ลดภาวะการเกิดจุดเริ่มล้าอย่างรวดเร็ว

ซัวมูรี (Suemure , 1991) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการฝึกโดยการขี่จักรยานที่มีต่อระดับการกั้นแลคเตท และการวักการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างการใช้ขา และแขนปั่นจักรยาน " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการฝึก โดยการขี่จักรยานที่มีต่อระดับการเกิดจุดเริ่มล้า และการฝึกโดยการใช้แขนและขาที่มีต่อการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัย พบว่า เมื่องานเพิ่มขึ้นระดับกรดแลคติกในร่างกายจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรง และในการฝึกที่ความหนักระดับการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็วโดยการใช้แขนและขาไม่มีผลต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

เบอรี (Buhre ,1992) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของการออกกำลังกาย 60 นาทีที่ความหนักระดับกั้นแลคเตทและจุดเริ่มล้าของแต่ละคน ที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิต " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจจากโปรแกรมการฝึก ในระดับการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว และ ในระดับจุดเริ่มล้า โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งครอส คันทรี (Crouse Country) จำนวน 8 คน ดำเนินการฝึกแบบวิ่งบนลู่กล ในแต่ละครั้ง 60 นาที ผลการวิจัย พบว่า ผลการฝึกโปรแกรมการฝึกในระดับการเริ่มสะสมกรดแลคติกอย่างรวดเร็ว และ ในระดับจุดเริ่มล้าไม่มีความแตกต่างกันในการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิต

เดวิส และคณะ (Davis et.al., 1994) ได้ศึกษาเรื่อง " การเปลี่ยนแปลงระดับจุดเริ่มล้าที่มีต่อโปรแกรมการฝึกความทนทานในนักกีฬาเพศชายวัยกลางคน " โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักกีฬาอาสาสมัครเพศชายวัยกลางคนจำนวน 20 คน ดำเนินการศึกษาโดย ใช้ความหนักในระดับจุดเริ่มล้าต่างกัน ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมการฝึกจุดเริ่มล้าในระดับต่างๆมีผลต่อประสิทธิภาพความทนทานของนักกีฬาเพศชายวัยกลางคน

ปิซซา และคณะ (Pizza et al., 1994)ได้ศึกษาเรื่อง " โปรแกรมการฝึกและความสามารถในการทำงานในภาวะไม่ใช้ออกซิเจน " มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมการฝึกให้ร่างกายมีความสามารถในการทำงานในภาวะไม่ใช้ออกซิเจน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ดำเนินการฝึกโปรแกรมการฝึกความต้านทานโดยใช้น้ำหนัก กลุ่มที่ 2 ดำเนินการฝึกโปรแกรมการฝึกความทนทาน นำผลจากการฝึกมาเปรียบเทียบกันเมื่อร่างกายทำงานในภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ผลการวิจัย พบว่า สภาวะการเป็นหนี้ออกซิเจนหรือสภาวะการทำงานไม่ใช้ออกซิเจนในภาวะหลังการฝึกโปรแกรมการฝึกทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกัน

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า สรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมการฝึกในระดับความหนัก ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระดับความหนักประมาณ 85 – 95 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และโปรแกรมการฝึกความทนทานสามารถพัฒนาจุดเริ่มล้า

2. โปรแกรมการฝึกในระดับ 60 – 75 % ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด โปรแกรมการฝึกที่ระดับความหนักต่ำกว่าจุดเริ่มล้าและต่ำกว่าระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีปริมาณคงที่สามารถพัฒนาระบบการใช้ออกซิเจนได้

3. โปรแกรมการฝึกที่เป็นหนี้ออกซิเจนหรือแอนแอโรบิก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน

4. การสร้างโปรแกรมการฝึกในระยะแรก ต้องพัฒนาระบบการใช้พลังงานจากออกซิเจนให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากช่วยลดการสะสมกรดแลคติกในขณะทำงาน ทำให้ลดภาวะความเมื่อยล้าของร่างกายได้

โปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า ได้มีแนวคิดที่สอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ โปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold Workouts) (http://www. spinalhealth. net, 2000) มีแนวคิดที่เกิดจากหลักการวัดจุดเริ่มล้าของคอนโคนี (Conconi Test) หลังจากนั้นได้นำมาประยุกต์เป็นโปรแกรมการฝึก ดังนี้ การทดลองเบื้องต้นดำเนินการทดสอบจุดเริ่มล้าแบบวิธีการของคอนโคนี แล้วจัดโปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้าให้กับนักจักรยานชื่อโมเซอร์ (Moser) ชาวอิตาลี จนทำให้โมเซอร์เป็นนักจักรยานที่ประสบความสำเร็จในเวลาต่อมา นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดโปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า ยังมีผลงานวิจัยในต่างประเทศซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว คือ รุสโก (Rusko , 1992) ได้ศึกษาเรื่อง " การพัฒนาพลังแบบแอโรบิกที่สัมพันธ์กับอายุและโปรแกรมการฝึกนักสกีข้ามประเทศ " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักสกีข้ามประเทศ ผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมการฝึกที่ความหนักระดับจุดเริ่มล้ามีผลต่อการใช้ออกซิเจนสูงสุด

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกในระดับจุดเริ่มล้า สรุปได้ดังนี้

โปรแกรมการฝึกที่มีความหนักในระดับจุดเริ่มล้าสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจุดเริ่มล้าซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวัดกรดแลคติก ได้มีแนวคิดที่เกี่ยวข้องดังเช่น วาโก และคณะ (Vago et al, 1987) ได้กล่าวใน " Is ventilalory anaerobic threshold a good index of endurance capacity ? " ดังนี้ "มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจุดเริ่มล้ากับการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยที่เปอร์เซ็นต์ของการใช้ออกซิเจนสูงสุดอยู่ในระดับ 0.52 และเวลาของความทนทานอยู่ในระดับ 0.74

เฮลจีรูด (Helgerud, 1994) ยังได้กล่าวถึงเพศชายและเพศหญิง ในการแข่งขันวิ่งมาราธอนจะมีผลต่อการใช้ออกซิเจนสูงสุดและระดับของจุดเริ่มล้า

นอกจากนี้ยังมีการกล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้าอีก (http/www.brainmac. demon. co.uk,2000)

1. ปริมาณของสารอาหารและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมคาร์โบไฮเดรต มีอิทธิพลต่อการวัดกรดแลคติก
2. ปริมาณของสารอาหารกลุ่มโปรตีนและไขมัน ไม่มีอิทธิพลต่อการวัดปริมาณกรดแลคติก แต่จะมีอิทธิพลเมื่อสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตหมดไป
3. สารอาหารหรือเครื่องดื่มประเภทแอล์กอฮอล์มีอิทธิพลต่อการวัดกรดแลคติก
4. สารอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนมีอิทธิพลต่อการเพิ่มระดับกรดแลคติกและทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น ควรงดก่อนการทดสอบประมาณ 90 นาที
5. สภาวะการฝึกหรือการแข่งขันอย่างหนักมาก่อนมีอิทธิพลต่อการวัดกรดแลคติก

นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้า ยังมีผู้วิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศได้เสนอผลงานซึ่งมีความสอดคล้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้าเพียงเรื่องเดียว คือ งานวิจัยของ อาภัสรา อัครพันธ์ (2531) ได้ศึกษาเรื่อง " จุดเริ่มล้าในนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกล " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา ผลการวิจัย พบว่า นักกรีฑาระยะสั้นมีความสัมพันธ์กับจุดเริ่มล้าและไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้าจำนวนมาก ดังต่อไปนี้

ฮักเฮสและคณะ (Hughes et al., 1982) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของการใช้กลัยโคเจนและความเร็วที่มีต่อจุดเริ่มล้า " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ดำเนินการทดสอบโดยใช้จักรยานเพื่อวัดความสามารถในการทำงาน ผลการวิจัย พบว่าปริมาณงานที่หนักและรวดเร็วร่างกายจะใช้พลังงานจากกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน และทำให้เกิดจุดเริ่มล้าและน้ำหนักของร่างกายมากจะใช้พลังงานมากกว่าคนมีน้ำหนักของร่างกายน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบในระดับความหนักของงานเท่ากัน

คูเปอร์ (Cooper , 1984) มีผลงานวิจัยที่สอดคล้องกับ ฮักเฮส และคณะ โดยศึกษาเรื่อง " การออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อน้ำหนักร่างกายและการเจริญเติบโต " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทั่วไป ผลการวิจัย พบว่า น้ำหนักของร่างกายมีอิทธิพลต่อการเกิดจุดเริ่มล้า

ดีเมลโล (Demello , 1985) ได้ศึกษาเรื่อง " อัตราส่วนของจุดเริ่มล้าของการฝึกและไม่มีการฝึกในเพศหญิงและเพศชาย " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับจุดเริ่มล้า เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างเพศที่มีผลต่อระดับการเกิดจุดเริ่มล้า และเพื่อศึกษาการสะสมกรดแลคติกในร่างกาย โดยกลุ่มตัวอย่างมีทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 40 คน ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองและควบคุมในเพศชาย กลุ่มทดลองและควบคุมในเพศหญิง ผลการวิจัย พบว่า ความแตกต่างระหว่างเพศไม่มีผลต่อระดับการเกิดจุดเริ่มล้า และในการศึกษาการสะสมกรดแลคติกในร่างกาย พบว่า มีการสะสมกรดแลคติกในระดับการเกิดจุดเริ่มล้าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และโปรแกรมการฝึกที่มีความหนักต่างกันมีอิทธิพลต่อการเกิดจุดเริ่มล้า

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจุดเริ่มล้า สรุปได้ ดังนี้

1. สารจำพวกคาร์โบไฮเดรต แอลกอฮอล์ คาเฟอีน และปัจจัยด้านน้ำหนักร่างกาย เพศ โปรแกรมการฝึกที่มีความแตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อการวัดกรดแลคติกและทำให้มีผลต่อจุดเริ่มล้า
2. ปัจจัยด้านเพศมีอิทธิพลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการเกิดจุดเริ่มล้า
3. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความทนทานของร่างกายมีอิทธิพลต่อจุดเริ่มล้า

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกาย

แนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก

ในการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกายมีแนวคิดเกี่ยวข้องกับประเด็นดังกล่าว ดังนี้ " โปรแกรมการฝึกเพื่อใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนเป็นโปรแกรมที่ดีที่สุดโดยที่โปรแกรมการฝึกต้องมีความหนักของงานใกล้เคียงระดับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายแต่ละคนโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 8 – 12 สัปดาห์ ดังนั้นสิ่งสำคัญประการแรกในการเคลื่อนย้าย

กรดแลคติกในร่างกายคือ การสร้างโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาระบบการใช้ออกซิเจนของร่างกายให้มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งมีประโยชน์ในการทำให้ร่างกายมีความสามารถทนทานต่อสภาวะการเกิดกรดแลคติก นอกจากแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกาย ยังมีผลงานวิจัยในประเทศซึ่งมีความสอดคล้องกับประเด็นดังกล่าวคือผลงานวิจัยของ อนุรัติ มีเพชร (2539) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของการนวดแบบลึกที่มีต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายจำนวน 2 กลุ่ม ๆ ละ 30 คน ผลการวิจัย พบว่า ผลของการนวดแบบลึกทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในโลหิตและทำให้ความสามารถในการทำงานของร่างกายภายหลังการฟื้นตัวดีขึ้น

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกาย สรุปได้ ดังนี้

โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายและการนวดแบบลึกภายหลังการออกกำลังกายมีผลต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในร่างกาย

สารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold)

แนวคิดเกี่ยวกับสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า

ในการศึกษาเกี่ยวกับสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า ได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า มีความมุ่งหมายเพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดจุดเริ่มล้าได้ง่ายหลังจากได้รับสารที่คาดหวังว่ามีผลต่อการพัฒนาจุดเริ่มล้าเข้าสู่ร่างกาย แต่ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการใช้สารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าในขณะนี้ยังไม่มีความชัดเจนเพียงพอ จึงไม่มีข้อมูลที่สามารถกล่าวถึงประเด็นดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม พบว่าได้มีผู้วิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ได้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า ดังนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

ในประเทศไทยมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า ดังนี้

พิสมัย อัตถผล (2534) ได้ดำเนินการศึกษาเรื่อง " ผลของอินโนซีนที่มีต่อจุดเริ่มล้าและความสามารถด้านแอโรบิก " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย ผู้วิจัยแบ่งผู้เข้ารับการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองใช้สารอินโนซีนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดำเนินการวัดจุดเริ่มล้า และความทนทานข องร่างกายในภาวะก่อนและหลังการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ผลการวิจัย พบว่า การใช้อินโนซีนไม่มีผลต่อความสามารถของระดับจุดเริ่มล้าและความสามารถด้านแอโรบิก

ลลิดา โรจนธรรมณี (2539) ได้ดำเนินการศึกษาเรื่อง " ผลของสารสกัดจากโสมที่มีต่อจุดเริ่มล้า " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายจำนวน 16 คน ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 8 คน กลุ่มทดลองให้สารสกัดจากโสม 300 มิลลิกรัม ทุกวันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดำเนินการทดลองหาจุดเริ่มล้า การใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถใช้แอนแอโรบิกในภาวะก่อนและหลังการทดลอง ผลการวิจัย พบว่า สารสกัดจากโสมไม่สามารถพัฒนาจุดเริ่มล้าและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่ทำให้ร่างกายมีความสามารถในการทำงานแบบแอนแอโรบิกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

งานวิจัยในต่างประเทศ

มีผลการวิจัยในต่างประเทศที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าแต่ขัดแย้งกับผลการวิจัยในประเทศ ดังนี้

อวาเกียน และคณะ (Avakian et.al., 1983 อ้างถึงใน ลลิดา โรจนธรรมณี, 2539) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของการใช้สารสกัดจากโสมที่มีต่อพลังงานในร่างกาย " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ผลการวิจัย พบว่า สารสกัดจากโสมสามารถเพิ่มความสามารถในการทำงานแบบแอโรบิกและช่วยชะลออัตราการเกิดกรดแลคติก ซึ่งสอดคล้องกับ เปียราลิชิ และคณะ (Preralisi et.al., 1985) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการใช้สารสกัดจากโสมร่วมกับวิตามิน เกลือแร่ที่มีต่อความสามารถในขณะออกกำลังกาย " โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาอาสาสมัคร ผลการวิจัย พบว่า สารสกัดจากโสม วิตามินและเกลือแร่ มีผลต่อการทำงานของร่างกายทำให้การใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง

เซอร์ยา (Sgherya , 1996) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของนาโรโซน และการประเมินจุดเริ่มล้าระหว่างการเพิ่มความหนักของงานในนักจักรยานที่สมบูรณ์ " มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้นาโรโซน 30 มิลลิกรัม ที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์จำนวน 18 คน เป็นเพศชาย 13 คนและเพศหญิง 5 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบโดยใช้จักรยานวัดสมรรถภาพการทำงานในภาวะก่อนและหลังการทดลอง เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจ การใช้ออกซิเจนสูงสุดในร่างกาย ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน อัตราการหายใจขณะแลกเปลี่ยนก๊าซและสภาวะการสะสมกรดแลคติกในร่างกาย ผลการวิจัย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในการใช้ นาโรโซน

คลินตอน ,โฮวาร์ด และลอยด์ (Clinton , Howard and Lloyd) (htt//www.royal-health.com, 1999) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลการใช้ไมโครไฮดริน (Mycrohydrin) ที่มีต่อความทนทานของร่างกาย " ซึ่งไมโครไฮดรินเป็นสารเคมีที่ถูกสกัดขึ้นมาโดยวิจัยกับนักวิ่งมาราธอนชื่อแอนดริว คูสเนทโซว (Andrey Kusnetzov) ชาวบราซิล ผลการวิจัย พบว่า ไมโครไฮดริน

สามารถพัฒนาระบบความทนทานของร่างกายได้ เนื่องมาจากในร่างกายมีการ เพิ่มไมโตรคอนเดรียของเซลทำให้เพิ่มพลังงานเอทีพีที่ใช้ในการทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครไฮดรินสามารถลดการสะสมกรดแลคติกในร่างกายขณะทำงานได้ ประโยชน์จากผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้แอนดริว คูสเนทโซว สามารถพัฒนาเวลาในการแข่งขันวิ่งมาราธอนลดลงเหลือเพียง 2 ชั่วโมง 17 นาที 52 วินาที

จากแนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับสารกระตุ้นเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้า สรุปได้ ดังนี้

1. สารสกัดจากโสม อินโนซีนและนาโรโซนยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ามีผลต่อการพัฒนาจุดเริ่มล้าและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2. ไมโครไฮดรินสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและสามารถลดปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในร่างกายขณะทำงาน