

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อ เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพของร่างกายในส่วนของความแข็งแรง ที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานของร่างกายในเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีการฝึกแบบ ไอโซโทนิค ไอโซเมตริก และการฝึกแบบผสมผสานดังกล่าวข้างต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเรียบเรียงตามลำดับหัวข้อเรื่อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกของกล้ามเนื้อ

1. คุณสมบัติทั่วไปของกล้ามเนื้อลาย
2. ลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย
3. การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์
4. แหล่งพลังงานทางแอนแอโรบิกขณะออกกำลังกาย
5. ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน
6. สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน
7. การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ (Wingate anaerobic test)

#### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค

1. ความเป็นมาของการฝึก
2. วัตถุประสงค์ในการฝึก
3. หลักการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซโทนิค
4. ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค

## เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก

1. ความเป็นมาของการฝึก
2. วัตถุประสงค์ในการฝึก
3. หลักการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซเมตริก
4. ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก

## การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกของกล้ามเนื้อ

### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกของกล้ามเนื้อ

1. คุณสมบัติทั่วไปของกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อได้อำนาจจิตใจ (voluntary muscle) ทำงานภายใต้การควบคุมและสั่งการของระบบประสาทส่วนกลาง เป็นแหล่งกำเนิดของแรงที่ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวตามความต้องการ สมรรถภาพทางกายและความสามารถทางกีฬาประเภทต่างๆนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อลายที่มีอยู่ในบุคคลนั้น (รัช วิระศิริวัฒน์, 2538, หน้า 50) นอกจากนี้กล้ามเนื้อลายยังเป็นกล้ามเนื้อที่มีความเร็วในการตอบสนองเร็วที่สุด และมีความตึงตัวขณะพักต่ำสุด (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 50) รวมไปถึง จิตติกร ศิริสุขเจริญพร (2540, หน้า 9) ก็ได้ให้ความหมายของกล้ามเนื้อลายไว้ตรงกันดังนี้ คือ เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ ลักษณะเซลล์รูปร่างทรงกระบอก และเป็นกล้ามเนื้อที่พบเห็นอยู่ทั่วไป

กล้ามเนื้อลายจะทำงานโดยอาศัยพลังงานจากเอทีพี ในการหดตัวหรือคลายตัว จากการกระตุ้นของประสาทกล้ามเนื้อ โดยปกติกล้ามเนื้อจะทำงานเป็นคู่ๆ หรือเป็นกลุ่ม ถ้ากลุ่มหนึ่งทำหน้าที่เหยียดออก อีกกลุ่มหนึ่งซึ่งอยู่ในด้านตรงกันข้ามก็จะทำหน้าที่งอพับ การทำงานจะผสมผสานกันทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างนุ่มนวล และเกิดการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ ดังนั้นการทำงานของกล้ามเนื้อคู่สัมพันธ์ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวด้วย (วุฒิพงษ์ ปรมัตถการ และอารี ปรมัตถการ, 2532, หน้า 19) ในการทำงานของกล้ามเนื้อจะต้องได้รับคำสั่งจากระบบประสาท การกระตุ้นให้เกิดการหดตัวและคลายตัวหนึ่งครั้งใช้เวลาประมาณ 0.1 วินาที ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้

1. ระยะเตรียมตัว (latent period) เป็นระยะเวลาที่เริ่มตอบสนองต่อสิ่งเร้า หลังจากสิ่งเร้ามากระตุ้น ใช้เวลา 0.01 วินาที
2. ระยะหดตัว (period of contraction) ใช้เวลา 0.04 วินาที

3. ระยะคลายตัว (period of relaxation) ใช้เวลา 0.05 วินาที (จิตติกร ศิริสุขเจริญพร, 2540, หน้า 11)

กล่าวโดยสรุป กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ได้อานาจจิตใจ ทำงานโดยการควบคุมของระบบประสาทส่วนกลาง มีความเร็วสูงสุดในการตอบสนอง มีความตึงตัวขณะพัก ต่ำสุด ต้องอาศัยพลังงานจากเอทีพี ในการหดตัวหรือคลายตัว โดยที่สมรรถภาพทางกาย และความสามารถทางกีฬาประเภทต่าง ๆ นั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อลายในแต่ละบุคคล

2. ลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยที่ พิชิต ภูติจันทร์ เชมชาติ วิริยาภิรมณ์ ธงชัย วงศ์เสนา และชัยวิชญ์ ภู่งามทอง (2533, หน้า 18) พิชิตภูติจันทร์ (2535, หน้า 55) จิตติกร ศิริสุขเจริญพร (2540, หน้า 11) ได้ให้ความหมายตรงกันว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. การหดตัวแบบไอโซโทนิค (Isotonic contraction หรือ Dynamic contraction) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ความยาวเปลี่ยนแปลงไป แต่ความตึงตัวคงที่ แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

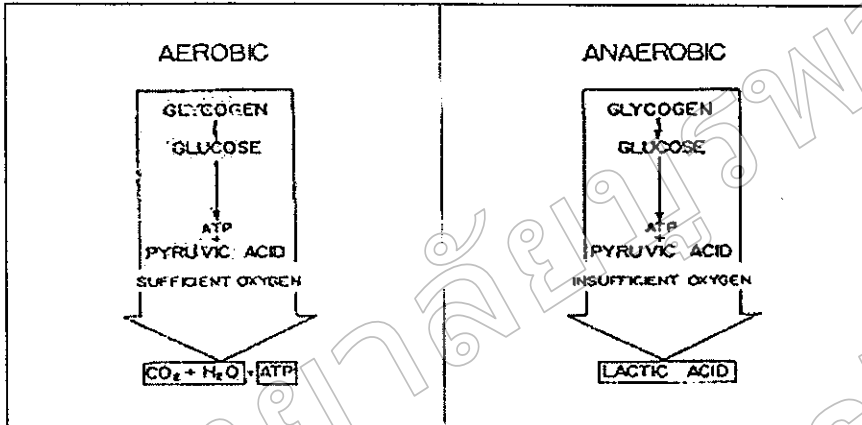
1.1 การหดตัวแบบคอนเซนตริก (Concentric contraction) หมายถึง การหดตัวทำงานที่ทำให้กล้ามเนื้อสั้นเข้า เป็นงานแบบ Positive work เช่น การยกของขึ้นจากพื้น

1.2 การหดตัวแบบเอกเซนตริก (Eccentric contraction) หมายถึง การหดตัวทำงานที่ทำให้กล้ามเนื้อยาวออก เป็นงานแบบ Negative work เช่น การวางสิ่งของลง

2. การหดตัวแบบ ไอโซเมตริก (Isometric contraction หรือ Static contraction) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ความยาวคงที่ แต่ความตึงตัวเปลี่ยนแปลงไป เช่น การดันกำแพง

3. การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ กลูโคสที่เปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจนเก็บสะสมไว้ที่กล้ามเนื้อ และตับ โดยที่ไกลโคเจนที่เก็บไว้ที่ตับ เท่านั้นจะเป็นพลังงานสาธารณะของร่างกาย แต่ส่วนที่เก็บไว้ที่กล้ามเนื้อ ถือว่าเป็นของส่วนตัวของกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนจำนวนนี้ภายหลังถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นกลูโคสแล้วก็จะใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อเท่านั้น จะไม่เคลื่อนที่เข้าสู่กระแสโลหิตเพื่อนำไปให้อวัยวะบริเวณอื่นได้ใช้ การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ ก็คือกระบวนการสร้างเอทีพี ด้วยการแยกกลูโคส ที่ปราศจากออกซิเจน เรียกว่าแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสโดยที่กระบวนการนี้สามารถสร้างเอทีพีได้ชั่วคราวในสภาวะต่างๆ ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายแบบ แอนแอโรบิก ซึ่งมีความต้องการพลังงานสูงแต่ร่างกายไม่สามารถส่งออกซิเจนให้เพียงพอับความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 19-22)

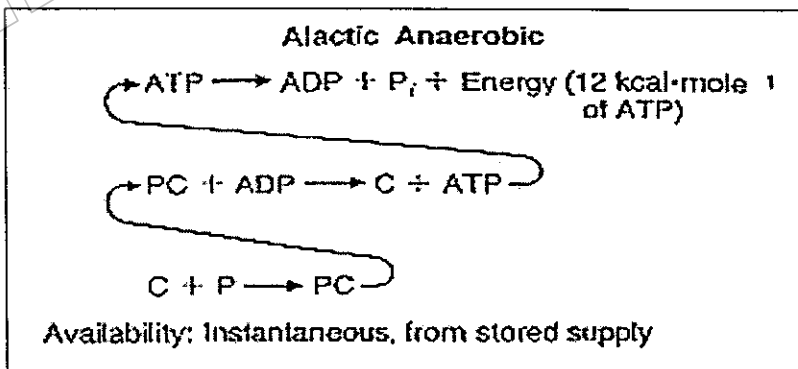
นอกจากนี้ พิชิต ภูติจันทร์, และคณะ (2533, หน้า 18) กล่าวว่า การสร้างพลังงานโดยการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ จะอาศัยการแตกตัวของเอทีพี โดยไกลโคเจนที่ถูกสลายจะเกิดกรดแลกติก และพลังงานสำหรับสังเคราะห์ซีที (CP) โดยซีที ที่ได้จะไปรวมกับเอดีพี (ADP) เพื่อสังเคราะห์พลังงานเอทีพี ขึ้นมาใหม่



ภาพที่ 1 เส้นทางการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิก  
(ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 21 อ้างอิงจาก Mathews, & Fox, 1981)

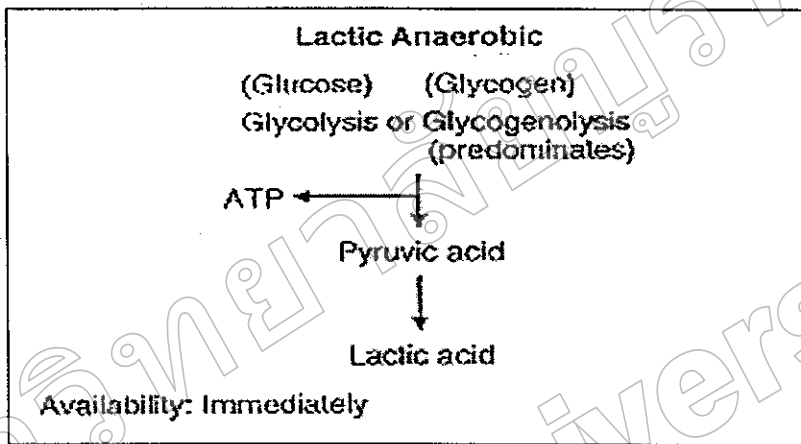
4. แหล่งพลังงานทางแอนแอโรบิกขณะออกกำลังกาย แหล่งพลังงานทาง แอนแอโรบิกขณะออกกำลังกายได้พลังงานมาใน 2 ลักษณะคือ

1. ATP – PC (alactic anaerobic) การสร้างพลังงานเช่นนี้ เกิดจากการรวมตัวของเอดีพีกับ พีซี เกิดเป็นเอทีพี ให้พลังงานสูงแต่มีอยู่ในกล้ามเนื้อปริมาณจำกัด พลังงานในระบบนี้จึงเป็นไปได้ในช่วงเวลาสั้นๆ (ประมาณ 10 – 15 วินาที) เท่านั้น



ภาพที่ 2 การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ในระบบ ATP – PC (Plowman, & Smith, 1997)

2. lactic acid system ในการออกกำลังกายเต็มทีนานกว่า 15 วินาที แต่ไม่เกิน 2 นาที การสร้างพลังงานในรูปแบบแรกจะไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ จึงต้องมีการสร้างพลังงานในอีก ระบบหนึ่ง โดยอาศัยการสลายกลูโคส และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะได้พลังงานในการ สังเคราะห์ ซีพี และ เอทีพี ขึ้นใหม่ แต่ผลจากการสลายนี้จะก่อให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) ซึ่งเป็นของเสียจะสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า (หนึ่งฤทัย สระทองเวียน, 2541 , หน้า 7)



ภาพที่ 3 การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ในระบบ Lactic acid (Plowman, & Smith, 1997)

จากการศึกษาการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกาย นักวิทยาศาสตร์การกีฬา พบว่า กล้ามเนื้อจะใช้การสร้างพลังงาน 2 แบบ คือ ส่วนหนึ่งได้มาจากฟอสเฟตในกล้ามเนื้อ และการแตกตัวของไกลโคเจน และอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสันดาปของคาร์โบไฮเดรต และไขมัน จึงอาจสรุปว่า การออกกำลังกายอย่างหนัก รวดเร็ว และรุนแรงจะใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิก (ประมาณ 1 – 3 นาที) แต่การออกกำลังกายที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน และความหนักของงานปานกลางจะใช้พลังงานแบบแอโรบิก (ประมาณ 10 นาทีขึ้นไป) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ออสทรานด์ และโรดฮาล์ (Astrand, & Rodahl, 1988) ที่ศึกษาเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายกับการใช้พลังงานของร่างกาย ซึ่งพบว่า ใน 10 วินาทีแรกของการออกกำลังกายนั้น ร่างกายจะ

ใช้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกถึงประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผ่านไป 1 นาที พบว่า ร่างกายใช้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกลดลงเหลือเพียง 65 - 70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า เปอร์เซ็นต์ของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกจะค่อยๆ ลดลงตามเวลาของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

5. ปัจจัยต่างๆในการฝึกที่มีผลต่อการพัฒนาพลัง และสมรรถภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน การฝึกเพื่อพัฒนาพลัง และสมรรถภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนนั้น ผู้ฝึกโดยส่วนใหญ่นิยมใช้การฝึกน้ำหนัก โดยถือหลักการฝึกด้วยวิธีค่อยๆเพิ่มน้ำหนัก หรือเพิ่มความต้านทาน จนกระทั่งร่างกายสามารถทนต่อแรงต้านทานได้เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าสมรรถภาพทางกายได้พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์ของการฝึกน้ำหนักก็คือการสร้างความแข็งแรง หรือพลังให้กับกล้ามเนื้อซึ่งหมายถึงความสามารถในการออกกำลังกายเพื่อเอาชนะแรงต้านได้เต็มที่ ส่วนพลังก็คือตัวปริมาณงานที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ในระยะเวลาหนึ่งๆ การฝึกน้ำหนักจะช่วยให้กล้ามเนื้อขยายขนาดขึ้น เพิ่มทั้งความแข็งแรงและพลัง ซึ่งมีผู้ศึกษาถึงองค์ประกอบในการฝึกต่างๆที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการทำงานเชิงแอนแอโรบิกไว้ในหลายๆเรื่องด้วยกัน

ในการฝึกน้ำหนัก จำนวนครั้งในการฝึกต้องกำหนดให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึกโดยที่จำนวนครั้งของการฝึกจะเปลี่ยนไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึก มอส (Moss, & Grimmer, 1993) ได้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรง และการหดตัวของกล้ามเนื้อไตรเซ็ป (triceps) ภายหลังการฝึกแบบไอโซโทนิค พบว่า การฝึกที่มีจำนวนครั้งมาก จะทำให้เกิดการพัฒนาของใยกล้ามเนื้อแดง (slow twitch or type I) และการฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อย จะทำให้เกิดการพัฒนาของใยกล้ามเนื้อขาว (fast twitch or type II) แสดงให้เห็นว่า การฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อยน่าจะพัฒนาประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิก ได้ดีกว่าการฝึกที่มีจำนวนครั้งมาก

ความเร็วในการฝึกนับเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เบลล์ (Bell, Peterson, Arthur – Quinsney, & Wenger, 1989) ได้ทำการศึกษถึงผลของความเร็วในการฝึกความแข็งแรง ที่มีต่อค่า พลังแบบแอนแอโรบิก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวนทั้งสิ้น 18 คน ฝึกความเร็วต่ำ กับความเร็วสูง ทำการฝึก 4 วัน / สัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า การฝึกทั้งแบบความเร็วต่ำ และความเร็วสูง ไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่ม พลังแบบแอนแอโรบิก และพบว่าความแข็งแรงแบบไอโซไคเนติก (Isokinetic) มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับค่าพลังแบบแอนแอโรบิก

นอกจากนี้จากการศึกษาของ ปิยพงษ์ รองหานาม (2531) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค ด้วยความเร็วต่างอัตรา ที่มีต่อความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย จากวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่งก่อนการฝึกใกล้เคียงกัน กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกยกน้ำหนักที่ 70 % 1 RM ด้วยความเร็ว 8 ครั้งใน 10 วินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกยกน้ำหนักที่ 70 % 1 RM ด้วยความเร็ว 8 ครั้งใน 15 วินาที ฝึก 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า

ความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวตั้งของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวตั้งของกลุ่มทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่า ผลของการวิจัยยังค่อนข้างจะขัดแย้งกันอยู่ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า การฝึกกล้ามเนื้อที่ความเร็วสูง หรือ ความเร็วต่ำ อย่างใดที่มีผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานแบบแอนแอโรบิคได้ดีกว่ากัน

ระยะเวลาในการฝึก ก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฝึก เพื่อเพิ่มพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค เช่นกัน จากงานวิจัยของ อุไร พรหมมา (2528) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค ด้วยความหนักของงานสูงสุด โดยใช้ระยะเวลาการฝึกต่างกัน 3 แบบ คือ 20 วินาที 30 วินาที และ 40 วินาที โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย ที่ไม่ใช่ นักกีฬา จำนวนทั้งสิ้น 40 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้ความหนักของงานเท่ากับ 0.067 กิโลวัตต์ ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ใช้อัตราเร่งสูงสุด ตามระยะเวลาการฝึกดังกล่าว พบว่า ผลการฝึกทั้ง 3 แบบ สามารถเพิ่ม พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิคได้ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แรงดันที่ใช้ในการฝึก เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานแบบแอนแอโรบิค เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญในการฝึกน้ำหนัก ซิดเนอร์ (Sidner, 1998) ได้ศึกษาถึงผลจากการฝึกด้วยแรงดันที่สูง ที่มีต่อ พลังสูงสุด (peak power) ในนักกีฬาหญิง พบว่า เมื่อเพิ่มแรงดันในการฝึกให้สูงขึ้น มีผลทำให้ พลังสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้จากงานวิจัยของ เวลท์แมน มัฟแฟทท์ และ สแตนฟอร์ด (Weltman, Maffatli, & Stanford, 1978) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ผลการฝึกด้วยระดับงานสูงสุดต่อพลังแบบแอนแอโรบิค สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค ในเพศหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนหญิง จำนวน 19 คน ทำการทดลอง 12 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ 6 สัปดาห์แรกทำการฝึก และ 6 สัปดาห์หลังไม่ต้องฝึก กลุ่มทดลองมีจำนวนทั้งสิ้น 13 คน ทำการฝึกโดยการปั่นจักรยานเต็มที่น้ำหนักถ่วง 4 กิโลกรัมครั้งละ 40 วินาที พักระหว่างเที่ยว 10 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 2 ครั้ง ประเมิน 3 ครั้ง คือ ก่อนการฝึก หลังการหยุดฝึก 6 สัปดาห์ และภายหลังการฝึก พบว่า หลังการฝึก 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าของพลังแบบแอนแอโรบิค และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ พบว่า 6 สัปดาห์ต่อมาที่ไม่ได้รับการฝึก พลังแบบ แอนแอโรบิค จะลดลงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าก่อนการฝึก และสมรรถภาพแบบ แอนแอโรบิค จะยังคงอยู่สูงกว่าก่อนการฝึก 5 % และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับการฝึก นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เสนอแนะว่า ความหนักของงานเป็นตัวกระตุ้นสำคัญที่จะทำให้เกิดการเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิค ยิ่งไปกว่านั้น พลังแบบแอนแอโรบิค และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค จะยังคงระดับสูงอยู่แม้

ภายหลังการหยุดฝึกแล้วก็ตาม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของไพรส์ (Priest, & Hagan, 1987) ได้ทำการศึกษาดังกล่าวถึงการฝึกให้อยู่ในช่วง maximum steady state ต่อความสามารถในการวิ่ง กลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 12 คน ฝึกตามโปรแกรม maximum steady state เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า โปรแกรมการฝึกดังกล่าวมีผลทำให้สมรรถภาพของร่างกายในเชิงแอโรบิก และแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น และลดเวลาในการวิ่งระยะสั้น และระยะกลางลง ซึ่งสอดคล้องกันที่ว่า การฝึกด้วยแรงต้าน หรือความเข้มข้นที่สูง มีผลต่อการพัฒนาพลัง และ สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ได้ดีกว่าการฝึกด้วยแรงต้าน หรือความเข้มข้นต่ำ แต่ในขณะเดียวกัน โดเฮอร์ตี้ (Doherty, Wenger, & Collis, 1987) ได้ทำการศึกษาดังกล่าวถึงการฝึกโดยใช้น้ำหนัก ที่มีต่อพลังแบบ แอโรบิกและสมรรถภาพแอนแอโรบิก โดยใช้เครื่อง Omni-kinetic แบ่งเป็นกลุ่มฝึกความเร็วสูงแรงต้านต่ำ กับความเร็วต่ำแรงต้านสูง พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีปริมาณของเทสโทสเตอโรน (testosterone) พลัง และ สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เปลี่ยนแปลงไปแต่ไม่พบความแตกต่างกันในระหว่าง 2 กลุ่ม ทดลอง ยิ่งไปกว่านั้น จากการวิจัยของเวสตราส์ (Westra, De-Haan, A., Doorn, & De-Haan, E.J., 1985) ได้ทำการศึกษาดังกล่าวถึงการฝึกอินเทอร์วาลเทรนนิ่งที่มีความเข้มข้นสูง ต่อ พลังแบบแอนแอโรบิก ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ในหนู พบว่า ภายหลังการฝึกไม่มีความแตกต่างกันของค่า พลังแบบแอนแอโรบิก ระหว่างกลุ่มฝึกกับกลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายังไม่สามารถสรุปได้ว่า แรงต้านทาน หรือความเข้มข้นของการฝึกที่สูง จะทำให้ พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกเพิ่มสูงขึ้น แต่แนวโน้มจากการวิจัยหลายๆเรื่อง คาดว่าการฝึกที่มีแรงต้านทาน หรือความเข้มข้นของการฝึกที่สูง จะทำให้ พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกเพิ่มสูงขึ้นได้ดีกว่า การฝึกที่มีแรงต้านทาน หรือความเข้มข้นของการฝึกที่ต่ำ

นอกจากนี้ แมดดาลอซโซ (Maddalozzo, 1999) ได้ทำการศึกษาดังกล่าวถึงแรงต้านของการฝึกที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูก ในผู้ใหญ่ตอนปลาย โดยกลุ่มทดลองแบ่งเป็นเพศชาย 28 คน และเพศหญิง 26 คน ทำการฝึกที่แรงต้าน 60% 1 RM และ 70-90 % 1 RM เป็นระยะเวลา 6 เดือน ฝึก 3 วัน / สัปดาห์ วัดพลังแบบแอนแอโรบิก โดยใช้วิธีการทดสอบของ วินเกต พบว่าการฝึกโดยใช้แรงต้านที่สูงช่วยป้องกันการร่วง และรักษาความหนาแน่นของกระดูกได้ดี

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การฝึกน้ำหนักเพื่อพัฒนาพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ มากมายที่เกี่ยวข้องกับการฝึก การฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อย และมีความเร็วสูง น่าจะมีประสิทธิภาพในการพัฒนาการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ได้ดีกว่าการฝึกที่มีจำนวนครั้งมาก ระยะเวลาในการฝึกต้องมีความเหมาะสมกับชนิดของการสร้างพลังงานในแต่ละประเภทกีฬา กีฬาที่ใช้การสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิก จะใช้ระยะเวลาใน

การฝึกซ้อมไม่นานนักแต่เน้นที่ความหนักของการฝึก โดยที่ความหนักของการฝึกที่สูงขึ้นเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญในการพัฒนาพลังงานแบบแอนแอโรบิก

สารต่างๆ ที่ร่างกายดูดซึมเข้าไป บางชนิดมีผลต่อ พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ดังเช่นงานวิจัยของ ฮอฟแมนส์ (Hoffman, Stavsky & Falk, 1995) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการจำกัดน้ำ ที่มีต่อค่า พลังแบบแอนแอโรบิก และความสูงของการกระโดดในแนวตั้งในนักกีฬาบาสเกตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสเกตบอลเพศชาย จำนวน 10 คน เล่น 2 ต่อ 2 แบบเต็มสนาม แบ่งเป็นกลุ่มที่ให้ทานน้ำตลอดเกม กับกลุ่มที่ไม่ให้ทานน้ำ พบว่า ค่า พลังแบบแอนแอโรบิก จะแตกต่างกันประมาณ 19 % นั้นแสดงให้เห็นว่า หากร่างกายขาดน้ำประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานแบบ แอนแอโรบิก อาจลดลง

นอกจากนี้ บอลล์ (Ball, 1995) ได้ทำการศึกษาถึงผลของเครื่องดื่มน้ำที่มีคาร์โบไฮเดรตและอิเล็กโทรไลต์ ในขณะที่ฝึกโดยความหนักสูง ต่อความสามารถในการเพิ่มความเร็วก่อนเข้าเส้นชัย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยานเพศชาย จำนวน 8 คน ใช้การทดสอบของวินเกต พบว่า เครื่องดื่มน้ำที่มีคาร์โบไฮเดรต และอิเล็กโทรไลต์ ทำให้ พลังสูงสุด และ พลังเฉลี่ย (mean power) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการสูญเสียเหงื่อ และการเพิ่มคาร์โบไฮเดรต และอิเล็กโทรไลต์ ในเครื่องดื่ม มีผลกับการเปลี่ยนแปลงค่าของ พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ยิ่งไปกว่านั้นจากการศึกษาของ สวีเนอร์ (Sweenor, 1998) ได้ทำการศึกษาถึงผลของคาเฟอีน ต่อความสามารถในการวิ่งระยะสั้น โดยใช้การทดสอบของ วินเกต ในการเก็บข้อมูล พบว่า ปริมาณคาเฟอีน 7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (เป็นแคปซูล) มีผลทำให้พลังงานแบบแอนแอโรบิก เพิ่มขึ้น เล็กน้อยทั้งในเพศชายและเพศหญิง โดยที่มีผลทำให้พลังงานแบบแอนแอโรบิก ในเพศชายเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเพศหญิง และจากการศึกษาของ อินบาร์ (Inbar, Rostein, Jacobs, Kasier, Plin, & Dotan, 1983) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้สารต่างต่อการออกกำลังกายในระยะสั้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตพลศึกษาจำนวน 13 คน เพศชาย สารต่างที่ให้คือโซเดียมไบคาร์บอเนต ใช้การทดสอบตามวิธีของวินเกต พบว่า โซเดียมไบคาร์บอเนต มีผลทำให้พลังเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมไปถึงอาจมีผลกับการเพิ่ม สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก นั้นแสดงให้เห็นว่า การดื่มน้ำที่มีคาร์โบไฮเดรตและอิเล็กโทรไลต์ สารที่มีคาเฟอีน และโซเดียมไบคาร์บอเนตผสมอยู่ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก

นอกจากนี้ สเตรตัน (Strayton, 1997) ได้ทำการวิจัยถึงผลของครีเอทีน ที่มีต่อค่าสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย โดยกลุ่มทดลองเพศชาย จำนวน 18 คน ให้ครีเอตาโบลิน (creatibolin) 7.5 กรัม/วัน พบว่า ครีเอทีน

มีผลในการเพิ่มน้ำหนักตัว แต่ไม่มีผลในเรื่องของความแข็งแรง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ลินซีย์ (Lindsey, 1995) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการอดนอนต่อความสามารถของร่างกายในเชิง แอโรบิก และ แอนแอโรบิก โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนทั้งสิ้น 50 คน ใช้การทดสอบวิ่ง 30 นาทีบนลู่วิ่งกลในการทดสอบความสามารถของร่างกายในเชิง แอโรบิก และใช้แบบทดสอบของวินเกตในการทดสอบความสามารถของร่างกายในเชิง แอนแอโรบิก ผลการวิจัยพบว่า การอดนอนไม่มีผลต่อสมรรถภาพของร่างกายทั้งในเชิง แอโรบิก และ แอนแอโรบิก

ขณะออกกำลังกายหนักร่างกายสามารถผลิตความร้อนมากกว่าขณะพักผ่อนถึงประมาณ 20 – 30 เท่า ร่างกายจะเกิดการหลั่งเหงื่อเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย โดยที่จะเกิดความร้อนเมื่อผลิตความร้อน เท่ากับความร้อนที่ระบายออก ดังนั้นความร้อน และความเย็นของอากาศบริเวณที่ฝึก จึงมีความสำคัญต่อการรักษาอุณหภูมิในร่างกาย และประสิทธิภาพในการทำงาน จากงานวิจัยของ เพ็ญจันทร์ ศรีสุขสวัสดิ์ (2518) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของความร้อนและความเย็นที่มีต่อการฝึกกล้ามเนื้อ โดยฝึกงอข้อมือ และเหยียดข้อมือ 120 ครั้ง/นาที ในตู้ปรับอากาศร้อน ตู้ปรับอากาศเย็น และตู้ปรับอากาศธรรมดา ฝึก 4 สัปดาห์ ๆ ละ 4 วันๆ ละ 1 นาที นำผลการทดสอบไปหาค่าทางสถิติโดยการทดสอบค่า “ที” (t – test) พบว่า อากาศแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการฝึกกล้ามเนื้อ โดยที่สภาพอากาศแวดล้อมที่ร้อนกว่าปกติให้ผลในเชิงส่งเสริมการฝึก เห็นได้จากความสามารถในการทำงานมีมากกว่าการฝึกในอากาศปกติ

6. สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อสามารถประเมินได้โดยใช้การทดสอบของ วินเกต แบ่งแยกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. สมรรถภาพการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ใช้พลังงานแบบ แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว

2. พลังงานสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุดในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของ ฟอสฟาเจน ที่สูงมากในกล้ามเนื้อ ใช้พลังงานแบบ ATP – PC

สุริย์ กาญจนกุลวงศ์ (2530) ได้ศึกษาเรื่องพลังแบบ แอนแอโรบิก สมรรถวิสัยแบบ แอนแอโรบิก และครชนีความเหนื่อยของนักวิ่ง 400 เมตร และนักว่ายน้ำ 100 เมตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชาย จำนวน 30 คน กลุ่มหนึ่งเป็นนักวิ่ง 400 เมตร จำนวน 15 คน อีกกลุ่มเป็นนักว่ายน้ำ

น้ำ 100 เมตร จำนวน 15 คน พบว่า พลังแบบ แอนแอโรบิก สมรรถวิสัยแบบ แอนแอโรบิก ของนักวิ่ง 400 เมตร และนักว่ายน้ำ 100 เมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่าพลังแบบ แอนแอโรบิก สมรรถวิสัยแบบแอนแอโรบิก ของนักวิ่ง 400 เมตร และนักว่ายน้ำ 100 เมตร มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าพลังแบบแอนแอโรบิก และ สมรรถวิสัยแบบแอนแอโรบิกสามารถชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานในเชิง แอนแอโรบิก ได้อย่างดีเยี่ยม และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ สโตน (Stone, 1980) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ ระหว่างพลังแบบ แอนแอโรบิก กับความสามารถในการยกน้ำหนักของนักกีฬาโอลิมปิก กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬายกน้ำหนักที่อยู่ระหว่างการฝึกจำนวน 13 คน ทำการฝึกเป็นเวลา 14 สัปดาห์ และวัดค่า พลังแบบแอนแอโรบิกก่อนและภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 7 และ 14 โดยใช้วิธีทดสอบการขึ้นกระโดดแต่ละสูตรของเลวิส และวิธีการของมาร์กาเรีย ผลการวิจัยพบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก การขึ้นกระโดดแต่ละ และการวิ่งไต่ขึ้นบันได และสัมพันธ์กับ การยกน้ำหนักในท่าสแนท กับท่าคลีน ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการทดสอบเพื่อวัดพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก จึงพอที่จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือเสริมเพื่อทำนายความสามารถของนักยกน้ำหนักโอลิมปิก

เอทีพี ซีพี และกรดแลคติก ในกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่ง กับการสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิก จอร์เฟลด์ท (Jorefeldt, 1970) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของฟอสฟาเจน (ATP + CP) และการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายสูงสุด และเกือบจะสูงสุด โดยให้ผู้รับการทดลองที่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย 13 คน และผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก 15 คน พบว่า มีการสลายตัวของครีเอทีนฟอสเฟตในการออกกำลังกายเกือบจะสูงสุดทั้งสองกลุ่ม การสะสมของกรดแลคติกจะเริ่มขึ้นเมื่อการออกกำลังกายมีระดับ 50 – 65 % ของสมรรถภาพในการรับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน และพบว่า ผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกจะมีการสะสมของกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึก และในกลุ่มที่ได้รับการฝึก จะมีการสร้าง เอทีพี และซีพี ขึ้นทดแทนได้เร็วกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก ซึ่งสอดคล้องกับ (เทเวส์ พิริยะพจน์, 2523 อ้างอิงจาก Thomas, 1974) ที่ทำการศึกษาเรื่อง การทำงานแบบ แอนแอโรบิก ที่ระดับงานสูงสุดในผู้เข้ารับการทดลองที่มีสมรรถภาพสูง 8 คน และ สมรรถภาพปานกลาง 8 คน ให้ออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานเป็นเวลา 6 นาที ที่ความหนักของงาน 70 % , 80 % และ 90% ของสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน หลังจากงานสิ้นสุดลง ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และเจาะตัวอย่างเลือดหลังจากการออกกำลังกายแล้ว 3 ½ นาที เพื่อวิเคราะห์หากรดแลคติก พบว่า กลุ่มที่มีสมรรถภาพสูงจะมีกรดแลคติก หลังการออกกำลังกายต่ำกว่ากลุ่มที่

มีสมรรถภาพปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า กลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายสูง จะมีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่ากลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายปานกลาง นอกจากนี้ความหนักของงานที่เพิ่มขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของกรดแลคติกในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7 การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ (Wingate anaerobic test) สถาบันวินเกต (Wingate Institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้น เพื่อวัดพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมน้อยแพร่หลาย หลักของการทดสอบการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ก็คือทำให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายด้วยความหนักที่สูง วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบปั่นจักรยานวอร์มประมาณ 3–5 นาที ด้วยความเร็วสูงโดยที่ไม่มีแรงต้าน หลังจากนั้นจะปรับแรงต้านเพิ่มขึ้น ( $0.067 \times$  น้ำหนักตัว) ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงปั่นให้เร็วที่สุด พร้อมกับการนับจำนวนรอบปั่นทุกๆ 5 วินาที จนครบ 30 วินาที แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสู่สูตรการคำนวณตามวิธีของวินเกต

บาร์ – โอ , โดตัน และอินบาร์ (Bar – Or, Dotan & Inbar, 1977) ทำการวิจัยเรื่องความเที่ยงและความแม่นยำ ของแบบทดสอบสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ในเวลา 30 วินาที พบว่า แบบทดสอบการทำงานที่ระดับสูงสุดในระยะเวลาด้านเพื่อคำนวณหาค่า พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก และเรียกแบบทดสอบนี้ว่า AN30 (แบบทดสอบวินเกต) คือ การขี่จักรยานเร่งเต็มที่ (all – out) ในเวลา 30 วินาที โดยตั้งน้ำหนักถ่วงให้สัมพันธ์กับน้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ และวัดระยะทางจากจำนวนรอบถีบ ซึ่งจะบันทึกในทุกๆ 5 วินาที เพื่อหาค่าพลังแบบ แอนแอโรบิก พร้อมๆกับได้ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก แบบทดสอบนี้จะใช้วัดความสามารถของแขนหรือขาก็ได้ ผลจากการทดสอบซ้ำ แล้วนำมาหาความเที่ยง มีค่าสูงถึง 0.95–0.97 ในกลุ่มของผู้รับการทดลองทุกวัย เมื่อนำไปใช้กับสภาพอากาศที่แตกต่างกัน พบว่า มีค่าความเที่ยงตรงสูง และไม่มีความแตกต่างในสภาวะอากาศใดก็ตาม

แบบทดสอบของวินเกต จึงเป็นแบบทดสอบที่ง่ายและมีความเที่ยงตรง ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานในเชิงแอนแอโรบิก และสามารถนำไปใช้ทำนายประสิทธิภาพการทำงานในเชิง แอนแอโรบิก ได้

จาคอบ (Jacobs, 1980) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการหลังเหยื้อที่มีต่อการใช้แบบทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ โดยกล่าวถึง การหลังเหยื้อ ความร้อน การขับปัสสาวะ และการกระหายน้ำ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ ตามปกติของนักกีฬาที่ต้องแข่งขันในสภาวะที่หนัก จุดประสงค์ของการวิจัยก็เพื่อทราบถึงผลของการหลังเหยื้อที่ระดับต่างๆ ต่อสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักยกน้ำหนัก จำนวน 11 คน ผ่านการลดน้ำหนักในห้องชีวอากาศ (อุณหภูมิ  $56^{\circ}\text{C}$ , ความชื้น 15%) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดน้ำหนักลง 2% 4% และ 5%

ของน้ำหนักตัวตามลำดับ และทำการทดสอบด้วยวินเกต แอนแอโรบิค เทสต์ภายหลังการลดน้ำหนักตัวทุกครั้ง พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในการทดสอบสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค และระดับแลคเตทในเลือดระหว่างสภาวะที่ไม่ได้หั้งเหงื่อ และสภาวะการหั้งเหงื่อที่ระดับต่างๆ จึงสรุปได้ว่า ผลของการหั้งเหงื่อ จะไม่ทำให้สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค เสียไปเป็นจำนวนมาก เหมือนกับสมรรถภาพแบบแอโรบิค (ซึ่งผ่านการลดน้ำหนักตัว 5 %)

เจริญทัศน์ จินตนาเสรี และคณะ (2527) ใช้วิธีการทดสอบวินเกต แอนแอโรบิค เทสต์ ในนักวิ่งชายไทย เปรียบเทียบระหว่างนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกลโดยให้ผู้ถูกทดสอบถีบจักรยานให้เร็วที่สุด โดยกำหนดแรงกดสายพานเท่ากับ 0.067 กิโลปอนด์ต่อน้ำหนักตัว ถีบจักรยานเป็นเวลา 30 วินาที และนับจำนวนรอบถีบทุกช่วง 5 วินาที ด้วยเครื่องนับรอบ นับจำนวนรอบถีบ ที่สูงที่สุด และจำนวนรอบถีบเฉลี่ย 30 วินาที มาคำนวณตามวิธีการทดสอบของวินเกต แอนแอโรบิค เทสต์ ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค ในนักวิ่งระยะสั้นสูงกว่าในนักวิ่งทุกระยะ และในนักวิ่งระยะกลางสูงกว่าในนักวิ่งระยะไกล

แรงดัน และน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะมีผลต่อค่าของพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค แกสติน (Gastin, Lawson, Hargreaves, Carey, & Fairweather, 1991) ได้ทำการศึกษารื่องของแรงดันต่างๆกัน ที่ใช้ในการทดสอบพลังแบบแอนแอโรบิค พบว่าพลังสูงสุดแบบ แอนแอโรบิคมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับน้ำหนักตัว และแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเลนคิ (Lencki, 1997) ทำการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพแบบแอโรบิค และ แอนแอโรบิค ในนักมวยปล้ำเพศชาย จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 18-27 ปี ศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัย Wisconsin โดยหาความสัมพันธ์การจับออกซิเจนสูงสุด ค่าพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค โดยใช้การทดสอบ วินเกต แอนแอโรบิค เทสต์ พบว่า ค่า พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค สัมพันธ์กับน้ำหนักตัว และน้ำหนักร่างกายปราศจากไขมัน เช่นเดียวกัน

ทู (Too, 1991) ได้ทำการศึกษาถึงผลของตำแหน่งสะโพก ที่มีต่อ สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค และ พลังแบบแอนแอโรบิค ในนักจักรยาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักจักรยานเพศชาย อายุระหว่าง 21-32 จำนวนทั้งสิ้น 14 คน ตำแหน่งของสะโพก 4 ตำแหน่ง คือ 25, 50, 75 และ 100 องศา ใช้การทดสอบตามวิธีของวินเกต พบว่า การทดสอบโดยตำแหน่งสะโพกอยู่ที่ 75 องศา ทำให้ค่า สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค และ พลังแบบแอนแอโรบิค สูงที่สุด และมีแนวโน้มว่าค่า สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิค และ พลังแบบแอนแอโรบิค จะเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของสะโพกในขณะที่ทำการทดสอบ

## การฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค (Isotonic training)

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค (Isotonic training)

1. ความเป็นมาของการฝึก การฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค เป็นการออกกำลังกายแบบมีการเคลื่อนที่ เพื่อต่อต้านกับแรงต้านโดยกล้ามเนื้อจะมีการยืดออก หรือหดสั้นเข้าในระหว่างการออกกำลังกาย มีการหดตัวทั้งแบบเอกเซนตริก และคอนเซนตริก เพื่อต้านกับแรงต้านที่คงที่หรือเปลี่ยนแปลงไปตามเครื่องมือในการฝึก (Heyward, 1991, p.122) วิธีการในการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค หรือ การฝึกน้ำหนัก นี้ได้ถูกนำมาใช้ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อของผู้ป่วย ต่อมาได้นำมาใช้ในการฝึกกีฬา ความแข็งแรงสามารถทำให้เพิ่มได้รวดเร็วโดยการให้ออกกำลังกายต่อความต้านทานที่มาก และทำซ้ำเพียง 2-3 ครั้ง (จุติการเจริญสุข, 2540, หน้า10 อ้างอิงจาก ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัฒน์, 2536)

2. วัตถุประสงค์ในการฝึก การฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ขนาดของกล้ามเนื้อ และพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องใช้ความหนักที่แตกต่างกันไป (Gettman & Pollock, 1981)

3. หลักการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซโทนิค ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค กล้ามเนื้อจะมีการหดตัวทั้งแบบคอนเซนตริก และเอกเซนตริก โดยที่ต้องมีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการให้เกิดการพัฒนา (specificity) มีการเพิ่มความหนักของการฝึก (overload) และปรับความหนักของการฝึกตามความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (progressive resistance) วิชัย อิงพินิจพงศ์ (2533) ได้กล่าวถึงหลักการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเอาไว้ดังนี้

1. ต้องใช้แรงต้านทานการเคลื่อนไหวที่มากกว่าปกติ การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจำเป็นต้องให้กล้ามเนื้อออกแรงกระทำต่อแรงต้านที่มากกว่าปกติที่กล้ามเนื้อนั้นเคยกระทำอยู่

2. การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สามารถทำได้โดยการปรับเพิ่มแรงต้านทานการเคลื่อนไหวขึ้นเรื่อยๆ เป็นระยะๆ ขึ้นอยู่กับโปรแกรมการฝึก และวัตถุประสงค์ของการฝึก

3. ต้องฝึกจนถึงจุดที่กล้ามเนื้อล้า (fatigue point) เพื่อให้กล้ามเนื้อปรับตัวในการเพิ่มความแข็งแรง

4. การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในนักกีฬา หรือเพื่อการใช้งานในกิจกรรมที่ต่างกันควรเน้นวิธีการฝึกที่จำเพาะต่อกีฬา หรือกิจกรรมนั้นๆ เช่น การปรับแรงต้านทาน การ

ปรับความเร็ว และทิศทางการเคลื่อนไหว ความถี่ และช่วงมุมการเคลื่อนไหวของแต่ละข้อต่อ เป็นต้น

เดอร์โลม และวัตกินส์ (Delorme and Watkins, 1943) กล่าวว่า การฝึกยกน้ำหนักแบบ ไอโซโทนิค ใช้สำหรับออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูการบาดเจ็บ โดยมีสิ่งที่สำคัญของการฝึก 3 อย่าง คือ น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ จำนวนครั้งของการฝึก และจำนวนรอบของการฝึก (set) โดยที่ Delorme and Watkins ได้เสนอแนะวิธีการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงไว้ดังนี้คือ

SET 1 : 10 repetitions at  $\frac{1}{2}$  10 - RM

SET 2 : 10 repetitions at  $\frac{3}{4}$  10 - RM

SET 3 : 10 repetitions at full 10 - RM

สำหรับเซตที่ 1 และ 2 เป็นเซตวอร์มเพื่อกระตุ้นให้กล้ามเนื้อพร้อมที่จะทำงาน ใช้แรงต้านที่ปานกลาง หลังจากนั้นจึงเริ่มเข้าสู่เซตของการฝึกในเซตที่ 3 ซึ่งอาจจะสามารถเพิ่มจำนวนครั้งในการยกแต่ละเซตได้ ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล

การหาน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ สามารถหาได้โดยใช้การทดสอบในแต่ละมัดกล้ามเนื้อ โดยใช้ทำการทดสอบเดียวกัน น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบ ถ้าเป็นกล้ามเนื้อใหญ่ จะใช้น้ำหนักทดสอบประมาณ 50 % ของน้ำหนักตัว แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อเล็กจะใช้น้ำหนักทดสอบประมาณ 20 % ของน้ำหนักตัว โดยหากยกได้กี่ครั้ง ก็ให้นำมาเทียบกับตารางด้านล่าง เพื่อแปลงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของ น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้

ตารางที่ 1 ตารางในการทดสอบประมาณค่า 1 RM (ดัดแปลงจาก Heyward, 1991, p.123)

| จำนวนครั้งที่ยกได้ | 1   | 2  | 4  | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 15-20 |
|--------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| % 1 RM             | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60    |

นอกจากนี้ฮีเวอร์ท์ Heyward (1991, p.123) ได้เสนอแนะโปรแกรมการฝึกดังนี้

ตารางที่ 2 โปรแกรมการฝึกแบบไอโซโทนิค ตามวิธีของฮีเวอร์ท์ (Heyward, 1991, p.123)

| Type              | Sets | Intensity         | Repetitions | Frequency  | Duration  |
|-------------------|------|-------------------|-------------|------------|-----------|
| Dynamic strength  | 3    | 6-RM or 85% 1-RM  | 6           | 3-5 day/wk | 6 wk – up |
| Dynamic endurance | 3    | 15-RM or 60% 1-RM | 15          | 3-5 day/wk | 6 wk – up |

อนันต์ อัดชู (2536) ได้กล่าวถึงหลักของการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังนี้คือ

1. คำนึงถึงหลัก overload principle คือจะต้องใช้การออกแรงที่หนักอย่างน้อย 75 % 1 RM และค่อยๆเพิ่มความหนักขึ้นแต่ละสัปดาห์ ตามความจำเป็นของนักกีฬาแต่ละคน
2. ควรฝึกวันละ 3-4 ชุด ชุดละ 3-7 ครั้ง ถ้าโดยชุดแรกความหนัก 75 % ชุดที่สอง 85 % ชุดที่สาม 90 % และชุดที่สี่ 100 %
3. การทำซ้ำในแต่ละเซต ควรจะทำให้พอเหมาะกับสมรรถภาพร่างกายของนักกีฬาแต่ละคน
4. การฝึกไม่ว่าจะเป็นแบบ ไอโซโทนิค หรือ ไอโซเมตริก ให้ผลพอกัน
5. การฝึก ไอโซเมตริก ครั้งหนึ่งๆ ไม่ควรเกิน 5 วินาที
6. การฝึกแบบ ไอโซโทนิค จะต้องทำให้สุดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (full range of motion)
7. สัปดาห์แรกๆ ควรฝึก 1-2 วัน/สัปดาห์ ใน 3 เดือนแรก 3 เดือนต่อมาฝึก 2-3 วัน/สัปดาห์ และหลังจากนั้นควรฝึก 3-4 วัน/สัปดาห์ ทั้งนี้ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของนักกีฬาแต่ละคนว่า มีความก้าวหน้าดีหรือไม่ เหมาะสมแล้วหรือยัง คำว่า ความพอเหมาะในแต่ละคนก็อาจสังเกตจากความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัว การเต้นของหัวใจนักกีฬาว่าปรับเปลี่ยนดีขึ้นหรือไม่ ฯลฯ

หลักในการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซโทนิค ที่จะทำให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพการสร้างพลังงานในเชิงแอโรบิกที่สำคัญ คือ ความหนักของการฝึกที่ต้องมีความหนักใกล้เคียงกับความหนักสูงสุด ต้องฝึกบ่อยครั้งประมาณ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวนครั้งในการฝึกประมาณ 6-12 ครั้ง และทำซ้ำประมาณ 3-4 เซต

4. ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค ต้องมีการควบคุมแรงต้านที่ใช้ในการฝึก ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการฝึก จากการวิจัยของ นิลมณี ศรีบุญ (2523) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความทนทาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ได้ จากผลของการฝึกแบบการให้ความต้านทานสูงโดยใช้จำนวนครั้งน้อย กับการฝึกแบบการให้ความต้านทานต่ำโดยใช้จำนวนครั้งมาก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ที่มีสภาพร่างกายสมบูรณ์ อายุระหว่าง 15-20 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มเท่าๆกัน โดยแต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของความทนทาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ก่อนฝึกเท่ากัน แบ่งเป็น 1 กลุ่มควบคุม และ 2 กลุ่มทดลอง โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบการให้ความต้านทานสูงโดยใช้จำนวนครั้งน้อย และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบการให้ความต้านทานต่ำโดยใช้จำนวนครั้งมาก ผลการวิจัยปรากฏว่า การฝึกแบบการให้ความ

ด้านทานสูงโดยใช้จำนวนครั้งน้อย กับการฝึกแบบการให้ความต้านทานต่ำโดยใช้จำนวนครั้งมาก ให้ผลต่อการเพิ่มระดับความทนทาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลการเปรียบเทียบความ ทนทาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา จากผลของการฝึกแบบการให้ความต้านทานสูงโดยใช้จำนวนครั้งน้อย กับการฝึกแบบการให้ความต้านทานต่ำโดยใช้จำนวนครั้งมาก หลังทำการฝึกสิ้นสุดลง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้

แรงดันที่ใช้ในการฝึกต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกด้วย จากงานวิจัยของ คานโกะ (Kaneko, et al., 1983) ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกโดยความหนักต่างกัน ที่มีต่อความเร็ว และ กลไกการปล่อยพลังงานในกล้ามเนื้อมนุษย์ ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย อายุเฉลี่ยระหว่าง 18 – 22 ปี แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ฝึกการงอข้อศอก กลุ่มที่ 1 ฝึกงอข้อศอกแบบ ไอโซโทนิค ไม่มีน้ำหนักถ่วง กลุ่มที่ 2 ฝึกงอข้อศอกแบบ ไอโซโทนิค ที่ระดับ 30 % ของความแข็งแรงแบบ ไอโซเมตริก สูงสุด กลุ่มที่ 3 ฝึกฝึกงอข้อศอกแบบ ไอโซโทนิค ที่ระดับ 60 % ของความแข็งแรงแบบ ไอโซเมตริก สูงสุด กลุ่มที่ 4 ฝึกฝึกงอข้อศอกแบบ ไอโซเมตริก ที่ระดับ 100 % ของความแข็งแรงแบบ ไอโซเมตริก สูงสุด พบว่า ในกลุ่มที่ 1 ไม่เกิดการพัฒนาศักยภาพของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงแบบ ไอโซเมตริก เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดในกลุ่มที่ 4 นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่ฝึกงอข้อศอกแบบ ไอโซโทนิค ที่ระดับ 30 % ของความแข็งแรงแบบ ไอโซเมตริก สูงสุด ทำให้ power output เพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสเตรอน (Staron, Malieky, Leonardi, Falkel, Hagerman, & Dudley, 1990) ที่ทำการศึกษาถึงการขยายขนาดของกล้ามเนื้อ และ fast fiber ที่เปลี่ยนแปลงไป จากการฝึกด้วยแรงต้านที่สูงในเพศหญิง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง จำนวน 24 คน ฝึกน้ำหนักที่แรงต้าน 6 – 8 RM โดยใช้ท่า full squats , vertical leg press , leg extension และ leg curl โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 20 สัปดาห์ หลังจากการฝึก พบว่า lean body mass และ ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยที่เส้นใยกล้ามเนื้อ type I เพิ่มขึ้น 15 % type II A เพิ่มขึ้น 45 % และ type II A & II B เพิ่มขึ้น 57 %

ยูกตาซิน (Yuktasin, & Tuncel, 1998) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการฝึกยกน้ำหนัก (weight training) 2 วิธี ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ศึกษาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา เพศชาย อายุเฉลี่ยระหว่าง 16 – 17 ปี จำนวนทั้งสิ้น 47 คนโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ 1 ฝึก progressive isotonic resistance กลุ่มที่ 2 ฝึก manual resistance และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ใช้สถิติ one-way ANOVA และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Tukey พบว่า ในกลุ่มทดลองความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แบบ ไอโซโทนิค และแบบ ไอโซเมตริก เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แจ็คสัน (Jackson, et al., 1985) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความแข็งแรง โดยใช้การฝึกแบบ ไอโซเมตริก ในโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงแบบ ไอโซโทนิค แบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบ ไอโซโทนิค ที่ความหนัก 6 - 8 RM ในท่าเบ็นช์เพรส (bench press) ฝึก 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 19 สัปดาห์ ร่วมกับการฝึกแบบ ไอโซเมตริก ที่ความหนัก 60% MVC ในท่า เบ็นช์เพรส เช่นเดียวกัน และกลุ่มที่ 2 ฝึกแบบ ไอโซโทนิค ที่ความหนัก 6 - 8 RM ในท่า เบ็นช์เพรส เพียงอย่างเดียว พบว่า ภายหลังจากการฝึกความแข็งแรงเพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม แต่กลุ่มที่ 1 มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากผลการวิจัยสอดคล้องกับการวิจัยของโอมูซา (Omusa, & Obajuluwa, 1986) ทำการศึกษากการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก กับไอโซโทนิค ที่มีผลต่อความแข็งแรงในการเหยียดขา กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย อายุ ระหว่าง 18-21 ปี ฝึก 3 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกแบบ ไอโซเมตริก กลุ่มที่ 2 ฝึกแบบ ไอโซโทนิค ที่กล้ามเนื้อต้นขา (quadriceps) พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงภายหลังจากการฝึก เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการฝึกแบบไอโซเมตริก มีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกแบบไอโซโทนิค

นอกจากนี้ มาตินอฟ (Martynov, et al., 1980) ได้ทำการศึกษาถึงผลของวิธีการฝึกที่แตกต่างกัน ในการฝึกความแข็งแรงของนักกีฬากระโดดสูง กลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 11 - 14 ปี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซโทนิค ร่วมกับการฝึกแบบ ไอโซเมตริก กลุ่มที่ 2 ฝึกวิ่ง กระโดด และฝึกน้ำหนักโดยใช้บาร์เบล ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 1 ให้ผลในการเพิ่มความแข็งแรง และทักษะที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว และความแข็งแรง มากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากงานวิจัยดังกล่าว มีความเป็นไปได้ที่ว่า การฝึกแบบ ไอโซเมตริก มีผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงได้ดีกว่าการฝึกแบบ ไอโซโทนิค

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแบบไอโซโทนิค ดังที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนใหญ่พบว่า การฝึกทั้งแบบไอโซโทนิค และการฝึกแบบไอโซเมตริก ส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น รวมไปถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิค แต่จากแนวโน้มของงานวิจัยหลายๆ เรื่อง พบว่าการฝึกแบบไอโซเมตริก น่าจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรง และการสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิคได้ ดีกว่าการฝึกแบบไอโซโทนิค

## การฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (Isometric training)

### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (Isometric training)

1. ความเป็นมาของการฝึก การฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก คำว่า ไอโซเมตริก มาจากคำสองคำรวมกันคือ Iso = same และ Metric = distance เป็นการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ โดยไม่มีการทำให้ส่วนของร่างกายเคลื่อนไหว หรือเคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เป็นที่ยอมรับกันกว้างขวางระหว่างปี ค.ศ. 1959 – 1962 ว่าเป็นการฝึกที่สามารถเพิ่มพูนความแข็งแรงให้กับนักกีฬาได้ดีเช่นเดียวกับการฝึกยกน้ำหนัก โดยที่ (สุเนตุ นวกิจกุล, 2524, หน้า 100 อ้างอิงจาก Erich A. Muller, 1953)กล่าวถึงผลการวิจัยการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก และสรุปผลการวิจัยดังนี้คือ

1. กล้ามเนื้อถ้าได้ออกแรงหดตัวประมาณ 40 % ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ จะทำให้กล้ามเนื้อเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการฝึกมากนัก
2. การฝึก ไอโซเมตริก เป็นการฝึกพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อให้ใหญ่โตขึ้น รวมไปถึงเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย แต่ไม่ก่อให้เกิดการพัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนของโลหิต
3. ควรฝึกติดต่อกันเป็นเวลานานพอจนเกิดความแข็งแรงคงตัวในกล้ามเนื้อ ถึงจะทำการฝึกเพียง 2 วัน/สัปดาห์ เพื่อรักษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นไว้ได้นานกว่าปี

แต่อย่างไรก็ตาม การฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงให้กับนักกีฬาคควรจะได้รับ การฝึกควบคู่กันไป ทั้งการฝึกแบบไอโซโทนิค และการฝึกแบบไอโซเมตริก เพราะจะทำให้เกิดทักษะและความแข็งแรงจากการฝึกแบบไอโซโทนิค รวมไปถึงได้ความแข็งแรงเฉพาะจุดจากการฝึกแบบ ไอโซเมตริก ซึ่งประหยัดเวลา ในการฝึกและไม่ก่อให้เกิดความเบื่อหน่ายด้วย

2. วัตถุประสงค์ในการฝึก การฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ขนาด และพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องใช้ความหนักที่แตกต่างกันไป ในการฝึก รวมไปถึงสามารถปฏิบัติได้ง่าย และช่วยป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่ได้รับการบาดเจ็บอยู่แล้ว และต้องการจะฟื้นฟู

3. หลักการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบไอโซเมตริก ในการฝึกแบบไอโซเมตริกนั้น มีรูปแบบการฝึกอยู่ 2 รูปแบบการฝึก คือ

1. การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก ชนิดเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ครั้งเดียว (single maximal isometric exercise) Hettinger & Muller (1953) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก พบว่า การฝึกโดยการเกร็งกล้ามเนื้อด้วยน้ำหนัก  $\frac{2}{3}$  ของน้ำหนัก

หนักสูงสุด วันละ 6 วินาที โดยทำการฝึก 5 วัน/สัปดาห์ จะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นสัปดาห์ละ 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ จากการศึกษาต่อมา พบว่าการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ เช่น ในผู้ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออยู่แล้ว อาจเพิ่มได้เพียง 2 เปอร์เซ็นต์ (จุติการ เจริญสุข, 2540, หน้า 11)

2. การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก ชนิดเกร็งกล้ามเนื้อซ้ำๆ กัน (repetitive isometric exercise)

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัชร (2536) ได้เสนอแนะหลักของการฝึกแบบไอโซเมตริก ดังต่อไปนี้

1. วิธีที่ดีที่สุดในการเพิ่มความแข็งแรง คือการให้กล้ามเนื้อทำงานด้วยแรงเกือบสูงสุด 6-8 ครั้งทุกวัน ถึงแม้ว่าผลของการฝึกที่ดีจะเกิดขึ้นจากการให้ออกกำลังเพียง 2/3 ของพลังสูงสุด แต่เป็นการยากในการกำหนดแรงให้ได้ขนาดนั้น ฉะนั้นวิธีที่ปลอดภัยก็คือ การให้ออกแรงเกือบเต็มที่
  2. ถ้าต้องการเพิ่มความแข็งแรงตลอดช่วงการเคลื่อนไหว ควรฝึกให้กล้ามเนื้อได้ทำงานในมุมของข้อต่อที่แตกต่างกันไป
  3. ถ้าต้องการให้มีการเพิ่มความแข็งแรงโดยรวมเร็ว การฝึกควรต้องกระทำทุกวัน แต่ถ้าต้องการเพิ่มความแข็งแรงอย่างช้าๆ และในระยะยาวก็ควรฝึกวันเว้นวัน
  4. เทคนิคในการหายใจที่ใช้ประกอบในการออกกำลังกาย คือให้หายใจลึกในตอนเริ่มออกกำลังกาย กลั้นไว้ 2-3 วินาที แล้วค่อยๆ หายใจออกช้าๆ ในตอนหลังของการออกกำลังกาย
- ออสทรานด์ และ โรดฮัล (Astrand & Rodahl, 1988) กล่าวว่า การฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก จะใช้เวลาในการฝึกเฉลี่ยประมาณ 4 วินาที โดยจะขึ้นอยู่กับขนาดของกล้ามเนื้อ ควรเพิ่มจำนวนครั้งในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง นอกจากนี้การฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก จะช่วยรักษามวลของกล้ามเนื้อ และป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นกับข้อต่อต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้ฮีเวอร์ท์ (Heyward, 1991, p.122) ได้เสนอแนะโปรแกรมการฝึกดังนี้

ตารางที่ 3 โปรแกรมการฝึกแบบไอโซเมตริก ตามวิธีของฮีเวอร์ท์ (Heyward, 1991)

| Type             | Intensity       | Duration          | Repetitions | Frequency |
|------------------|-----------------|-------------------|-------------|-----------|
| Static strength  | 100% MVC        | 5 sec/contraction | 5 – 10      | 5 day/wk  |
| Static endurance | 60% MVC or less | Until fatigued    | 1 session   | 5 day/wk  |

MVC = Maximum voluntary contraction

4. ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก เซวี่ เหลืองอร่าม (2527) ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกแบบไอโซโทนิค ไอโซเมตริก และการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อระยะทางการทຸ່ມน้ำหนັก พบว่าการฝึกคําลັงกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค ไอโซเมตริก และการฝึกแบบผสมผสาน ทำให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางการทຸ່ມน้ำหนັกไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีความคิดเห็นสอดคล้องกับงานวิจัยของ บาร์ (Bar, 1993) ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการตอบสนองของประสาท และกล้ามเนื้อต่อการฝึกแบบไอโซเมตริก ที่กล้ามเนื้อ ไตรเซ็ป กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงจำนวนทั้งสิ้น 18 คน อดัชวาท ทำการฝึกแบบไอโซเมตริก ที่กล้ามเนื้อไตรเซ็ป ช้างขาว เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ภายหลังการฝึก พบว่า การฝึกแบบไอโซเมตริก ทำให้กล้ามเนื้อไตรเซ็ป มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก มีวิธีการฝึกด้วยกัน สองแบบ คือการฝึกแบบเกร็งกล้ามเนื้อช้าๆกับ การเกร็งกล้ามเนื้อครั้งเดียว เพื่อนใจ บุญจันทร์ (2533) ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริกสูงสุด ต่อความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อคอไทรเซฟลีฟมอริส และเปรียบเทียบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ครั้งเดียวกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกชนิดเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ช้าๆกัน 10 ครั้ง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 20 – 23 ปี ใช้ไคนาโมมิเตอร์วัดการหดตัวสูงสุดแบบ ไอโซเมตริก ในท่าหนึ่ง สะโพกและเข่า อยู่ในท่างอท่ามูม 120 และ 60 องศา ตามลำดับ ทดสอบความทนทานโดยวัดเวลานานที่สุดที่สามารถออกแรงดึงได้เต็มที่ กลุ่มทดลองทำการฝึกเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่นาน 6 วินาที 1 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดความแข็งแรง ความอดทน และพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขา แล้วแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่มย่อยกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกเหมือนเดิม คือ 1 ครั้ง/วัน ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึก 10 ครั้ง/วัน (พักระหว่างครั้งนาน 20 วินาที) ทดสอบความแข็งแรง ความอดทน และพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขา ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกสูงสุดสามารถเพิ่มความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ครั้งเดียวกับกลุ่มที่ได้รับการฝึกชนิดเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ช้าๆกัน 10 ครั้ง (ที่ระดับ .01) นอกจากนี้ยังพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นสูงมาก ภายหลังสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 (เพิ่มขึ้น 58.32 และ 57.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และไม่พบการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขา (ที่ระดับ .05) ผู้วิจัยจึงสรุปว่าการเพิ่มความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อในการศึกษาครั้งนี้ ไม่น่าจะเกิดจากการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งจากการวิจัยของอลเวย์ส (Always, Dale, &

Macdougall, 1990) ได้รายงานผลการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงการหดตัวของกล้ามเนื้อ triceps จากความหนักที่แตกต่างกัน ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อแบบ ไอโซเมตริก ที่มีความหนัก ค่อนข้างน้อย มีผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้ดี จากงานวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก อาจไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ วิชัย อึ้งพินิจพงศ์ (2533 อ้างอิงจาก Loberson , 1979) ได้รายงานว่า การเกร็งกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก 5-10 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ ดีกว่าการฝึกเกร็งกล้ามเนื้อเพียงครั้งเดียวในเรื่องของทำให้เกิดแรงจูงใจในการฝึก พบว่าการฝึกแบบนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เฉพาะมุมที่ได้รับการฝึก หรือช่วงมุมการเคลื่อนไหวที่ใกล้เคียงกับมุมที่ได้รับการฝึก โดยเฉลี่ยประมาณบวกลบ 10 องศา ดังนั้นถ้าต้องการให้เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนไหวข้อทั้งหมดจำเป็นต้องฝึกหลายๆช่วงของมุมการเคลื่อนไหว และควรฝึกในมุมที่ห่างกันไม่เกิน 20 องศา

โรส (Rose, Radzyminski, & Beatty, 1957) นำการฝึกไอโซเมตริกของ Hettinger และ Muller มาใช้ในทางคลินิก โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อคอวไครเซฟส์ฟิมอริส ด้านกับแรงด้านสูงสุด โดยเกร็งค้างไว้นาน 5 วินาทีในแต่ละวัน พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 82 ถึง 162 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 39 ถึง 90 วัน ซึ่งมีความคิดเห็นสอดคล้องกับงานวิจัยของรอยส์ (Royce, 1958) ได้รายงานว่า ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับการฝึกใกล้เคียงกับความสามารถสูงสุด และให้ทำ 5-10 ครั้ง รวมไปถึงยังได้เสนออีกว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นได้ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว ถ้าในการฝึกนั้นได้กระทำในหลายๆท่าการฝึก นอกจากนี้ สตาร์กี้ (Starkey, 1994) ได้ทำการศึกษาถึงผลของแรงดันที่ใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก ที่มีต่อความแข็งแรง และการขยายขนาดของกล้ามเนื้อ คอวไครเซฟส์ และ แสมสตริง พบว่า การฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก โดยใช้แรงด้านสูงๆ เพียง 1-3 เซ็ตต่อการฝึกแต่ละครั้ง ทำให้เกิดผลในทางเพิ่มความแข็งแรงได้สูงที่สุด เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของโรส และรอยส์

ดูเปรส (Duprez, Essandoh, Vanhoutte, & Shephard, 1989) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดในแขนท่อนบน และน่องจากการฝึกแบบไอโซเมตริก กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศชาย จำนวน 10 คน โดยทำการฝึกแบบ ไอโซเมตริก เป็นเวลา 90 วินาที ที่แขน และขา วัดการไหลเวียนของโลหิต และความดัน พบว่า การฝึกแบบ ไอโซเมตริก ทำให้หลอดเลือดขยายตัวเพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่า ความดันในหลอดเลือดขณะพักที่กล้ามเนื้อน่องมีความสัมพันธ์กับความตึงตัว และมวลของกล้ามเนื้อ

เอนทรี (Etnyre, Lee, & Poindexter, 1987) ได้รายงานผลการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของความแม่นยำในการยิงปืน จากการฝึกแบบ ไอโซเมตริก พบว่า การฝึกแบบ ไอโซเมตริก มีผลทำให้ความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น วิธีกระสุนไม่กระเจายกกัน เกาะกลุ่มและใกล้เป้าหมายมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแบบ ไอโซเมตริก ดังที่กล่าวมาทั้งหมด ส่วนใหญ่พบว่าการฝึกแบบ ไอโซเมตริก ส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยการฝึกแบบ ไอโซเมตริกจะต้องใช้การออกแรงใกล้เคียงกับแรงสูงสุด ประมาณ 5 – 10 วินาที 1 – 3 เซ็ต ต่อครั้ง และจะต้องกระทำในหลายๆมุม เพื่อให้กล้ามเนื้อพัฒนาความแข็งแรงได้ดียิ่งขึ้น