บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเชิงสรีรวิทยาหลังการฝึก 10 สัปดาห์ ในนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โรงเรียนกีฬาในประเทศไทย
   1.1 ความเป็นมาของการจัดตั้งโรงเรียนกีฬา
   1.2 หน้าที่และความรับผิดชอบ
   1.3 หลักการจัดการศึกษา
   1.4 ลักษณะของโรงเรียน
2. กีฬาฟุตบอล
   2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล
   2.2 โครงสร้างทางความสามารถที่เป็นองค์ประกอบภายในตัวนักกีฬาฟุตบอล
   2.3 ความต้องการพลังงานในการเล่นกีฬาฟุตบอล
   2.4 การฝึกกีฬาฟุตบอล
3. สรีรวิทยากับกีฬาฟุตบอล
   3.1 สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก
   3.2 สมรรถภาพด้านแอโรบิก
   3.3 สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ
   3.4 สัดส่วนของร่างกาย
   3.5 ความหนาแน่นของกระดูก
   3.6 ภาพลักษณ์ของเลือด

โรงเรียนกีฬาในประเทศไทย

ความเป็นมาของการจัดตั้งโรงเรียนกีฬา

แนวคิดพื้นฐานในการตั้งโรงเรียนกีฬาเริ่มมาจากประเทศจีน ซึ่งมีการจัดตั้งคณะ กรรมการพลศึกษา และการกีฬาแห่งชาติขึ้น เป็นหน่วยงานระดับสูงสุด มีหน้าที่ปฏิบัติงานด้านพลศึกษาและการกีฬาของชาติ หน่วยงานนี้จะรับผิดชอบด้านการวางนโยบาย และแผนงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตลอดจนงบประมาณของการพลศึกษา และการกีฬาทั่วประเทศ รวมถึงให้การสนับสนุนองค์กรกีฬาระดับชาติ โดยการพลศึกษาในโรงเรียนจะเน้นถึงความสำคัญของกีฬาและกิจกรรมทางกาย เริ่มตั้งแต่ระดับประถมศึกษา โปรแกรมพลศึกษาจะรวมถึงการออกกำลังกายตอนเช้า และการออกกำลังกายแต่ละวันให้เหมาะสมกับระดับอายุ และต้องเรียนวิชาพลศึกษาคาบละ 45 นาที จำนวน 2 คาบต่อสัปดาห์ โดยเป็นวิชาบังคับ มีกิจกรรมพลศึกษาวันละ 1 ชั่วโมง หลังเลิกเรียน ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และ มัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนทุกคนต้องออกกำลังกายตอนเช้า และตอนกลางวัน ต้องเรียนพลศึกษาคาบละ 50 นาที จำนวน 2 คาบต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ จีนยังมีโรงเรียนพลศึกษานอกเวลาเรียนกระจาย อยู่ตามมณฑลต่าง ๆ โดยรับนักเรียนเข้าเรียนตั้งแต่ขั้นพื้นฐานอายุ 5-6 ปี และขั้นสูงไม่เกิน 16-17 ปี หลักสูตรประถมศึกษาถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นักเรียนทุกคนต้องอยู่ประจำ กินนอน โดยรัฐบาลเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายให้ ภายในบริเวณโรงเรียนมีโรงฝึกกีฬา และอุปกรณ์ที่ทันสมัย สามารถฝึกกีฬาได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนกีฬาในประเทศจีน จึงเป็นแม่แบบให้แก่โรงเรียนกีฬาของไทย ที่จัดตั้งขึ้นครั้งแรก ภายใต้การกำกับดูแลของกรมพลศึกษา กระทรวง ศึกษาธิการ เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532 ณ จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้ชื่อว่า “โรงเรียนกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี” โดยจัดการศึกษาระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา จัดสอนวิชาสามัญ และวิชาพลศึกษาและกีฬา รวมทั้งการฝึกซ้อม และการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการกีฬา ทำให้มีความคล่องตัวในการจัดโปรแกรมการเรียนวิชาต่าง ๆ ให้สอดคล้อง และเอื้อต่อกันทั้งภาค ทฤษฎี และภาคปฏิบัติทั้งในเวลาเรียน และนอกเวลาเรียน หรือในบางช่วง เวลาที่จำเป็นต้องมีการเก็บตัว หรือฝึกซ้อมเป็นพิเศษจะต้องจัดการเรียนการสอนชดเชย

ปี พ.ศ. 2548 มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติสถาบันการพลศึกษา ในราชกิจจานุเบกษา มีผลทำให้โรงเรียนกีฬา เข้าสังกัดในสถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา จัดการศึกษาเฉพาะระดับมัธยมศึกษา จำนวน 10 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น, โรงเรียนกีฬาจังหวัดอุบลราชธานี โรงเรียนกีฬาจังหวัดนครศรีธรรมราช โรงเรียนกีฬาจังหวัดนครสวรรค์ โรงเรียนกีฬาจังหวัดศรีสะเกษ โรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง โรงเรียนกีฬาจังหวัดลำปาง โรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี, โรงเรียนกีฬาจังหวัดยะลา และโรงเรียนกีฬาจังหวัดตรัง โดยจัดการเรียนการสอน ทั้งวิชาสามัญ วิชาพลศึกษาและกีฬา และอีก 1 แห่ง คือ โรงเรียนกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี จัดการศึกษาระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาทั้งวิชาสามัญ วิชาพลศึกษาและกีฬา

หน้าที่และความรับผิดชอบ

1. จัดการศึกษาตามหลักสูตรระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับนักเรียนที่มีความถนัด และความสามารถพิเศษทางการกีฬา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ให้มีโอกาสได้รับการส่งเสริม และพัฒนาความสามารถทางการกีฬาให้ถึงขีดสูงสุดไปพร้อมกับการพัฒนาทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญา

2. เตรียมและผลิตนักกีฬาให้มีความสามารถและมีคุณภาพเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาระดับชาติ และระดับนานาชาติให้ทัดเทียมนานาอารยประเทศ

3. ศึกษา ทดลอง ค้นคว้า วิเคราะห์ และวิจัยเพื่อพัฒนาการกีฬา และนักกีฬาของประเทศกีฬาเพื่อการแข่งขัน และกีฬาเพื่อความเป็นเลิศ

หลักการจัดการศึกษา

โรงเรียนกีฬา สังกัดสถาบันการพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ดำเนินการจัดการเรียนการสอนทั้งวิชาสามัญ วิชาพลศึกษาและกีฬา ได้นำเทคนิคหลักวิชาการมาบูรณาการในการเรียนการสอน และการฝึกกีฬาสู่ความเป็นเลิศโดยใช้หลักการทั้งหมด 4 ด้าน

1. หลักวิทยาศาสตร์การแพทย์ โรงเรียนกีฬามีแพทย์ และพยาบาลที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านคอยตรวจรักษา ส่งเสริมและพัฒนาสุขภาพ ตลอดจนการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ

2. หลักการวิทยาศาสตร์การกีฬา ทางโรงเรียนกีฬาจะนำหลักการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา มาใช้ในการเสริมสร้างสมรรถภาพ การทดสอบสมรรถภาพ การฟื้นฟูสุขภาพ การบำบัด การป้องกันการบาดเจ็บ และการพัฒนาความสามารถทางกีฬาโดยมีเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถประจำอยู่ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา

3. หลักการพลศึกษาและการกีฬา โรงเรียนกีฬาได้นำหลักการด้านพลศึกษา และการกีฬามาใช้ในการฝึกสอนกีฬา โดยมีอาจารย์ผู้สอนกีฬาที่มีความสามารถ มีความเชี่ยวชาญและมีผลงานในการฝึกกีฬาในแต่ละชนิดกีฬา ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศรับผิดชอบในการฝึกซ้อม

4. หลักการศึกษาโรงเรียนกีฬา ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ เหมือนโรงเรียนทั่วไปทุกประการ โดยมีอาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในแต่ละสาขารับผิดชอบในการสอน โดยสอนในชั้นเรียนและสอนพิเศษที่หอพัก ใช้อุปกรณ์การสอน และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการสอนอยู่เสมอ มุ่งเน้นให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคมและสติปัญญาไปพร้อม ๆ กัน ตามปรัชญาและวัตถุประสงค์ในการจัดการศึกษาของชาติ

ลักษณะของโรงเรียนกีฬา

1. จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการเช่นเดียวกับโรงเรียนทั่วไป

2. เป็นโรงเรียนประจำ (กิน-นอน)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. นักเรียนทุกคนได้รับเงินอุดหนุนจากรัฐบาล ด้านค่าใช้จ่ายทางการศึกษา อาหาร เครื่องนุ่งห่ม การดูแลรักษา และส่งเสริมสุขภาพ อุปกรณ์การเรียนตามความจำเป็น

4. เป็นโรงเรียนสหศึกษา รับนักเรียนทั้งหญิงและชาย

กีฬาฟุตบอล

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล

ฟุตบอลเป็นกีฬาสากลที่ได้รับความนิยมสูงสุดในโลก การแข่งขันแบ่งผู้เล่นเป็น 2 ฝ่าย ๆ ละ 11 คน เวลาการแข่งขันแบ่งเป็น 2 ครึ่ง ๆ ละ 45 นาที พักระหว่างการแข่งขัน 15 นาที ผู้เล่นประกอบด้วย ผู้รักษาประตู (Goalkeeper) กองหลัง (Defenders) กองกลาง (Midfielders) และกองหน้า(Forwards) รูปแบบการเล่นฟุตบอลจะเป็นลักษณะการเคลื่อนไหวแบบการรุกสลับกับการรับ (Intermittent) มีการเคลื่อนไหวด้วยการเดิน (Walking) การวิ่งเหยาะ (Jogging) การวิ่งเร็วช่วงสั้น (Sprinting), การวิ่งถอยหลัง การวิ่งไปข้างซ้าย-ข้างขวา, การรุกขึ้นสลับกับการตั้งรับ (Cruising) การเตะ (Kicking) การโหม่ง(Heading) การกลับตัว (Turning) และการขว้าง (Throwing) เป็นต้น การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในระหว่างการแข่งขันแต่ละเกมการแข่งขันไม่สามารถกำหนดเวลา ทิศทาง ความเร็ว หรือระยะทางในการเคลื่อนไหวได้แน่นอน ขณะเดียวกันฟุตบอลก็ยังเป็นกีฬาที่มีพื้นที่สนามกว้าง ผู้เล่นในสนามแต่ละตำแหน่งสามารถเล่นได้ทุกพื้นที่ของสนามโดยไม่มีกติกาบังคับ ดังนั้น สมรรถภาพทางกายที่ดี มีความสำคัญอย่างยิ่งกับผู้เล่นทุกคนในสนาม และการฝึก (Training) จึงเป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาไม่ให้เกิดความเมื่อยล้าขณะแข่งขัน และเป็นการพัฒนาทักษะ และเทคนิคการเล่นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเพื่อให้มีเครื่องมือในการวัดการพัฒนาของนักกีฬาฟุตบอล ก่อนและหลังการฝึกซ้อมนักกีฬาทุกคนควรได้รับการทดสอบสมรรถภาพตามเงื่อนไขในเชิงสรีรวิทยา เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ฝึกสอนในการ ประเมินนักกีฬาว่าแต่ละคนเป็นอย่างไร มีจุดอ่อน จุดแข็งตรงไหน จะได้นำข้อมูลไปใช้ในการจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวัดผลทางการศึกษา ที่กล่าวว่า "การวัดเพื่อเปรียบเทียบ หรือเพื่อหรือพัฒนาการของผู้เรียนโดยการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งช่วยให้นักเรียนรู้ว่าตนเองมีความรู้ ความ สามารถระดับไหน และหากมีข้อบกพร่องจะได้แก้ไข สำหรับครูข้อมูลที่ได้จะช่วยให้ครูเตรียมการเรียนการสอนได้ดียิ่งขึ้น และรู้จักนักเรียนแต่ละคนดีขึ้น (สมนึก ภัททิยธนี, 2546, หน้า 8-9) ขณะเดียวกัน รายการทดสอบก็ควรจะเป็นเฉพาะเจาะจง และเชื่อถือได้ เพื่อเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงสมรรถภาพในเชิงสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลในปัจจุบันอย่างแท้จริง (สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ, 2549, หน้า 29)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โครงสร้างทางความสามารถที่เป็นองค์ประกอบภายในตัวนักกีฬาฟุตบอล

ชลัช ภิรมย์ (2539, หน้า 5) กล่าวว่า การได้มาซึ่งนักกีฬาฟุตบอลที่มีคุณภาพ จะต้องมีโครงสร้างทางความสามารถที่เป็นองค์ประกอบภายในตัวนักกีฬา 5 ประการ ได้แก่

1. ความชาญฉลาด ความคิดที่ดี อารมณ์ ความรู้สึกและคุณธรรมประจำตน (Politic, Ideologic, Psychic, Moral) นักกีฬาที่จะเล่นกีฬาฟุตบอลได้ดีจะต้องมีความฉลาด มีไหวพริบในการเล่น มีความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการฝึกซ้อม และขณะแข่งขัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถทำการฝึกฝนได้ นอกจากการฝึกซ้อมทักษะในสนามแล้วการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้นักกีฬาได้ศึกษาแบบอย่างที่ดีและถูกต้อง สำหรับอารมณ์ และความรู้สึก เป็นผลจากสภาพจิตใจในแต่ละสถานการณ์ จึงเป็นหน้าที่ของผู้ฝึกสอนที่จะต้องปลูกฝัง และสร้างแรงจูงใจให้นักกีฬาทุกคนมีวินัยในตนเอง มีความรับผิดชอบในการฝึกฝนตนเอง มีน้ำใจนักกีฬา เพื่อให้เกิดการพัฒนาศักยภาพในการเล่นกีฬาฟุตบอลให้ดียิ่งขึ้น และสามารถควบคุมอารมณ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

2. เทคนิคการเล่น (Technique) เกิดจากการฝึกซ้อมทักษะที่เป็นขั้นตอน และถูกต้อง ทำให้นักกีฬาเกิดความชำนาญในการนำไปใช้และประสบผลสำเร็จในการแข่งขัน

3. ยุทธวิธีการเล่น (Tactic) เป็นผลจากการนำเอาความสามารถด้านเทคนิค การเล่นของนักกีฬาฟุตบอลมาใช้ในการเล่นให้ได้เปรียบคู่แข่งขัน ซึ่งยุทธวิธีการเล่น แบ่งออกเป็นยุทธวิธีการเล่นส่วนบุคคล การเล่นเป็นกลุ่ม การเล่นเป็นทีม โดยฝึกเกี่ยวกับการรุก และการรับที่ดี เพื่อผลในการทำประตูฝ่ายตรงข้าม และป้องกันประตูตนเอง ดังนั้นถ้านักกีฬาฟุตบอลคนใดที่มีเทคนิคการเล่นที่ดี และนำมาใช้กับยุทธวิธีการเล่นส่วนบุคคลได้ดี จะทำให้การเล่นของตนเองเกิดความสำเร็จอย่างยิ่ง และนำไปสู่ความสำเร็จของทีมต่อไป

4. สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness) เป็นหัวใจสำคัญของการเล่นกีฬาฟุตบอล เพราะการมีสมรรถภาพทางกายที่ดี จะช่วยให้นักกีฬาสามารถพัฒนาทักษะ และเทคนิคการเล่นได้เป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพไม่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าขณะฝึกซ้อม และแข่งขัน สมรรถภาพทางกายแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

4.1 สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ (Health-related Fitness) ได้แก่ ความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต (Cardiovascular Endurance) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) ความอ่อนตัว (Flexibility) และสัดส่วนของร่างกาย (Body Composition)

4.2 สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ (Skill-related Fitness) ได้แก่ ความคล่องตัว (Agility) ความสมดุลของร่างกาย (Balance) ความสัมพันธ์ในการทำงานของแต่ละส่วนของร่างกาย (Co-ordination) เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) และความเร็ว (Speed)

5. ส่วนประกอบของร่างกาย (Constitution) นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของนักกีฬาฟุตบอล การมีรูปร่างที่เหมาะสม และได้เปรียบทางการเล่นต้องมีความสูงใหญ่ และคล่องแคล่วว่องไว ทำให้สามารถเล่นลูกเรียด และลูกโด่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากองค์ประกอบพื้นฐานทั้ง 5 ประการที่กล่าวมา ถ้านักกีฬาฟุตบอลทุกคนมีอยู่ในตนเองครบถ้วน จะทำให้สามารถเล่นกีฬาฟุตบอลได้อย่างดีเยี่ยม ส่งผลให้เกิดการเล่นเป็นทีมที่ดี และมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะนำมาซึ่งชัยชนะของทีมต่อไป

ความต้องการพลังงานสำหรับการเล่นกีฬาฟุตบอล

พลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อจะอยู่ในรูปของพลังงานกล (Mechanical Energy) ซึ่งเป็นรูปของพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมี (Chemical Energy) มาเป็นอดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate-ATP) และมาเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) สำหรับการเคลื่อนไหวของร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 11) ซึ่งสอดคล้องกับ พงศ์จันทร์ อยู่แพทย์ (2549, หน้า 32) กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องได้รับพลังงาน ATP อย่างต่อเนื่อง พลังงานเหล่านี้ใช้เพื่อการทำงานของครอสบริดจ์ในการดึงแอกตินฟิลาเมนต์ แต่ยังต้องการพลังงานจำนวนน้อยเพื่อ 1) ปั๊มแคลเซียมจากซาร์โคพลาสซึมเข้าสู่ซาร์โคพลาสมิกเรติคูลัม หลังจากการหดตัวเสร็จสิ้น 2) ปั๊มโซเดียม และโปรแทสเซียมผ่านผนังของเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อรักษาสภาพของไอออนให้เหมาะสม ความเข้มข้นของ ATP ในใยกล้ามเนื้อมีค่า 4 มิลลิโมล นั้น เพียงพอที่จะใช้ในการหดตัวอย่างเต็มที่เพียง 1-2 วินาที หลังจากนั้นโมเลกุลของ ATP จะถูกแยกออก เป็นรูปของ ADP และ ADP ก็จะถูกเติมหมู่ฟอสเฟตกลับรูปมาเป็น ATP เพียงเสี้ยววินาทีถัดมา ทั้งนี้ เพื่อให้การหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง จึงต้องมีแหล่งที่สร้างพลังงาน ATP ดังที่ กนกวรรณ กู้ตระกูล และจันทรวรรณ แสงแข (2541, หน้า 92) ได้กล่าวถึงขบวนการที่เซลล์กล้ามเนื้อใช้ผลิต ATP ซึ่งมีอยู่ 2 ขบวนการ ได้แก่

1. Aerobic Metabolism ขบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อร่างกายอยู่ในระยะพักหรือกล้ามเนื้อทำงานเพียงเล็กน้อย ปริมาณออกซิเจนมีเพียงพอสำหรับการสันดาปอาหาร จนได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน

2. Anaerobic Metabolism ขบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อทำงานอย่างหนัก ออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อไม่เพียงพอ ATP ที่ได้มีจำนวนน้อย แต่ได้กรดไพรูวิค ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค กรดแลคติกซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปที่หัวใจและตับ จากนั้นถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนและกลูโคสนำกลับสู่กล้ามเนื้อเพื่อใช้สร้างพลังงานต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เช่นเดียวกับ ประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 23-24) ได้กล่าวถึง การออกกำลังกายว่า อาจถูกอ้างถึงได้ทั้งในแง่ของแอโรบิก และแอนแอโรบิก ขึ้นอยู่กับ Metabolic Pathways และที่มาของ ATP ตัวอย่างของ Aerobic Exercise เช่น การวิ่งระยะทางไกลสามารถที่จะดำเนินต่อไปได้ หากร่างกายสามารถสร้าง ATP ในทางแอโรบิก แต่ Anaerobic Exercise เช่น วิ่งระยะทาง 100, 200 เมตร หรือยกน้ำหนักร่างกายใช้ ATP มากเกินกว่าที่ผลิตมาได้ในช่วงเวลานั้น เนื่องจากออกซิเจนมีไม่พอ และไม่ทันสำหรับการใช้ ดังนั้นจึงต้องสร้าง ATP ทั้ง ๆ ที่ไม่มีออกซิเจน อีกทางหนึ่งที่เป็นที่มาของ ATP โดยทางAnaerobic คือ Phosphocrcatin (PC) เมื่อร่างกายมี ATP มากเกินความต้องการ ร่างกายจะไม่เก็บไว้ในรูปของ ATP แต่จะมีสารอย่างหนึ่งชื่อ Creatin (C) คอยรวมตัวกับ ATP อยู่ การรวม ตัวของ C และ ATP ทำให้เกิด CP กับ ADP ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า การสร้างพลังงาน ATP ในร่างกายมีอยู่ด้วยกัน 2 ขบวนการ 3 ระบบ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แสดงระบบการสร้าง ATP ในร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527 หน้า 24)

สิ่งที่เปรียบเทียบ	Anaerobic		Aerobic
	ATP-PC System	Lactic acid System	
1. ตัวอย่างของการออกกำลังกายที่ต้องอาศัยการสร้างนั้น ๆ เป็นหลัก	วิ่ง 100 เมตร ยกน้ำหนัก	วิ่ง 400-800 เมตร	วิ่งมาราธอน
2. Substrate หลัก	Phosphocrcatin	Glucose, Glycogen	Fatty acids, Glucose, Glycogen
3. ขีดจำกัดเวลา	ประมาณ 15 วินาที	ประมาณ 2 นาที	ไม่มีขีดจำกัดเรื่องเวลาหากมี Substrateและออกซิเจนเพียงพอ

สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ (2549, หน้า 29) รายงานการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล พบว่า นักกีฬาฟุตบอลวิ่ง หรือเดินในสนามเป็นระยะทางทั้งหมดเฉลี่ย 10 กิโลเมตร ในเวลา 90 นาที ด้วยความเร็ว 6.6 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง โดยเป็นการเดิน 45% การวิ่งเหยาะ 37% การวิ่งเร็วช่วงสั้น ๆ 11% การวิ่งถอยหลัง 6% การรุกขึ้นสลับกับการลงตั้งรับ 20% ของระยะทางทั้งหมด การวิ่งเร็วแต่ละครั้งจะวิ่งในระยะ 10 - 40 เมตร รวมเป็นระยะทาง 800 - 1,000 เมตร มีการเคลื่อนไหวเพื่อเปลี่ยนทิศทาง หรือเปลี่ยนความเร็วทุก ๆ 5-6 วินาที เป็นจำนวน 850 - 1,000 ครั้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ซึ่งสอดคล้องกับ Bangsbo, Norregaard and Thorsoe (1991, pp. 110-116) ได้ศึกษากับนักกีฬาฟุตบอลชาวสวีเดนพบว่า แต่ละรายการแข่งขัน นักกีฬาฟุตบอลเคลื่อนที่ในสนามคิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 10.80 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานของนักกีฬาฟุตบอลอังกฤษ เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนักกีฬาในสนามที่แตกต่างกัน รายงานฉบับหนึ่ง พบว่า นักกีฬาเคลื่อนที่เป็นระยะทางเฉลี่ย 8.7 กิโลเมตร และอีกฉบับหนึ่ง พบว่า มีการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเฉลี่ย 13.5 กิโลเมตร โดยการเคลื่อนที่ในครึ่งเวลาแรกมากกว่าครึ่งเวลาหลัง 5% และตำแหน่งกองกลาง มีการเคลื่อนที่เฉลี่ย 11.4 กิโลเมตร ตำแหน่งกองหลัง 11.1 กิโลเมตร และตำแหน่งกองหน้า10.5 กิโลเมตร โดยพบว่านักกีฬายืนในสนาม คิดเป็น 17.1 % ของเวลาทั้งหมด การวิ่งที่ความหนักของงานในระดับต่ำและมีคู่แข่งขัน 35.1 % การวิ่งช้า ๆ สบาย ๆ 1.7% การวิ่งด้วยความเร็วต่ำ 17.1% การวิ่งถอยหลัง 1.3% การวิ่งที่ความหนักของงานระดับสูง และมีคู่แข่งขัน 8.1% ของเวลาทั้งหมด ประกอบด้วย การวิ่งที่ความเร็วปานกลาง 5.3% การวิ่งด้วยความเร็วสูง 2.1% และวิ่งเร็วช่วงสั้น ๆ 0.7%

จากผลการวิจัยจะพบว่า การเคลื่อนที่ในกีฬาฟุตบอล ต้องทำอย่างรวดเร็ว โดยกล้ามเนื้อต้องออกแรงสูงสุด ในระยะทางสั้น ๆ อยู่บ่อย ๆ จึงสรุปว่า นักกีฬาฟุตบอลต้องใช้พลังงานเชิงแอนแอโรบิก ในขณะที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเกมการเล่น แต่ขณะเดียวกันนักกีฬาฟุตบอลก็จำเป็นต้องใช้พลังงานเชิงแอโรบิกในการที่ยืนระยะอยู่ในสนามแข่งขันจนครบ 90 นาทีหรือมากกว่าตามกติกาการแข่งขัน

การฝึกกีฬาฟุตบอล

1. ความหมายของการฝึก

การฝึก หรือการฝึกซ้อม (Training) เป็นกระบวนการสำคัญอันดับแรก ที่ผู้ฝึกสอนกีฬาทุกคนมักกล่าวถึงเมื่อต้องเตรียมนักกีฬาเพื่อเข้าแข่งขันในรายการต่าง ๆ โดยนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายการฝึก หรือการฝึกซ้อมไว้ ดังนี้

ประโยค สุทธิสง่า (2541, หน้า 174) กล่าวว่า การฝึกซ้อม หมายถึง การให้ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการเล่นกีฬาได้ทำงานมากกว่าในภาวะปกติอย่างเป็นระเบียบ และเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ เป็นผลให้ส่วนของร่างกายและอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งรูปร่าง และจนเหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก

ธาวุฒิ ปลื้มสำราญ (2542, หน้า 46) กล่าวว่า การฝึก หมายถึง การทำให้ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการเคลื่อนไหว มีการทำงานมากกว่าภาวะปกติอย่างเป็นระบบ ทำให้ส่วนของร่างกายนั้น ๆ และอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่าง และการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โสภณ อรุณรัตน์ และชาญชัย โพธิ์คลัง (2546, หน้า 8) กล่าวว่า การฝึก อาจนิยามได้ว่า เป็นกระบวนการ หรือแนวทางในการปฏิบัติที่เป็นระบบ (System Process) ของการกระทำซ้ำ การเพิ่ม การออกกำลังกายโดยการเพิ่มน้ำหนักของงานขึ้นตามสภาพของร่างกายที่ดีขึ้น ทั้งนี้โดยการรวมเอากระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) ตลอดจนการปรับร่างกายให้เข้ากับสภาพอากาศ (Acclimatization) เข้าด้วยกัน เพราะฉะนั้นการฝึก จึงเป็นกระบวนการที่นักกีฬาจะต้องปรับตัว ทั้งนี้เพื่อให้ตนเองมีประสิทธิภาพ โดยอาจจะทำการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดโดยโค้ช และเป็นการฝึกปฏิบัติของตนเอง ซึ่งเป็นผลทำให้ร่างกาย และจิตใจเตรียมพร้อมเพื่อการแข่งขัน เมื่อพูดถึงการฝึกมักจะแบ่งออกเป็น 2 ประการ คือ การฝึกหรือสร้างสมรรถภาพที่เฉพาะของนักกีฬานั้น ๆ (Conditioning) และการฝึกทางด้านเทคนิคของกีฬานั้น

เจริญ กระบวนรัตน์ (2548, หน้า 110) กล่าวถึง การฝึกด้านร่างกาย หมายถึง การให้อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทุกส่วนของร่างกายที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหว ได้ออกกำลังหรือทำงานในหน้าที่มากกว่าสภาวะปกติ (Overload Principle) อย่างมีระบบต่อเนื่องตามขั้นตอน เป็นผลให้อวัยวะที่ได้รับการฝึกเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาด รูปร่าง และประสิทธิภาพในการทำงานตามระดับความหนักเบา (Intensity) ของการฝึกซ้อม

Plowman and Smith (2008, p. 12) ให้ความหมายว่า การฝึก หมายถึง การวางแผนช่วงการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดความก้าวหน้าในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อพัฒนาหน้าที่การทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายให้มีสุขภาพร่างกาย และสมรรถภาพทางการกีฬาที่ดี โดยการฝึกออกกำลังกายมีเป้าหมาย 2 ประการคือ 1) สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี (Health-related Physical Fitness) และ 2) สมรรถภาพทางกายเฉพาะกีฬา (Sport-specific Physical Fitness) หรือบางครั้งเรียกว่า สมรรถภาพนักกีฬา (Athletic Fitness)

ดังนั้น จึงสรุปว่า การฝึกหรือการฝึกซ้อม (Training) หมายถึง กระบวนการ หรือแนวทางในการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ (System Process) ของอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทุกส่วนของร่างกายที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหว ได้ออกกำลังหรือทำงานในหน้าที่มากกว่าสภาวะปกติ (Overload Principle) เป็นผลให้ส่วนของร่างกาย และอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่าง และการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก การฝึกออกกำลังกายมีเป้าหมาย 2 ประการ คือ 1) สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี และ 2) สมรรถภาพทางกายเฉพาะกีฬาหรือบางครั้งเรียกว่า สมรรถภาพนักกีฬา

2. หลักพื้นฐานในการฝึกกีฬาฟุตบอล

ประโยค สุทธิสง่า (2541, หน้า 174-175) กล่าวว่า การฝึกกีฬาฟุตบอล เป็นกระบวนการหรือแนวทางเกี่ยวกับการปฏิบัติที่มีระบบแบบแผน ดังนั้น การฝึกจึงเป็นกระบวนการที่โค้ชฟุตบอลมีหน้าที่ และบทบาทโดยตรงในการที่จะพัฒนานักกีฬาฟุตบอลให้พัฒนา หรือปรับตัวทุก ๆ ด้าน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพื่อไปสู่เป้าหมายหรือสู่ความเป็นเลิศ กระบวนการปฏิบัติดังกล่าวโค้ชจะต้องเป็นผู้วางแผนจัดการฝึก ซึ่งนักกีฬาจะต้องเตรียมสภาพทางร่างกาย และจิตใจให้พร้อมในการฝึก และการแข่งขันได้ โดยโค้ชจะต้องเน้นองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. การฝึกเทคนิคและการแก้ไขความสามารถเฉพาะตัว หรือเสริมความชำนาญเฉพาะบุคคล เช่น การเคลื่อนไหว ทักษะพื้นฐานของฟุตบอล ตำแหน่งและหน้าที่ในการเล่น กติกาและระเบียบข้อบังคับที่สำคัญในการเล่น และรู้จักวิธีการวอร์มก่อน และหลังการฝึก

2. การฝึกยุทธวิธีหรือกลวิธี โค้ชจะต้องจัดหาและจัดการยุทธวิธีต่าง ๆ ให้นักกีฬาฟุตบอล เช่น ยุทธวิธีส่วนบุคคล ยุทธวิธีเป็นกลุ่ม และยุทธวิธีเป็นทีม ตลอดจนระบบการเล่นที่ดีที่สุด และเหมาะสมที่สุดในทีมของตน โดยกำหนดผู้เล่นเฉพาะตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและฝึกจนเกิดความชำนาญอย่างมีประสิทธิภาพ

3. การฝึกสมรรถภาพทางกาย สมรรถภาพทางกายนับเป็นสิ่งสำคัญมากในกีฬาฟุตบอล เพราะการมีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะส่งผลให้นักกีฬาฟุตบอลสามารถปฏิบัติเทคนิค แทคติค และสามารถวิ่งขึ้น – ลง ตลอด 90 นาที ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมรรถภาพทางกายที่จำเป็นสำหรับนักกีฬาฟุตบอลแยกโดยกว้าง ๆ คือ แรงกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทน

ซึ่ง สนธยา สีละมาด (2547, หน้า 135-166) ได้นำเสนอ กฎการฝึกทางด้านสรีรวิทยาเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. กฎของการใช้ความหนักมากกว่าปกติ (Law of Overload) เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงสมรรถภาพทางกาย เนื่องจากการพัฒนา (Adaptation) หรือผลของการฝึกซ้อม (Training Effect) จะเกิดขึ้นแต่เพียงถ้าร่างกายมีการทำงานที่ระดับเหนือกว่าระดับพฤติกรรมปกติที่ปฏิบัติอยู่ในชีวิตประจำวัน หรือการทำงานที่มีความหนักมากกว่าความหนักปกติที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน ซึ่งความหนักมากกว่าปกติจะเพิ่มแรงเครียดต่อระบบการทำงานของร่างกายในจำนวนที่มากกว่าปกติ หรือสภาพเคยชิน เช่น การออกกำลังกายจะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องทำงานต้านกับแรงต้านที่ มากกว่าปกติ โดยกล้ามเนื้อออกแรงทำงานหนักกว่าที่กล้ามเนื้อทำงานอยู่ในชีวิตประจำวัน จากการเพิ่มความหนัก (Intensity) ของการออกกำลังกาย หรือการเพิ่มความหนัก เพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อทำงานในระยะเวลา (Duration) ที่ยาวนานมากกว่าปกติ หรือโดยการปฏิบัติจำนวนครั้งที่มากขึ้น การปรับปรุงความอ่อนตัว (Flexibility) การเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of Motion) ต้องมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching) ให้มีความยาวมากกว่าปกติ หรือค้างการยืดเหยียดไว้ในเวลาที่ยาวนานถึงจะก่อให้เกิดการพัฒนาที่ตามมา

2. กฎของความเฉพาะเจาะจง (Law of Specificity) เป็นกฎเกี่ยวกับการประกอบกิจกรรมจะมีผลเฉพาะตามชนิดของการกระตุ้น หรือชนิดของกิจกรรม ซึ่งเป็นการประยุกต์ขึ้นตามชนิดของการพัฒนาที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อ การฝึกซ้อมความแข็งแรงจะมีผลทางด้านการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขณะที่การออกกำลังกายเพื่อฝึกความอดทน จะมีผลที่เฉพาะในการปรับปรุงความอดทนของกล้ามเนื้อ ความหนักของงานที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อร่างกายแตกต่างกัน การเพิ่มความแข็งแรงจะต้องทำการฝึกซ้อมที่ความหนักมากกว่าปกติ แรงต้านทานที่ต่ำกว่าระดับที่ร่างกายสามารถทำได้ (ต่ำกว่าระดับที่กล้ามเนื้อสามารถปฏิบัติได้ในภาวะปกติ) จะไม่มีผลในการเพิ่มความแข็งแรง

3. กฎของการย้อนกลับ (Law of Reversibility) หมายความถึง ระดับสมรรถภาพจะลดต่ำลง ถ้าการได้รับความหนักมากกว่าปกติจากการฝึกซ้อมไม่ต่อเนื่อง ความจริงผลของการฝึกซ้อมจะมีการย้อนกลับภายในตัวเอง ถ้าการฝึกซ้อมไม่เป็นสิ่งที่ท้าทายหรือหนักขึ้น ระดับสมรรถภาพก็จะคงที่ (Platcau) และถ้าหยุดการฝึกซ้อมระดับสมรรถภาพก็จะลดต่ำลงเป็นลำดับขั้นจนกระทั่งเคลื่อนต่ำลงถึงระดับที่จำเป็นสำหรับการประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

3. การวางแผนการฝึกซ้อมรายปี

การฝึกซ้อมรายปี คือกระบวนการฝึกซ้อมจากจุดเริ่มต้นดำเนินไปจนถึงการแข่งขันที่สำคัญ และตลอดถึงการฝึกซ้อมช่วงหลังการแข่งขันหรือช่วงฟื้นสภาพร่างกาย การฝึกซ้อมรายปีจะประกอบด้วยช่วงการฝึกซ้อม (Periods) 3 ช่วงคือ ช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation) ช่วงการแข่งขัน (Competition) และช่วงหลังการแข่งขันหรือการฟื้นสภาพ (Transition or Recovery) โดยในแต่ละช่วงการฝึกซ้อมจะประกอบด้วย จำนวนระยะการฝึกซ้อม (Phases) และมีจุดมุ่งหมายการฝึกซ้อม ความหนัก และระยะเวลาแตกต่างกัน (สนธยา สีละมาด, 2547 หน้า 531)

การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation Period) เป็นช่วงการฝึกซ้อมสำหรับเตรียมความพร้อมของนักกีฬาเข้าสู่การแข่งขัน บางครั้งอาจจะเรียกว่า การฝึกซ้อมช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน (Pre-season Training) ผู้ฝึกสอนจะกำหนดโปรแกรมเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและเทคนิคพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อการแข่งขัน ซึ่งโสภณ อรุณรัตน์ และชาญชัย โพธิ์คลัง (2546, หน้า 104) เสนอไว้ว่า ระยะเตรียม (Preparatory Period) ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน โดยแบ่งย่อยออกเป็นระยะเตรียม 3 ระยะ และระยะเตรียมระยะที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 2 เดือนครึ่ง เช่นเดียวกับสนธยา สีละมาด (2547, หน้า 250-252, 536) กล่าวว่า การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation Period) สำหรับกีฬาประเภททีมควรใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 ถึง 3 เดือน และการฝึกซ้อมเพื่อการพัฒนาโครงสร้างร่างกายเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกระดูก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับนักกีฬาหัดใหม่ที่ใช้โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบสถานี ควรมีระยะเวลาในการฝึกซ้อม 8 – 10 สัปดาห์

สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Siegler, Gaskill and Ruby (2003, pp. 379-87) ซึ่งทำการประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของพลัง ความอดทนเฉพาะของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 34 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 17 คน โดยทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึก 10 สัปดาห์ กลุ่มทดลองทำการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ฝึกโดยใช้แรงต้าน และฝึกแบบแอนแอโรบิกอย่างหนัก สำหรับกลุ่มควบคุมทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกีฬาฟุตบอลที่เป็นแบบแอโรบิกทั่วไป ผลการวิจัย พบว่า ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลอง มีการพัฒนาในรายการวิ่งกลับตัว 45 นาที และวิ่งเร็ว 20 เมตร มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ทำให้เกิดความเมื่อยล้าช้าลง ประสิทธิภาพในการแข่งขันดีขึ้น

Mjolsnes et al. (2004, pp. 311-317) ทำการเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยน้ำหนักต่างวิธีที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในเวลา 10 สัปดาห์ ในนักกีฬาฟุตบอลชายที่ฝึกมาเป็นอย่างดี จำนวน 21 คน โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยการงอทั่วไป กลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยวิธีของ Nordic ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการฝึก 10 สัปดาห์ มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาฟุตบอลกลุ่มที่ ฝึกด้วยวิธีของ Nordic มากกว่ากลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยการงอทั่วไป

McMillan et al. (2005, pp. 273-277) ได้ศึกษาการพัฒนาเชิงสรีรวิทยาจากการฝึกความอดทนเฉพาะของกีฬาฟุตบอล ในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนอาชีพ จำนวน 11 คน ทำการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกสลับพัก (Interval Training) สัปดาห์ละ 2 วัน ในวันอื่น ๆ ฝึกโปรแกรมฟุตบอลปกติ ผลการศึกษาภายหลังการฝึกเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ค่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเพิ่มขึ้น (จาก 63.4 ± 5.6 เป็น 69.8 ± 6.6 ml/ kg/ min) ค่ากำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่วัดโดยการทดสอบยืนกระโดดไกลโดยไม่ใช้แขน (Squat Jump) และการยืนกระโดดสูงโดยไม่ใช้แขน (Counter Movement Jump) มีค่าเพิ่มขึ้น (จาก 37.7 ± 6.2 เป็น 40.3 ± 6.1 เซนติเมตร และ 52.0 ± 4.0 เป็น 53.4 ± 4.2 เซนติเมตร ตามลำดับ)

Gabbett, Johns and Riemann (2008, pp. 910-917) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพหลังการฝึกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลลีกเด็ก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาระยะเวลาของการพัฒนาจากการฝึกของนักกีฬายุวชน และเยาวชน โดยกลุ่มตัวอย่างกลุ่มยุวชน จำนวน 14 คน อายุเฉลี่ย 14 ปี กลุ่มเยาวชน จำนวน 21 คน อายุเฉลี่ย 17 ปี โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกตามโปรแกรมความแข็งแรง การเสริมสร้างร่างกาย และทักษะกีฬา สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา

10 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการฝึกทำการวัดส่วนสูง ชั่งน้ำหนัก วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 7 จุด ทดสอบยืนกระโดดสูง วิ่งเร็วระยะทาง 10 เมตร, 20 เมตร และ 40 เมตร ทดสอบความคล่องตัว และทดสอบวิ่งเพิ่มระยะทาง นอกจากนั้นจะต้องทำการทดสอบย่อยทุก ๆ 3 สัปดาห์ เพื่อประเมินพัฒนาการและกระตุ้นการฝึก โดยทดสอบร่างกายส่วนบน ด้วยการดันพื้น 60 วินาที (60 – Second Push-up), ลุก -นั่ง (Sit-up) และดึงข้อ (Chin-up Test) ทดสอบร่างกายส่วนล่าง ด้วยการยืนกระโดดสูงวัดแรงกระทบ (Multiple-effort Vertical Jump Test) เพื่อวัดความอดทนของกล้ามเนื้อ ผลการศึกษาพบว่า มีการพัฒนาของพลังแอโรบิกสูงสุด และความอดทนของกล้ามเนื้อของนักกีฬาทั้งยุวชน และเยาวชน โดยกลุ่มยุวชนมีการพัฒนาเรื่องของความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ พลังแอโรบิกสูงสุด และความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนบนมากที่สุด ขณะที่กลุ่มเยาวชนมีการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อส่วนล่างมากที่สุด ผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า นักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับยุวชน (อายุน้อยกว่า 15 ปี) และระดับเยาวชน (อายุน้อยกว่า 18 ปี) มีการพัฒนาแตกต่างกันเมื่อได้รับการฝึก ดังนั้น โปรแกรมการฝึกควรได้รับการปรุงปรุงหากนักกีฬามีความแตกต่างเรื่องของการเจริญเติบโตและอายุ

ธำรง บุญพรม (2551) ได้ศึกษาผลการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขาที่มีต่อสมรรถภาพอนากาศนิยมในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล โดยนำกลุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบสมรรถภาพอนากาศนิยม แล้วแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมฝึกตามปกติ และกลุ่มทดลองฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขา 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีพลังแบบแอนแอโรบิก สมรรถวิสัยแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความล้าดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

สรีรวิทยากับกีฬาฟุตบอล

สรีรวิทยา (Physiology) เป็นการศึกษาหน้าที่การทำงานของกลุ่มเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบต่าง ๆ ในร่างกายดังตารางที่ 2-2 ซึ่งแต่ละระบบจะประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ที่แบ่งหน้าที่กันทำงานอย่างสอดคล้องสัมพันธ์กันเพื่อให้ผลการทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-2 ระบบการทำงานในร่างกาย: อวัยวะหลัก และหน้าที่ (วันเพ็ญ ภูติจันทร์, 2548, หน้า 328 อ้างอิงจาก Campbell et al., 1999, p. 785)

ระบบ	อวัยวะหลัก	หน้าที่หลัก
กระดูก	กระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นกระดูก กระดูกอ่อน	รักษารูปร่างของร่างกาย ป้องกันอันตรายของอวัยวะภายใน เช่น สมอง ไขสันหลัง
กล้ามเนื้อ	กล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อกระดูก	การเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่
หมุนเวียนเลือด	หัวใจ หลอดเลือด หลอดน้ำเหลือง	การลำเลียงสารอาหาร ออกซิเจนไปยังเซลล์ทั่วร่างกาย และลำเลียงของเสียออกจากเซลล์ การป้องกันร่างกายจากเชื้อโรค หรือสิ่งแปลกปลอม
หายใจ	ปอด หลอดลม ทางเดินอาหาร	การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์
ย่อยอาหาร	ปาก กอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ ตับ ดับอ่อน	การกิน การย่อย การดูดซึม การขับกากอาหาร
ขับถ่าย	ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ ท่อปัสสาวะ	ขับของเสียออกนอกร่างกาย ควบคุมแรงดันออสโมติกในเลือด
ประสาท	สมอง ไขสันหลัง เซลล์ประสาท และอวัยวะรับความรู้สึกต่าง ๆ	ประสานกิจกรรมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย รับความรู้สึก และตอบสนองสิ่งเร้า
ต่อมไร้ท่อ	ต่อมใต้สมอง ต่อมไทรอยด์ ดับอ่อน ต่อมหมวกไต ฯลฯ	ประสานกิจกรรมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย
รับความรู้สึก	ปลายประสาทรับความรู้สึก ผิวหนัง ลิ้น จมูก หู ตา	รับรู้การสัมผัส อุณหภูมิ การเจ็บปวด การรับรส การได้กลิ่น การมองเห็น
สืบพันธุ์	รังไข่ อัณฑะ และอวัยวะที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์	การสืบเนื่องเผ่าพันธุ์

การทำงานของอวัยวะ และระบบต่าง ๆ ของร่างกายในภาวะปกติจะมีการทำงานเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละขณะ มากขึ้นบ้างน้อยลงบ้าง แต่จะอยู่ในขอบเขตที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกาย เช่น การหายใจในขณะหลับ จะหายใจลึกแต่ช้า อาจเหลือเพียง 8 – 10 ครั้งต่อนาที ในขณะออกกำลังกายจะหายใจทั้งลึกและเร็ว แต่ขณะตกใจอาจหายใจเร็วแต่ตื้น เด็กทารกหายใจเร็วกว่าผู้ใหญ่ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการทำงานแต่ละระบบมีความแปรผันได้ในขอบเขตขนาดหนึ่ง โดยการแปรผันเหล่านี้อาจเกิดจากช่วงเวลา อายุ เพศ อาหาร รวมถึงกิจกรรมการออกกำลังกาย และการฝึกกีฬา เป็นต้น ซึ่งหากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในขอบเขตปกติ เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (ทวีศักดิ์ บูรณวุฒิ และคณะ, 2549, หน้า 1; วันเพ็ญ ภูติจันทร์, 2548, หน้า 1-4; วัฒนา วัฒนาภา และคณะ, 2547, หน้า 1-2) ในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ระบบต่าง ๆ

ภายในร่างกาย ซึ่งเป็นพื้นฐานทางสรีรวิทยาที่ช่วยสนับสนุนการเคลื่อนไหวในการออกกำลังกายและเล่นกีฬา ที่สำคัญแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ (Plowman & Smith, 2003, pp. 1-5) ได้แก่

1. ระบบหัวใจไหลเวียนโลหิตและหายใจ (Cardiovascular-respiratory System) การไหลเวียน เพื่อขนส่งก๊าซออกซิเจนและสารต้นตอของพลังงานเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ และขนส่งของเสียที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ออกนอกเซลล์ ส่วนของการหายใจทำหน้าที่ในการนำอากาศเข้าสู่ร่างกาย เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างก๊าซออกซิเจนกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปอดและเซลล์กล้ามเนื้อ ขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ในการขนย้ายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย

2. ระบบการสันดาป (Metabolic System) ทำหน้าที่ในการสร้างพลังงาน การรักษาสมดุลของพลังงานที่รับเข้ามาและถูกใช้ไป เพื่อการควบคุมส่วนประกอบของร่างกายและน้ำหนัก

3. ระบบประสาทกล้ามเนื้อและโครงร่าง (Neuromuscular-skcletal System) ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวร่างกายหรือออกกำลังกาย โดยการเคลื่อนไหวนั้นเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อภายใต้การกระตุ้นของกระแสประสาท โดยมีกระดูกซึ่งเป็นระบบโครงร่างเป็นคาน

สำหรับพื้นฐานทางสรีรวิทยาทั้ง 3 ระบบ นับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะช่วยสนับสนุนการเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬาฟุตบอลให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่ง Raven et al. (1976, pp. 209-216) ได้ทำการศึกษาสรีรวิทยาของทีมนักกีฬาฟุตบอลอาชีพในลีกของอเมริกาเหนือ เพื่อประเมินการทำงานทางด้านสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 18 คน จากสโมสร Dallas Tornado โดยทำการทดสอบการทำงานของระบบหัวใจและการหายใจ สมรรถนะด้านความอดทน สัดส่วนของร่างกาย สารเคมีในเลือด และทักษะกลไก ในช่วงใกล้สิ้นสุดฤดูกาลแข่งขัน จากนั้นนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคนทั่วไปและนักกีฬารักบี้ฟุตบอลตำแหน่งกองหลัง ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยด้านต่าง ๆ ดังนี้ อายุ 26 ปี ส่วนสูง 176 เซนติเมตร น้ำหนัก 75.5 กิโลเมตร อัตราชีพจรขณะพัก 50 ครั้ง/ นาที อัตราชีพจรสูงสุด 188 ครั้ง/ นาที ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 58.4 ม.ม./กิโลเมตร/ นาที การระบายอากาศสูงสุด 154 ลิตร/ นาที เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 9.59% วิ่งในเวลา 12 นาที ได้ระยะทาง 1.86 ไมล์ และค่าการทดสอบความคล่องตัวด้วยวิธีของ Illinois ใช้เวลา 15.6 วินาที ซึ่งเมื่อนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบ พบว่า นักกีฬาฟุตบอล มีผลการทดสอบดีกว่าคนทั่วไป แต่คล้ายกับนักกีฬารักบี้ฟุตบอลตำแหน่งกองหลัง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีการวัดการเปลี่ยนแปลงเชิงสรีรวิทยาหลังการฝึก 10 สัปดาห์ ของนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียนกีฬาจังหวัดอ่างทอง ประกอบด้วยรายการ ดังนี้ 1) สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก 2) สมรรถภาพด้านแอ-โรบิก 3) สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ 4) สัดส่วนของร่างกาย 5) ความหนาแน่นของกระดูก และ 6) ภาพลักษณ์ของเลือด โดยแต่ละรายการมีรายละเอียด ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก (Anaerobic Fitness)

1. ความหมายและความสำคัญกับการเล่นกีฬาฟุตบอล

สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก หมายถึง ความสามารถของร่างกายในอันที่จะสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ซึ่งเป็นการทำงานที่กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ สารต้นตอของพลังงานได้จากฟอสโฟครีเอติน (PC) และไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเป็นหลัก ซึ่งกีฬาฟุตบอลก็ถูกจัดอยู่ในข่ายนี้เช่นกัน เพราะ กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวหลากหลายรูปแบบตลอดเกมการแข่งขัน 90 นาที หรือมากกว่า โดยนักกีฬาต้องแสดงกิจกรรมในลักษณะที่เป็นการสร้างกำลังสูงสุดอยู่บ่อย ๆ และบางครั้งก็ต้องคงสภาพหรือกระทำกิจกรรมซ้ำ ๆ ในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น การวิ่งเร็วสูงสุด (Sprinting) คิดเป็นระยะทาง 11% ของระยะทางรวม 8 – 13 กิโลเมตรต่อการแข่งขันแต่ละเกม นอกจากนี้นักกีฬา ยังต้องเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวเป็นจำนวนพัน ๆ ครั้งโดยมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวทุก ๆ 6 วินาที ทำให้นักกีฬาต้องสร้างพลังงานจากไกลโคเจนโดยวิธี ไม่ใช้ออกซิเจนภายในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก เพื่อสร้างกำลังสูงสุด ในการเคลื่อนไหวร่างกาย (Reilly & Williams, 2003) และสมรรถภาพทางด้านแอนแอโรบิกจะเกิดขึ้นได้นั้นก็ต้องอาศัยโปรแกรมการฝึกเป็นสำคัญ ซึ่ง Boraczynski and Urniaz (2008) ค้นพบว่าประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอนแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอล หลังการฝึก (843.5 ± 85.5 W) สูงกว่าประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอนแอโรบิกก่อนการฝึก (818.5 ± 86.3 W) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันเป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยทำการทดสอบก่อนการฝึก และหลังการฝึก ด้วยโปรแกรมการฝึกเน้นความแข็งแรง และความอดทนของนักกีฬา

2. การทดสอบสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก

การเล่นกีฬาที่ต้องเคลื่อนไหวร่างกายอย่างเฉียบพลันทันทีทันใด หรือการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้แรงสูงสุดในระยะเวลาอันสั้น นักกีฬาที่ดีจะต้องมีพื้นฐานความเร็วที่สูงมาก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ และการประสานงานของระบบประสาท (Neuromuscular Ability) การประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อทดสอบสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก มีวิธีการวัดอยู่หลายวิธีซึ่งสามารถทำการทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ และทดสอบภาคสนาม เช่น การยืนกระโดดสูง (Vertical Jump Test) การวิ่งระยะสั้น (Short Sprints) แบบทดสอบมากาเรีย-คาลาเมน พาวเวอร์ (Margaria–Kalamen Power Test) แบบทดสอบวินเกท (30-Second Wingate Test) การวิ่งเร็ว 35 เมตร 6 เที่ยว (Running-based Anaerobic Sprint Test) หรือ ราสท์ (RAST) เป็นต้น (Topendsports, 2008) ซึ่งการเลือกแบบทดสอบสมรรถกาพด้านแอนแอโรบิก ในแต่ละชนิดกีฬานั้น จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ของแบบทดสอบกับชนิดกีฬาที่ทำการทดสอบ โดยมีจุดมุ่งหมายในการประเมินพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังสูงสุดที่แสดงออกมาของนักกีฬา

โดยทั่วไปเมื่อต้องการวัดความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ ออกซิเจนในการทดสอบนักกีฬา แบบทดสอบที่นิยมใช้ คือ แบบทดสอบ 30 วินาที วินเกท ซึ่งเป็นการวัดที่กระทำในห้องปฏิบัติการ โดยให้ผู้รับการทดสอบขี่จักรยานอยู่กับที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาที โดยความหนักของงานขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวของผู้รับการทดสอบ จึงเป็นแบบทดสอบที่มีความแม่นตรง และความน่าเชื่อถือสูง แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานของร่างกายพบว่าร่างกายไม่ได้เคลื่อนที่อย่างเต็มที่ทุกส่วน โดยการทำงานเน้นไปที่ร่างกายส่วนล่างเป็นสำคัญ ดังนั้นการทดสอบนี้น่าจะเหมาะสมกับนักกีฬาจักรยาน ส่วนกีฬาฟุตบอลก็ควรเลือกวิธีการทดสอบที่เป็นภาคสนามซึ่งมีรูปแบบของการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล ได้แก่ แบบทดสอบวิ่งเร็ว 35 เมตร 6 เที่ยว ซึ่งเป็นแบบทดสอบภาคสนามที่มีค่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบ 30 วินาที วินเกท ในห้องปฏิบัติการ จากการทดสอบหาค่าพลังสูงสุด และพลังเฉลี่ยของการทำงานแบบแอนแอโรบิก ที่ระดับ .01 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.82 และ 0.75 ตามลำดับ (Elias, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ ดุสิต พรหมอ่อน (2549) พบว่า พลังอนากาศนิยมและสมรรถภาพอนากาศนิยมที่ได้จากแบบทดสอบ 30 วินาที วินเกทในห้องปฏิบัติการกับแบบทดสอบวิ่งเร็ว 35 เมตร 6 เที่ยว จากภาคสนามมีความสัมพันธ์กันที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.629 และ 0.803 ตามลำดับ

สมรรถภาพด้านแอโรบิก (Aerobic Fitness)

1. ความหมายและความสำคัญกับการเล่นกีฬาฟุตบอล

สมรรถภาพด้านแอโรบิก หมายถึง ความสามารถของร่างกาย ในอันที่จะสร้างพลังงานแบบแอโรบิก หรือความอดทน ซึ่ง ประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 96) อธิบายว่า “เป็นความสามารถของร่างกายที่ทนต่อการทำงานที่มีความเข้มข้นปานกลาง ได้เป็นระยะเวลานาน” หรือสิ่งที่ช่วยสนับสนุนให้สามารถทำงานได้เป็นเวลานาน ๆ เช่น ความสามารถในการเดิน การวิ่ง การปีนเขา การว่ายน้ำ ซึ่งรูปแบบการเล่นกีฬา การทำงาน นันทนาการ และกิจกรรมที่เกี่ยวกับการทหารส่วนใหญ่ ล้วนแต่มีพื้นฐานสมรรถภาพด้านแอโรบิกรวมอยู่ด้วย

โดยทั่วไปกิจกรรมที่ใช้เวลาน้อยกว่า 12 นาที จะยังไม่ถือว่าเป็นแอโรบิกเต็มที่เพราะคำว่า “แอโรบิก” มีความหมายว่า ตลอดช่วงของการทำกิจกรรมจนบรรลุผล งานที่เกิดขึ้นได้จากการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว การออกกำลังกายที่ใช้กำลังมากในระยะเวลาที่น้อยกว่า 12 นาที ส่วนใหญ่เป็นการเผาผลาญแบบแอนแอโรบิก ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ในการเผาผลาญแบบแอนแอโรบิก จะใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในร่างกายซึ่งมีจำนวนจำกัด ส่วนการออกกำลังกาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

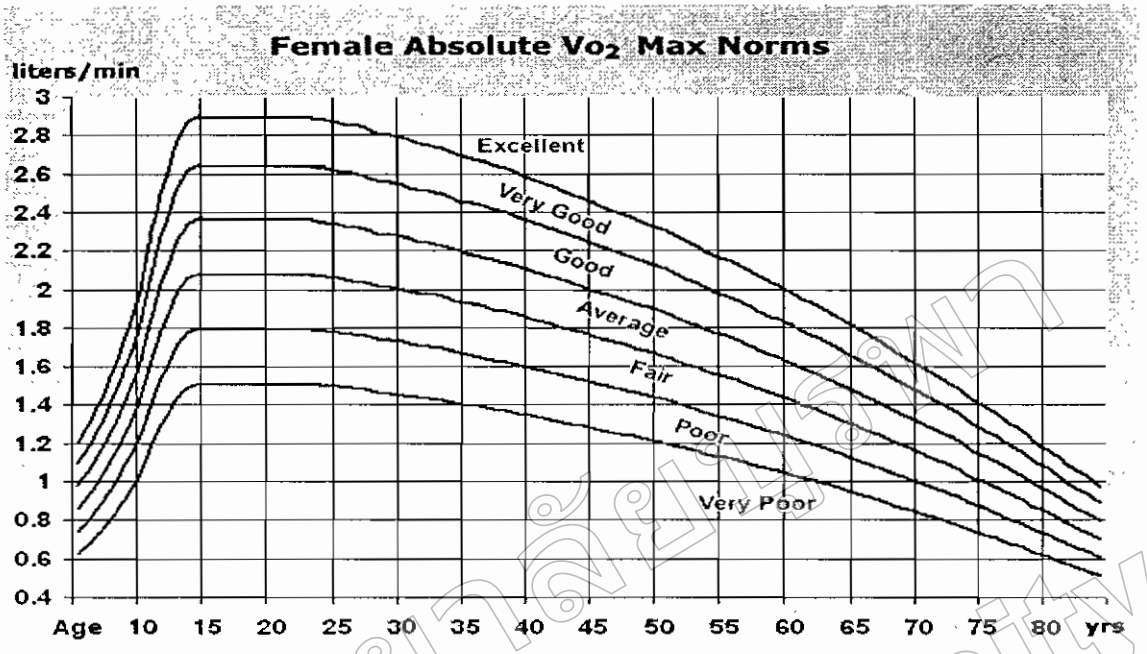
เป็นเวลานาน และมากกว่า 12 นาที เป็นการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก ซึ่งงานเกิดจากการที่กล้ามเนื้อใช้ออกซิเจนเผาผลาญไขมัน และคาร์โบไฮเดรท สร้างพลังงานที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือการเคลื่อนที่ของสิ่งของที่อยู่นอกร่างกาย

ในการทำงานแบบแอโรบิก ก๊าซออกซิเจนได้จากอากาศ และขนส่งจากปอดไปยังเลือดและเข้าสู่กล้ามเนื้อโดยระบบไหลเวียนโลหิต ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้หรือพลังแอโรบิกสูงสุด (VO_2 max) เป็นตัวชี้วัดสมรรถภาพด้านแอโรบิก ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้หาได้จากการวัดความสามารถในการนำออกซิเจนไปใช้ระหว่างการทำงานที่ระดับสูงสุด เช่น ขณะวิ่งบนลู่วิ่งกล หรือขณะขี่จักรยาน โดยการออกกำลังกายเป็นเวลาอย่างน้อย 12 นาที ที่ความหนักของงานต่ำกว่าระดับสูงสุด หลังจากออกแรงสูงสุด 1 – 2 นาที ค่าความสามารถในการนำออกซิเจนไปใช้ที่วัดได้ในระหว่างนี้ หมายถึง ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) เมื่อค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) เพิ่มขึ้น ระดับของสมรรถภาพด้านแอโรบิกก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

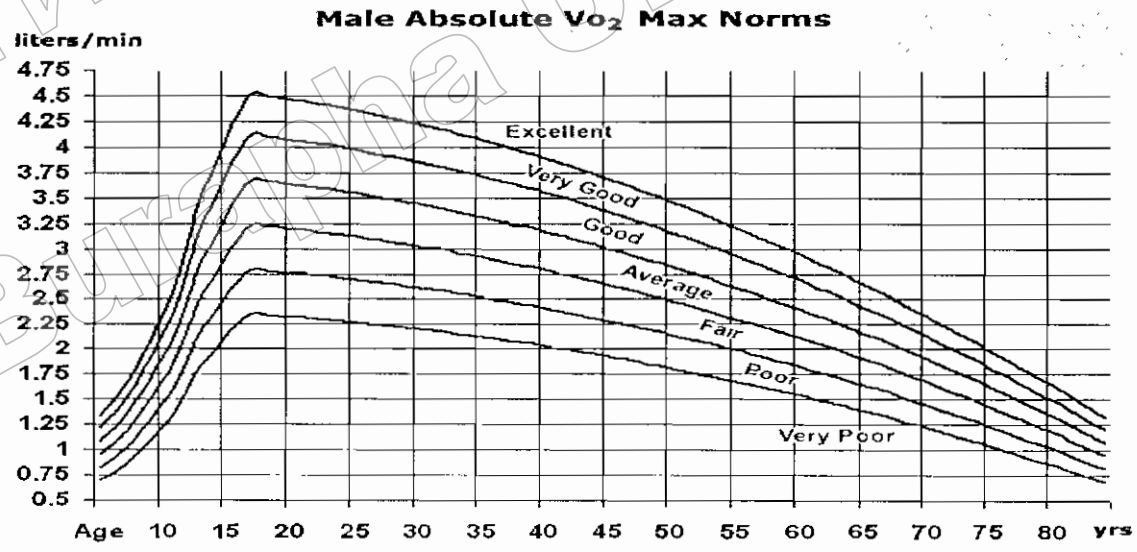
สมรรถภาพด้านแอโรบิก สามารถพัฒนาได้จากการฝึก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boraczynski and Urniaz (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลในการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันโดยทำการทดสอบก่อนการฝึก และหลังการฝึก 5 สัปดาห์ โปรแกรมการฝึกเน้นความแข็งแรงและความอดทนของนักกีฬา ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลหลังการฝึก (208.9 ± 29.0 w) สูงกว่าประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกก่อนการฝึก(198.6 ± 35.8 w) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ขณะเดียวกันก็ยังมีปัจจัยพื้นฐานทางด้านอายุ และเพศเป็นตัวกำหนดด้วยเช่นกัน โดยจะมีค่าสูงสุด เมื่อ อายุ 15 – 20 ปี ในเพศหญิง (ภาพที่ 2-1) และอายุ 18, 19 ปี ในเพศชาย (ภาพที่ 2-2) จะลดลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ขณะเดียวกันเพศชายจะมีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) สูงกว่าเพศหญิง เหตุผลหลักคือสมรรถภาพด้านแอโรบิกจะสัมพันธ์กับน้ำหนักของกล้ามเนื้อในร่างกาย และค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อซึ่งเพศชายจะสูงกว่าเพศหญิง

นอกจากความแตกต่างทางสรีรวิทยาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้คนเพศเดียวกันและอายุเท่ากันมีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) แตกต่างกัน บางคนค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) สูง โดยที่ไม่ได้ออกกำลังกาย เพราะเกิดจากพันธุกรรม และปัจจัยอื่น ๆ แต่ขณะที่บางคนออกกำลังกายเป็นประจำแต่ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) ไม่สูง (Universal Fitness Tester, 2008)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-1 แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) ของประชาชนอเมริกาเหนือ และชาวยุโรป เพศหญิง อายุระหว่าง 6-85 ปี (Universal Fitness Tester, 2008)



ภาพที่ 2-2 แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO2 max) ของประชาชนอเมริกาเหนือ และชาวยุโรป เพศชาย อายุระหว่าง 6-85 ปี (Universal Fitness Tester, 2008)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับนักกีฬาฟุตบอลสมรรถภาพด้านแอโรบิก นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะกีฬาฟุตบอล นักกีฬาต้องเคลื่อนไหวร่างกายในสนาม ครอบคลุมระยะทางรวมประมาณ 10 กิโลเมตร ในเวลา 90 นาที หรือมากกว่า โดยการเคลื่อนไหวต้องใช้พลังงานในเชิงแอโรบิก ราว 72.3% หรือเกือบ 2 ใน 3 ของเวลาการแข่งขันทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย การยืนในสนาม 17.1% การวิ่งที่ความหนักของงานในระดับต่ำและมีคู่แข่งขัน 35.1% การวิ่งช้า ๆ สบาย ๆ 1.7% การวิ่งด้วยความเร็วต่ำ 17.1% และการวิ่งถอยหลัง 1.3% ของเวลาทั้งหมด ในการแข่งขันแต่ละเกม (สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ, 2548)

2. การทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิก

ปัจจุบันการทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิกเพื่อหาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) มีอยู่หลายวิธี ทั้งโดยทางตรง และทางอ้อม วัดขณะที่ร่างกายออกกำลังที่ระดับสูงสุด และต่ำกว่าระดับสูงสุด หรือ วัดขณะที่ร่างกายไม่ออกกำลังกาย (Lacy & Douglas, 2007) ซึ่งสามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ โดยการขี่จักรยาน การเดิน-วิ่งบนวิ่งกล เช่น แบบทดสอบวัดความรู้สึก (Ratings Perceived Exertion; RPE) แบบทดสอบออสทรานและไรมิ่ง (Astrand and Rhyminng Test) แบบทดสอบของวาย เอ็ม ซี เอ (YMCA Ergometer Test) แบบทดสอบแรม (Ramp Test) แบบทดสอบหาค่า VO_2 max โดยใช้เทรดมิล (Treadmill VO_2 max Test) เป็นต้น ส่วนการทดสอบภาคสนามสามารถทำได้โดยการเดิน – วิ่งในระยะทางต่าง ๆ กัน เช่น แบบทดสอบวิ่ง 2.4 กิโลเมตร (2.4 Km. Run Test) แบบทดสอบวิ่งระยะ 12 นาที (12 Minute Distance-run Test หรือ Cooper Test) แบบทดสอบวิ่ง-เดิน 1 ไมล์ (1-Mile-run-walk Test) แบบทดสอบก้าวขึ้น-ลง 3 นาที ของแมคอาเดิ้ล (MaArdle's Three-minute Step Test) และแบบทดสอบวิ่งเพิ่มระยะทาง (Yo-yo Intermittent Endurance Test หรือ Yo-yo Test) เป็นต้น ซึ่งการเลือกแบบ ทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิก ในแต่ละชนิดกีฬานั้นจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแบบ ทดสอบกับชนิดกีฬาที่ทำการทดสอบโดยมีจุดมุ่งหมายในการประเมินพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบหัวใจ และไหลเวียนโลหิตรวมทั้งระบบหายใจเพื่อนำออกซิเจนไปใช้ในการสร้างพลังงานได้เพียงพอต่อการทำงานของนักกีฬา (ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2548; Lacy & Hastad, 2007; BrianMac Sports Coach, 2008) การทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิกในกีฬาฟุตบอล ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ แบบทดสอบออสทรานและไรมิ่ง แบบทดสอบแรม แบบทดสอบหาค่า VO_2 max โดยใช้เทรดมิล สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และน่าเชื่อถือ ส่วนการทดสอบภาคสนามวิธีที่นิยมใช้ คือ การวิ่ง 12 นาที การวิ่ง-เดิน 1 ไมล์ ซึ่งเป็นการทดสอบที่สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และเหมาะสำหรับการทดสอบที่มีผู้รับการทดสอบจำนวนมาก วิธีปฏิบัติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ในการทดสอบ ผู้รับการทดสอบวิ่งให้ได้ระยะทางมากที่สุดในเวลา 12 นาที หรือ วิ่ง-เดินระยะทาง 1 ไมล์ ให้ได้เวลาน้อยที่สุด โดยร่างกายเคลื่อนไหวในลักษณะเดียวกันตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ แต่การเล่นฟุตบอล นักกีฬาจะต้องเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น การวิ่งตรงไปข้างหน้า การสไลด์ซ้าย-ขวา การวิ่งถอยหลัง การวิ่งครงแล้วหยุดกลับหลังหัน ฯลฯ ดังนั้น วิธีการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวิ่งเพิ่ม ซึ่งเป็นแบบทดสอบภาคสนาม วิธีการปฏิบัติโดยการวิ่งที่ความเร็วต่างกันในระยะทาง 20 เมตร และมีระยะเวลาพักระหว่างการวิ่ง เป็นช่วง ๆ และจากการทดสอบความสัมพันธ์เพื่อหาค่า VO_2 max โดยใช้เทรดมิล (ห้องปฏิบัติการ) กับแบบ ทดสอบการวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะทาง (ภาคสนาม) พบว่า มีความ สัมพันธ์กันในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.92 และ 0.86 ตามลำดับ ดังนั้น ในกีฬาฟุตบอลที่มีการวิ่งเปลี่ยนทิศทางบ่อย ๆ แบบทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะทาง จึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าแบบทดสอบอื่น (Grant, et al. 1995)

สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะกีฬาฟุตบอล

เป้าหมายสำคัญในการฝึกซ้อมกีฬาเพื่อการแข่งขัน คือ ชัยชนะ ซึ่งชัยชนะจะเกิดขึ้นได้ไม่เพียงแต่นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับการมีความอดทนของระบบหัวใจ และหลอดเลือด, ความอ่อนตัว, สัดส่วนร่างกาย, ความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อที่สูงกว่าบุคคลทั่วไปเพียงอย่างเดียว จะทำให้ประสบผลสำเร็จ และได้รับชัยชนะจากการแข่งขันกีฬาได้ ความสำเร็จในการกีฬาจะเกิดขึ้นได้นั้นนักกีฬาจะต้องมีความสามารถในการแสดงทักษะกีฬาที่เล่นได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ โดยทักษะที่แสดงออกแต่ละอย่างในแต่ละชนิดกีฬาจะต้องมีความสอดคล้องกับสมรรถภาพทางกาย ซึ่งเรียกว่า สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ (Skill-related Physical Fitness) หรือบางครั้งเรียกว่า สมรรถภาพทางกีฬา (Sports Fitness) หรือสมรรถภพทางกลไก (Motor Fitness) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่ช่วยให้นักกีฬาแสดงทักษะการเคลื่อนไหวหรือทักษะทางการกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Lacy & Hastad, 2007)

ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีสนามกว้าง และผู้เล่นจำนวนมาก ดังนั้นธรรมชาติของการเล่นกีฬาฟุตบอล จึงมีการเคลื่อนไหวร่างกายหลากหลายรูปแบบเช่น การครอบครองลูกบอลโดยการวิ่งเลี้ยงลูกบอลด้วยความเร็วเพื่อเข้าทำประตู พร้อมกับการเลี้ยงหลบหลีกผู้เล่นกองหลังของคู่แข่งขัน รวมถึงการเลือกยิงประตู โดยการกำหนดทิศทางของลูกบอลในตำแหน่งที่ผู้รักษาประตูไม่สามารถเข้าสกัดกั้นได้ทันเวลา ขณะเดียวกัน หากถูกสกัดกั้นโดยกองหลังของคู่แข่งขันนักกีฬาที่ครอบครองลูกบอลก็จะต้องมองหาตำแหน่งเพื่อนที่ว่างเพื่อส่งลูกบอลต่อไป โดยอาจจะต้องกลับหลังหันเพื่อเลี้ยงบอลขึ้นมาในแดนกลาง หรือด้านข้างปีกซ้าย-ปีกขวาของสนามทั้งสองด้าน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ผู้เล่นต้องอาศัยสมรรถภาพทั้งเรื่อง ความเร็วในการวิ่งเลี้ยงบอล ความสมดุล และความคล่องตัว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อเลี้ยงลูกบอลหลบหลีกคู่แข่งขัน ความสัมพันธ์ในการทำงานของสายตากับเท้า ในการส่งบอลให้เพื่อนหรือการกำหนดทิศทางของลูกบอลในการยิงประตู เมื่อยิงประตูก็ต้องออกแรงเต็มที่ กล้ามเนื้อขา สะโพก ต้องมีกำลัง และต้องกระทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยใช้เวลาให้น้อยที่สุดเพื่อป้องกันการถูกแย่งลูกบอล หรือการสกัดกั้นของผู้รักษาประตู ซึ่งทั้ง 6 ด้านที่กล่าวถึงล้วนเป็นองค์ ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ ที่นักกีฬาฟุตบอลทุกคนต้องมี แต่มิได้มีความจำเป็นกับบุคคลทั่วไป ที่มีองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดีอยู่แล้ว

1. องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะ ประกอบด้วย

1.1 ความคล่องตัว (Agility) หมายถึง ความสามารถของร่างกาย หรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่สามารถเปลี่ยนทิศทางหรือท่าทาง (Change Direction or Position) ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ความคล่องตัวมีความสำคัญต่อกีฬาหลายประเภท เช่น การเล่นแบดมินตัน การตีลังกาบนแทมโพลีน บิดลำตัวตีลังกากลับหลัง การเลี้ยงลูกบอลหลบหลีกคู่ต่อสู้ เป็นต้น

1.2 ความสมดุลของร่างกาย (Balance) หมายถึง ความสามารถในการคงตำแหน่งร่างกาย ความสมดุลของร่างกายเป็นเสมือนกุญแจที่นำไปสู่ความสำเร็จในการประกอบกิจกรรมทางการกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกีฬาที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอย่างฉับพลัน เช่น การกระโดดโหม่งลูกบอลกลางอากาศพร้อมกับคู่แข่งขัน นักกีฬาต้องมีความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเป็นอย่างดี จึงสามารถลงสู่พื้นได้โดยไม่เสียการทรงตัว

1.3 ความสัมพันธ์ในการทำงานของแต่ละส่วนของร่างกาย (Co-ordination) หมายถึง ความสามารถที่จะแสดงออกของความสัมพันธ์ในการทำงานของแต่ละส่วนของร่างกาย เช่น การเตะลูกบอลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตากับเท้า การเคลื่อนตัวเพื่อป้องกันประตูของผู้รักษาประตูฟุตบอลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตา มือ และเท้า เป็นต้น

1.4 เวลาปฏิกิริยา (Reaction Time) หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกได้อย่างรวดเร็ว หรือความสามารถในการตอบสนอง ได้อย่างรวดเร็วของประสาทสั่งงานต่อสิ่งที่มากระตุ้นทางกายภาพ เช่น การพุ่งปัดลูกบอลของผู้รักษาประตู การใช้เท้าสกัดกั้นลูกฟุตบอลของผู้เล่นกองหลัง ขณะที่คู่แข่งขันกำลังยิงประตู เป็นต้น

1.5 ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของร่างกาย ในการเคลื่อนไหว หรือเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยใช้เวลาสั้นที่สุด ซึ่งจะต้องอาศัยประสิทธิภาพจากการควบคุมสั่งการ และปฏิกิริยาตอบสนองของระบบประสาทที่มีการตอบสนองสั่งการไปยังระบบต่าง ๆ ของร่างกายอย่างรวดเร็ว ซึ่งความเร็วแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ความเร็วในการวิ่ง ความเร็วในการเคลื่อนที่ และความเร็วในการตอบสนอง ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกีฬาแต่ละชนิด เช่น กีฬาฟุตบอลต้องการความเร็วระยะสั้นเป็นระยะทาง 10 - 40 เมตร แต่กระทำซ้ำ ๆ ขณะที่กรีฑาต้องการความเร็วสูงสุดที่ระยะทาง 100 เมตร เป็นต้น

1.6 พลัง (Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อที่แสดงออกมาในรูปของความแข็งแรงและความรวดเร็วในเวลาจำกัด ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของการเคลื่อนไหว หรือการรับน้ำหนัก เช่น การกระโดดโหม่งลูกบอลเพื่อทำประตูของผู้เล่นกองหน้า โดยการทำงานของกล้ามเนื้อขากระโดดให้ได้สูงสุดในเวลาสั้นที่สุด และกล้ามเนื้อคอออกแรงโหม่งลูกฟุตบอลด้วยความแรง และรวดเร็ว เป็นต้น

2. แบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอล

หัวใจสำคัญในการแข่งขันกีฬาฟุตบอล คือ ความสามารถในการยิงประตูของผู้เล่นในสนาม เพราะทีมที่จะเป็นผู้ชนะการแข่งขัน หรือแชมป์ต้องสามารถยิงประตูคู่แข่งขันได้มากกว่า และการที่จะยิงประตูคู่แข่งขันได้ผู้เล่นจะต้องนำลูกฟุตบอลรุกขึ้นมาในแดนของคู่แข่งขัน และยิงผ่านเส้นเขตประตูเข้าไปในตาข่าย ดังนั้นการมีทักษะกีฬาฟุตบอลที่ดี จึงเป็นหัวใจสำคัญอันดับแรก ของการเล่นกีฬาฟุตบอล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญในกีฬาฟุตบอล ได้สร้างแบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอล สำหรับวัดความก้าวหน้าของนักกีฬาฟุตเพื่อการพัฒนาโปรแกรมการฝึก และการคัดเลือกนักกีฬาในโอกาสต่าง ๆ โดย Mathews (1973; Johnson & Nelson, 1986; Lacy & Hastad, 2007; ณัฐวุฒิ ปล้องเจริญ, 2534; ปราโมทย์ ปียะมงคลจิต, 2539) ได้เสนอแบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลไว้ดังนี้

2.1 แบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลของแมคโดนอลด์ (The McDonald Soccer Test) ประกอบด้วยรายการทดสอบเพียงรายการเดียว ผู้รับการทดสอบต้องเตะลูกฟุตบอลกระทบผนังกว้าง 30 ฟุต สูง 11 ฟุตครึ่ง และเส้นเริ่มห่างจากผนัง 9 ฟุต ให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด ภายในเวลา 30 วินาที โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบทักษะทั่วไป ในกีฬาฟุตบอล ซึ่งแต่เดิมใช้สำหรับทดสอบนักศึกษาระดับวิทยาลัยชาย-หญิง แต่สามารถนำมาใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาชาย-หญิงได้ การหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบโดยการหาความสัมพันธ์ของการให้คะแนนของผู้ฝึกสอน 3 คน จากกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม ได้ผลดังนี้

- นักฟุตบอลทีมอันดับหนึ่งของมหาวิทยาลัยจำนวน 17 คน มีค่าความเที่ยงตรง 0.94
- นักฟุตบอล ทีมอันดับสองของมหาวิทยาลัย จำนวน 18 คน มีค่าความเที่ยงตรง 0.63
- นักฟุตบอลทีมน้องใหม่ของมหาวิทยาลัย จำนวน 18 คน มีค่าความเที่ยงตรง 0.76
- รวบกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม จำนวน 53 คน มีค่าความเที่ยงตรง 0.85 และได้กำหนดเกณฑ์การทดสอบดังตารางที่ 2-3

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลของแมคโดนอลด์ สำหรับนักศึกษาระดับวิทยาลัย (Johnson & Nelson, 1986, p. 298)

ระดับสมรรถภาพ	คะแนน	
	ชาย	หญิง
ก้าวหน้า (Advanced)	24 ขึ้นไป	18 ขึ้นไป
สูงกว่าปานกลาง (Advanced Intermediate)	20-23	15-17
ปานกลาง (Intermediate)	11-19	7-14
สูงกว่าผู้เริ่มต้น (Advanced Beginner)	8-10	2-6
ผู้เริ่มต้น (Beginner)	0-7	0-1

2.2 แบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลของเยกเลย์ (Yeagley Soccer Battery) ประกอบด้วยรายการทดสอบ 4 รายการ ได้แก่ การเลี้ยงลูกบอล, การโหม่งลูกบอล, การเตะลูกบอล และการเตะลูกบอลกระทบผนัง โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลสำหรับผู้ที่กำลังฝึกกีฬาฟุตบอลที่มีอายุระหว่าง 10 – 18 ปี แบบทดสอบนี้มีค่าความเที่ยงตรง.78 และมีค่าความเชื่อมั่นระหว่าง.64 - .91

2.3 แบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลของจอห์นสัน (Johnson Soccer Test) มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดทดสอบสามารถทั่วไปในกีฬาฟุตบอล ซึ่งมีรายการทดสอบเพียงรายการเดียว โดยให้ผู้รับการทดสอบเตะลูกฟุตบอลกระทบฝาผนังซึ่งมีขนาดเท่ากับประตูฟุตบอลจริงคือ มีความกว้าง 24 ฟุต สูง 8 ฟุต เส้นเริ่มห่างจากผนัง 15 ฟุต ใช้เวลาในการทดสอบ 30 วินาที สำหรับทดสอบนักศึกษาชายระดับมหาวิทยาลัย โดยแบบทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลของจอห์นสัน มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 และค่าความเที่ยงตรงจากกลุ่มตัวอย่างต่าง ๆ ดังนี้ จากผู้เรียนวิชาฟุตบอล เท่ากับ 0.89 นักศึกษาวิชาเอกพลศึกษา 0.94 นักกีฬาลำดับที่หนึ่งของวิทยาลัย 0.58 นักกีฬาลำดับที่สองของวิทยาลัย 0.84 และนักกีฬาลำดับที่สามของวิทยาลัย 0.81

2.4 แบบทดสอบทักษะฟุตบอลสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของ ณัฐวุฒิ ปล้องเจริญ ประกอบด้วยรายการทดสอบ จำนวน 6 รายการ ได้แก่ การเตะลูกฟุตบอล, การเตะลูกฟุตบอลกระทบฝาผนัง การโหม่งลูกฟุตบอล การเตะลูกฟุตบอลโด่ง การเลี้ยงลูกฟุตบอล และการยิงประตูฟุตบอลโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอลสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แบบทดสอบนี้มีค่าความเที่ยงตรง 0.839 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทุกรายการ 0.937 และความเป็นปรนัย 0.933 โดยมีเกณฑ์ปกติในการแบ่งระดับความสามารถในทักษะกีฬาฟุตบอล ดังตารางที่ 2-4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-4 เกณฑ์คะแนนความสามารถทักษะกีฬาฟุตบอลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ณัฐวุฒิ ปล้องเจริญ, 2534 อ้างถึงใน ธนิต พันธุมะโอภาส, 2547, หน้า 13)

รายการทดสอบ	ระดับทักษะ				
	ดีเลิศ	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การเตะลูกฟุตบอล (ครั้ง)	135 ขึ้นไป	118-134	96-117	76-96	ต่ำกว่า 76
2. การเตะลูกฟุตบอลกระทบฝาผนัง (ครั้ง)	17 ขึ้นไป	14-16	10-13	7-9	ต่ำกว่า 7
3. การโหม่งลูกฟุตบอล (คะแนน)	10 ขึ้นไป	8-9	6-7	4-5	ต่ำกว่า 4
4. การเตะลูกฟุตบอลโด่ง (คะแนน)	15 ขึ้นไป	13-14	11-12	8 -10	ต่ำกว่า 8
5. การเลี้ยงลูกฟุตบอล (วินาที)	ต่ำกว่า 37	37 -45	46-54	55-63	สูงกว่า 63
6. การยิงประตูฟุตบอล (คะแนน)	16 ขึ้นไป	13-15	11-12	8-10	ต่ำกว่า 8

นอกจากนี้ ธนิต พันธุมะโอภาส (2547) ได้นำแบบทดสอบทักษะฟุตบอลสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ของณัฐวุฒิ ปล้องเจริญ ไปทำการทดสอบทักษะฟุตบอลนักเรียนโรงเรียนกีฬา ประจำปีการศึกษา 2546 และสร้างเกณฑ์ระดับทักษะฟุตบอลของนักเรียนอายุ 14 ปี โรงเรียนกีฬา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2-5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-5 เกณฑ์คะแนนความสามารถทักษะกีฬาฟุตบอลของนักเรียน อายุ 14 ปี ของโรงเรียนกีฬา (ธนิต พันธุมะโอภาส, 2547, หน้า 31)

รายการทดสอบ	ระดับทักษะ				
	สูงมาก	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำมาก
1. การเตะลูกฟุตบอล (ครั้ง)	154 ขึ้นไป	128-153	102-127	76-101	ต่ำกว่า 76
2. การเตะลูกฟุตบอลกระทบฝาผนัง (ครั้ง)	22 ขึ้นไป	18-21	14-17	10-13	ต่ำกว่า 10
3. การโหม่งลูก ฟุตบอล (คะแนน)	19 ขึ้นไป	15-18	11-14	7-10	ต่ำกว่า 7
4. การเตะลูกฟุตบอลโด่ง (คะแนน)	17 ขึ้นไป	14-16	11-13	8-10	ต่ำกว่า 8
5. การเลี้ยงลูกฟุตบอล (วินาที)	ต่ำกว่า 21	21-27	28-34	35-41	สูงกว่า 41
6. การยิงประตูฟุตบอล (คะแนน)	17 ขึ้นไป	14-16	11-13	8-10	ต่ำกว่า 8

2.5 แบบทดสอบทักษะฟุตบอลสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของ ปราโมทย์ ปิยะมงคลจิต ประกอบด้วยรายการทดสอบ จำนวน 4 รายการ ได้แก่ การหยุดลูกบอลกับกำแพง (Ball-stopping-against-the Wall Test) การเลี้ยงลูกบอลในอากาศ (Carry-the Ball-in-the Air Test) การยิงประตู (Goal-shooting Test) และการเลี้ยงลูกบอลอ้อมหลักกากบาท (Carry-the Ball-around-the Cross Post Test) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ทดสอบทักษะกีฬาฟุตบอล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แบบทดสอบนี้มีค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง เท่ากับ 1.0 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ เท่ากับ 0.206 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.656

สัดส่วนของร่างกาย (Body Composition)

1. ความสำคัญของสัดส่วนของร่างกายในการกีฬา

ในเชิงสรีรวิทยาการออกกำลังกายและการกีฬา เชื่อว่า นักกีฬาที่มีโครงสร้าง ลักษณะรูปร่างที่เหมาะสมกับประเภทกีฬา หรือเหมาะสมกับตำแหน่งใด ตำแหน่งหนึ่งในกีฬาชนิดใดชนิดหนึ่ง ก็น่าจะมีโอกาสประสบความสำเร็จในการเล่นกีฬาประเภทนั้น ๆ ในระดับสูง และ

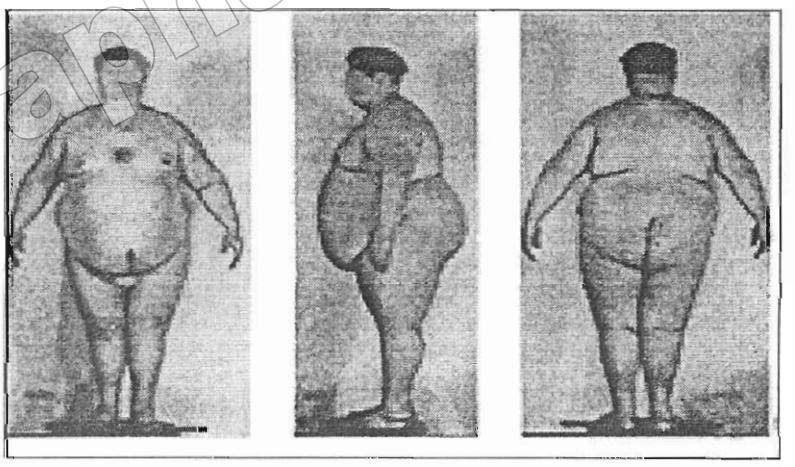
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อาจเป็นหนทางในอันที่จะช่วยป้องกันการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นในการเล่นกีฬาได้ด้วย ซึ่งนักมานุษยวิทยา ได้จำแนกลักษณะรูปร่างของมนุษย์เพื่อง่ายต่อการศึกษา โดยมีการจำแนกกันอยู่หลายวิธี แบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอยู่ก็คือ การจำแนกตามวิธีของเชลดอน (Sheldon) ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยการถ่ายรูปทาง ด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้าง จากกลุ่มประชากร เพศชาย จำนวน 4,000 คน เรียกว่า เชลดอน โซมาโตไทปิ้ง (Sheldon Somatotyping) และแบ่งลักษณะร่างกายมนุษย์ออกเป็น 3 พวก คือ

1.1 เอนโดมอร์ฟี (Endomorphy) เป็นลักษณะของคนที่มีรูปร่างอ้วน เนื้อเหลว มีไขมันอยู่ทั่วไปในร่างกาย ความกว้างของไหล่ และรอบอกพอ ๆ กัน ท้องยื่นมาข้างหน้ามากกว่าอก มีเอวที่กว้างกว่าไหล่ คอสั้น ผิวเรียบและอ่อนนิ่ม ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 2-3 (A)

1.2 มีโซมอร์ฟี (Mesomorphy) เป็นลักษณะของคนที่มีร่างกายแข็งแรง สมส่วน มีกล้ามเนื้อเป็นมัด ๆ กระดูกใหญ่และกล้ามเนื้อยึดเกาะอย่างมั่นคง อกและไหล่กว้าง เอวเล็ก ลำตัวตั้งตรง กล้ามเนื้อสะบัก (Trapezius) กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid) และกล้ามเนื้อหน้าท้องเด่นชัด มีผิวบางมองเห็นเส้นโลหิตได้ง่าย จะเป็นนักกีฬาที่ดีได้หลายชนิด ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 2-3 (B)

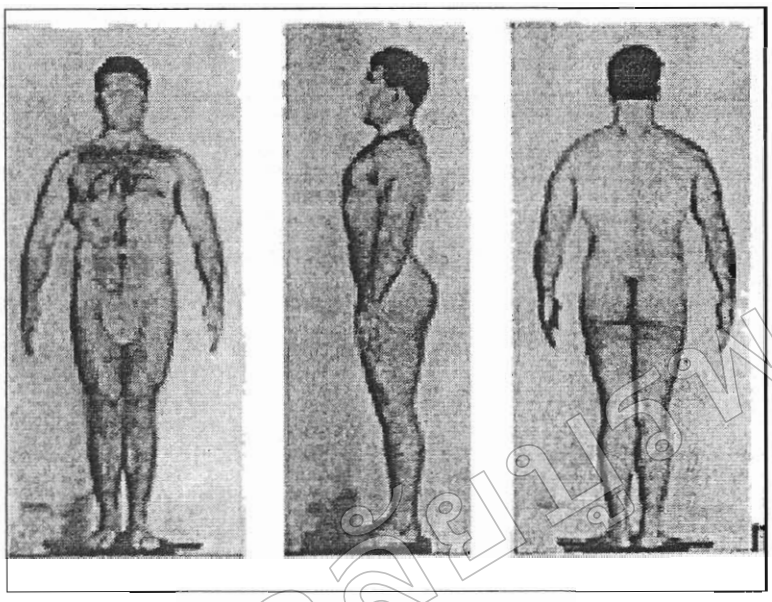
1.3 เอ็คโตมอร์ฟี (Ectomorphy) เป็นลักษณะของคนที่มีร่างกายบอบบาง มีลักษณะอ่อนแอ ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเรียบเป็นแนวตรง กระดูกเล็ก มีกล้ามเนื้อห่อหุ้มน้อย ไหล่ตก มีกระดูกส่วนของรยางค์ยาว และมีลำตัวสั้น ท้องเรียบ ส่วนโค้งของกระดูกปั้นเอวมีน้อย ไหล่แคบ และมีกล้ามเนื้อน้อย ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 2-3 (C)



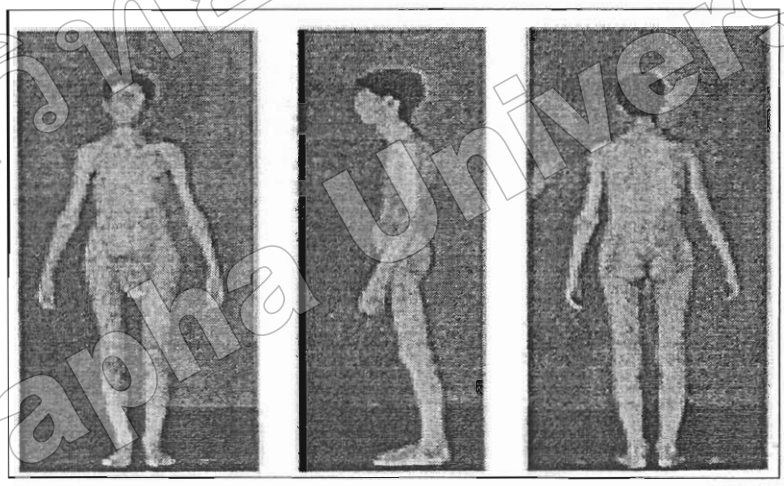
A

ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะร่างกายมนุษย์ (A) Endomorphy (B) Mesomorphy (C) Ectomorphy (Little, 2008)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



B



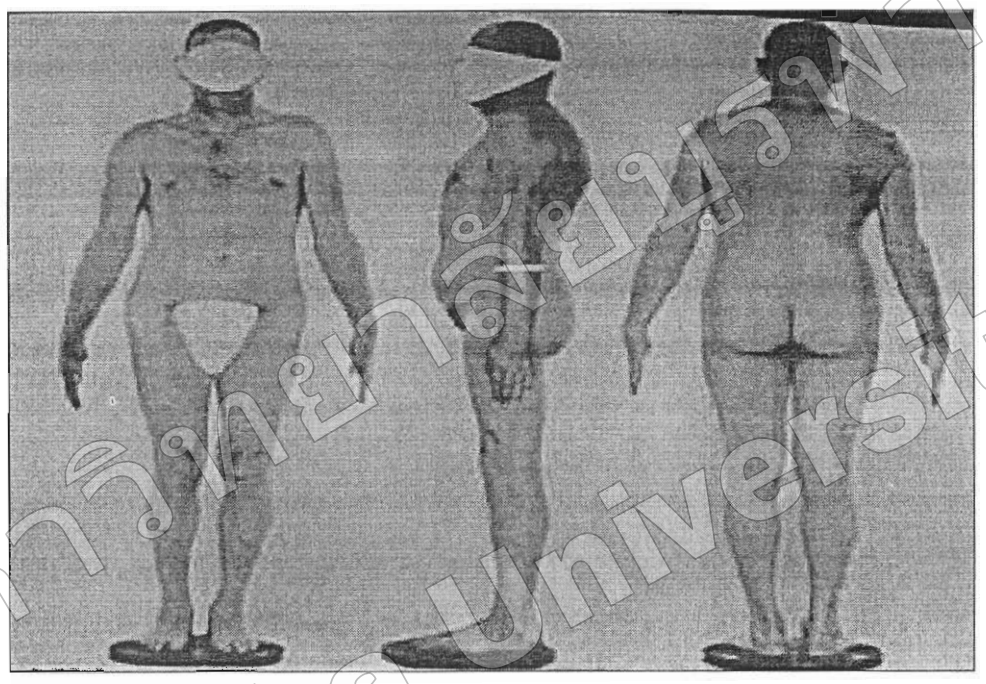
C

ภาพที่ 2-3 (ต่อ)

ในการจำแนกลักษณะของมนุษย์ เชลดอน (Sheldon) ได้กำหนดตัวเลขเพื่อบอกประเภทของร่างกายไว้ตั้งแต่ 1-7 เลข 1 หมายถึง เป็นประเภทนั้นน้อยที่สุด และเลข 7 หมายถึง เป็นประเภทนั้นมากที่สุด ซึ่งลักษณะของคนเรามักไม่เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งโดยสิ้นเชิง ดังนั้น จึงได้มีการจำแนกลักษณะรูปกายทั้ง 3 แบบออกเป็นขั้นโดยใช้ระบบเลข 3 ตัว ได้แก่ ตัวเลขตัวที่ 1 หมายถึง ความเป็นเอนโดมอร์ฟี (Endomorphy) ตัวเลขตัวที่ 2 หมายถึง ความเป็นมีโซมอร์ฟี (Mesomorphy) และตัวเลขตัวที่ 3 หมายถึง ความเป็นเอ็คโตมอร์ฟี (Ectomorphy) ดังนั้น หากตัวเลข

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ลักษณะร่างกายของมนุษย์ออกมาเป็น 711 จึงเป็นลักษณะแท้ของเอนโดมอร์ฟี ในขณะที่ 171 เป็นลักษณะแท้ของมีโซมอร์ฟี และ117 เป็นลักษณะแท้ของเอ็คโตมอร์ฟี และถ้าดูแล้วให้เป็น 444 ก็แสดงว่าเป็นพวกที่อยู่ตรงกลาง (Mid type) ดังแสดงให้เห็นตามภาพที่ 2-4 (ประทุม ม่วงมี, 2527; เอนก สูตรมงคล, 2545; สมพร ส่งตระกูล, 2549)



ภาพที่ 2-4 แสดงลักษณะร่างกายมนุษย์พวกที่อยู่ตรงกลาง (Mid Type) ตัวเลข 444 (Arraj, 1990)

จากการจำแนกร่างกายของมนุษย์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เราสามารถเลือกนักกีฬาได้เหมาะสมกับบุคคล และจัดผู้เล่นได้ถูกตำแหน่งยิ่งขึ้น ซึ่งจากการสังเกตจะพบว่า นักกีฬาแทบทุกประเภทมักมีความเป็นมีโซมอร์ฟี มากกว่าเอ็คโตมอร์ฟี และเอนโดมอร์ฟี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเราสามารถจำแนกร่างกายของมนุษย์ออกเป็นพวก ตามลักษณะทางร่างกายได้อย่างชัดเจน ก็ยังไม่เพียงพอสำหรับการที่จะพัฒนานักกีฬาให้มีความพร้อมสูงสุด ดังนั้น นักสรีรวิทยาการออกกำลังกาย จึงได้มีการพัฒนาการคัดเลือกนักกีฬาถึงระดับภายในเซลล์ เพื่อแยกนักกีฬาที่มีความอดทนออกจากนักกีฬาที่มีความแข็งแรง โดยการตรวจวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งเรียกว่า ไบออบซี่ (Biopsy) โดยการตัดเส้นใยกล้ามเนื้อในแต่ละมัดออกมาวิเคราะห์ดูว่าส่วนประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละมัดเป็นชนิดหดตัวเร็ว หรือชนิดหดตัวช้า นอกจากนี้ การเตรียมนักกีฬาเพื่อการแข่งขันผู้ฝึกสอนกีฬา และนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ยังนิยมวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ของนักกีฬา ว่าภายในร่างกายของนักกีฬาแต่ละคนมีปริมาณไขมันมากน้อยเพียงใด ซึ่งนายแพทย์จอร์จ แบล็กเบอร์น ผู้เชี่ยวชาญเรื่องความอ้วน ได้ศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้อ้วน ดังนี้ 1) ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุม มี 35% ประกอบด้วย พันธุกรรม 10%, จำนวนเซลล์ไขมันในร่างกาย 10% และอายุ 15% 2) ปัจจัยที่อยู่ภายใต้การควบคุม มี 65% ประกอบด้วย การเลี้ยงดูในวัยเด็ก 10% พฤติกรรมการกินอยู่ 20% บุคลิกและวิถีทางในการดำเนินชีวิต 20% และการออกกำลังกาย 15% (พิชิต ภูติจันทร์, 2547, หน้า 73) สำหรับการออกกำลังกายจะส่งผลให้เนื้อเยื่อไขมันในร่างกายลดลงได้ เช่น งานวิจัยของ บุษกร โกมลภมร และสุวาลี ชูเกียรติ (2549) ศึกษาผลการฝึกออกกำลังกายด้วยการบริหารกายท่าฤาษีดัดตนต่อสมรรถภาพทางกาย ในกลุ่มทดลองคือ ผู้สูงอายุ จำนวน 19 คน โดยฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 45 นาที นาน 12 สัปดาห์ พบว่า ความดันโลหิตขณะบีบตัวและคลายตัว เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความจุปอดความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของมาลี ภูมิภาค (2546) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกด้วยน้ำหนัก และการเต้นแอโรบิกที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ จำนวน 45 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 15 คน คือกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มที่ฝึกด้วยโปรแกรมการเต้นแอโรบิก และกลุ่มทดลองที่ 2 เป็นกลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนัก ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึกของสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ ไขมันในร่างกายของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มลดลง

การวัดปริมาณไขมันในร่างกาย มีความสำคัญต่อการกีฬา เนื่องจากค่าของปริมาณไขมันในร่างกายเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงระดับสมรรถภาพทางกาย และน้ำหนักในอุดมคติของร่างกายนักกีฬาได้ดีกว่าการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงแล้วนำไปเปรียบเทียบกับแผนภูมิ หากนักกีฬาบางประเภทมีความสูงไม่มากแต่มีน้ำหนักตัวมากเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผนภูมิ ปรากฏว่า อยู่ในกลุ่มคนอ้วน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นน้ำหนักที่มากไม่ใช่น้ำหนักของไขมัน แต่เป็นน้ำหนักของส่วนประกอบของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อ น้ำในร่างกาย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หรืออาจเป็นน้ำหนักของกระดูกซึ่งบางคนมีโครงกระดูกใหญ่ และมีความหนาแน่นทำให้มีน้ำหนักมาก ขณะเดียวกันในนักกีฬาบางรายที่มีน้ำหนักตัวปกติก็มิได้หมายความว่าบุคคลนั้นมีปริมาณไขมันในร่างกายที่เหมาะสม ดังนั้น ค่าของปริมาณไขมันที่วัดได้ จึงช่วยให้การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมนักกีฬาเหมาะสมยิ่งขึ้น เพราะหากนักกีฬามีปริมาณไขมันมากเกินไปจะเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของนักกีฬาเอง เนื่องจากต้องใช้พลังงานมากขณะเคลื่อนที่ด้วยน้ำหนักตัวที่มาก พลังงานที่สะสมก็จะถูกใช้ไปเร็วขึ้น เป็นอุปสรรคต่อการทำงานทั้งระยะสั้นและระยะยาว ขณะเดียวกันนักกีฬาที่มีปริมาณไขมันน้อยเกินไปก็จะมีอุปสรรคต่อการสร้างพลังงานในกรณีที่เล่นกีฬาเป็นเวลา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

นาน ๆ เพราะไม่มีวัตถุดิบในการสร้างพลังงานเชิงแอโรบิก หรือเป็นปัญหากับกีฬาที่ต้องมีการปะทะกันในเกม ซึ่งการมีไขมันใต้ผิวหนังจะช่วยลดแรงกระแทกในขณะที่มีการปะทะกันของผู้เล่นจะช่วยลดการบาดเจ็บลงได้ในระดับหนึ่ง จากงานวิจัยของ Raven et al. (1976) ได้ทำการศึกษากับนักกีฬาฟุตบอลอาชีพในลีกอเมริกาเหนือในช่วงใกล้ปิดฤดูกาลแข่งขัน จำนวน 18 คน อายุ 26 ปี ส่วนสูง 176 เซนติเมตร น้ำหนัก 75.5 กิโลกรัม พบว่านักกีฬาตำแหน่งต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายเฉลี่ย ดังนี้ ผู้เล่นกองหน้า 10.7 ผู้เล่นกองกลาง 10.6 ผู้เล่นกองหลัง 8.1 ผู้รักษาประตู 13.3 และค่าเฉลี่ยรวมผู้เล่นทุกตำแหน่ง 9.59 และจากการศึกษาของ Andreoli et al. (2003) ได้ทำการศึกษากับนักกีฬาฟุตบอลอาชีพชาวอิตาเลียน ที่ฝึกซ้อมอย่างหนัก 3 กลุ่ม 3 ดิวิชั่น ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 25 ปี ทีม A จำนวน 16 คน ทีม B จำนวน 14 คน และทีม C จำนวน 18 คน โดยนักกีฬาแต่ละทีมมีส่วนสูงเฉลี่ย 183.3, 182.6 และ 180.9 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักเฉลี่ย 81.6, 77.7 และ 73.7 กิโลกรัม ตามลำดับซึ่งทีม A และทีม B ซ้อมหนักกว่าทีม C นักกีฬาทั้ง 3 ทีมทำการฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 5 วัน อย่างน้อยวันละ 4 ชั่วโมง โปรแกรมการฝึกประกอบด้วย การฝึกแอโรบิก และแอนแอโรบิก การเล่นเกมตะลุมบอล และการฝึกด้วยแรงต้าน ผลการศึกษาพบว่านักกีฬาทีม A, B และ C มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายเฉลี่ย 15.4, 15.8 และ 13.9 ตามลำดับ นอกจากนี้ Ostojic (2000) ได้ทำการศึกษากับนักกีฬาฟุตบอลชายที่ชาวเซอเบียน ที่เล่นในลีกอาชีพจำนวน 16 คน และสมัครเล่น จำนวน 16 คน นักกีฬาทีมลีกอาชีพ และทีมสมัครเล่น มีอายุเฉลี่ย 23 และ 21 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 181.9 และ 180.8 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 77.4 และ 74.4 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลจากการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายพบว่า ทีมลีกอาชีพ
มีค่าเฉลี่ย 10.8 และทีมสมัครเล่น มีค่าเฉลี่ย 10.4

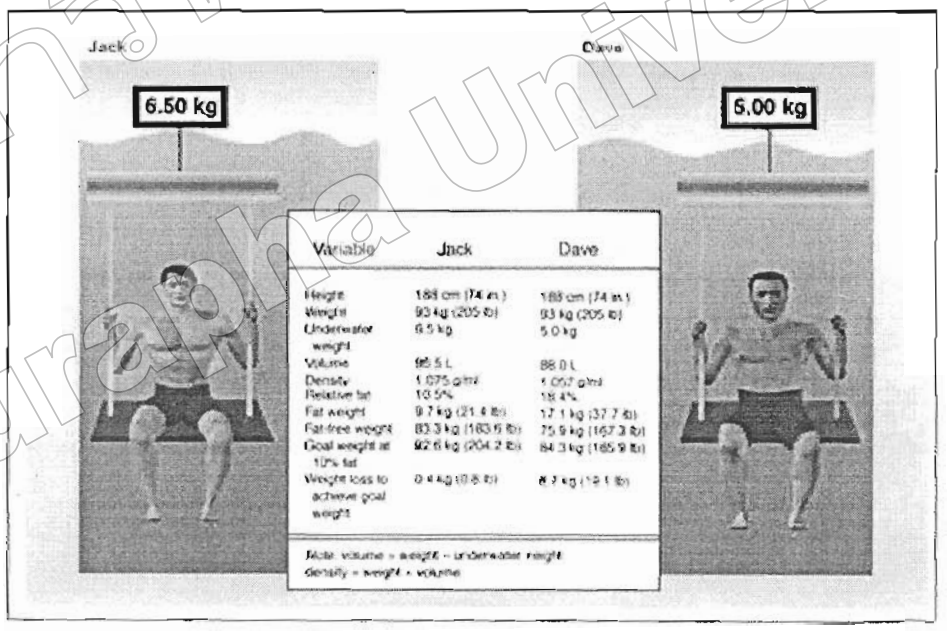
จากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่เหมาะสมของนักกีฬาฟุตบอลควรอยู่ระหว่าง 9-15 %

2. การวัดไขมันในร่างกาย

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า การวัดไขมันโดยตรงจากตัวมนุษย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ในขณะนี้ยังไม่มีใครคิดค้นได้ ดังนั้นวิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจึงยึดหลักการวัดโดยอ้อม โดยยึดหลักการที่ว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับความหนาแน่นของร่างกาย (Body Density ใช้อักษรย่อว่า D_B) ในความหมาย ความหนาแน่น (Density-D) หมายถึง ปริมาณของมวลสาร (Mass-M) ต่อปริมาตร (Volume-V) ภาษาอังกฤษเขียนสูตรที่ดูแล้วเข้าใจง่ายว่า D = M/V น้ำ (ในอุณหภูมิที่ 4° C) ที่มีมวลสารหนัก 1 กรัม (Gram = gm หรือ g. หรือ gr.) มีปริมาตร 1 คิวบิกเซนติเมตร (Cubic Centimeter-c.c.) ความหนาแน่นของน้ำจึงเท่ากับ 1 gm/1 c.c. (1 กรัม/ ซีซี) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของน้ำก็ไม่มีอะไรมากไปกว่าการตัดหน่วย

ทั้งหมดออกจากค่าความหนาแน่น นั่นคือ จะกล่าวว่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 ในส่วนที่เกี่ยวกับความหนาแน่น เราจะพบว่าหากเรานำสิ่งใดก็ตามที่มีความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 วัตถุนั้นจะจมน้ำ ในขณะที่วัตถุมีความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ วัตถุนั้นจะลอยน้ำ กล้ามเนื้อ และกระดูกมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ในขณะที่ไขมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ แต่โดยรวม ๆ แล้ว ร่างกายจะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ด้วยเหตุนี้คนอ้วนจึงมีปัญหาเรื่องการลอยตัวอยู่ในน้ำน้อยกว่าคนที่มีกล้ามเนื้อมากหรือคนผอม สำหรับวิธีการคำนวณหาความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ของไขมันในร่างกาย ในวงการพลศึกษา และการกีฬาปัจจุบัน อเนก สูตรมงคล (2545) ได้นำเสนอไว้ 5 วิธี ประกอบด้วย

2.1 วิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Hydrostatic Weighing หรือ Underwater Desitometry) ซึ่ง Behnke และคณะ คิดค้นขึ้นอาจเป็นวิธีการที่เที่ยงตรงที่สุด หากจะเทียบกับวิธีการอื่น อุปกรณ์ที่จะต้องใช้ประกอบด้วย เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดห้อยที่สามารถชั่งได้ละเอียดเป็นกรัม และมีที่นั่งเป็นลักษณะชิงช้าห้อยลงมาจากตาชั่ง ดูภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Little, 2008)

ตารางที่ 2-6 แสดงความหนาแน่น (Density) และปริมาตร (Volume) ของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ (โปรดสังเกตที่ 4°C น้ำซึ่งมีปริมาตร 1 ซีซี หนัก 1 กรัม จึงมีความหนาแน่น (Density) เท่ากับ 1 g/1 c.c.) (ประทุม ม่วงมี, 2527 อ้างอิงจาก Hodgeman, 1959)

Temp.°C	Density	Volume	Temp.°C	Deusity	Volume
-10	0.99815	1.00186	+35	0.99406	1.00598
-9	843	157	36	371	633
-8	869	131	37	336	669
-7	892	108	38	299	706
-6	912	088	39	262	743
-5	0.99930	1.00070	40	0.99224	1.00782
-4	945	055	41	186	821
-3	958	042	42	147	861
-2	970	031	43	107	901
-1	979	021	44	066	943
+0	0.99987	1.00013	45	0.99025	1.00985
1	993	007	46	0.98982	1.01028
2	997	003	47	940	072
3	999	001	48	896	116
4	1.00000	1.00000	49	852	162
5	0.99999	1.00001	50	0.98807	1.01207
6	997	003	51	762	254
7	993	007	52	715	301
8	988	012	53	669	349
9	981	019	54	621	398
10	0.99973	1.00027	55	0.98573	1.01448
11	963	037	60	324	705
12	952	048	65	059	979
13	940	060	70	0.97781	1.02270
14	927	073	75	489	576
15	0.99913	1.00087	80	0.97183	1.02899
16	897	103	85	0.96865	1.03237
17	880	120	90	534	590
18	862	138	95	192	959
19	843	157	100	0.95838	1.04343
20	0.99823	1.00177	110	0.9510	1.0515
21	802	198	120	0.9434	1.0601
22	780	221	130	0.9352	1.0693
23	756	244	140	0.9264	1.0794
24	732	268	150	0.9173	1.0902
25	0.99707	1.00294	160	0.9075	1.1019
26	681	320	170	0.8973	1.1145
27	654	347	180	0.8866	1.1279
28	626	375	190	0.8750	1.1429
29	597	405	200	0.8628	1.1590
30	0.99567	1.00435	210	0.850	1.177
31	537	166	220	0.837	1.195
32	505	497	230	0.823	1.215
33	473	530	240	0.809	1.236
34	440	563	250	0.794	1.259

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วิธีการนี้ถูกนำมาใช้โดยอาศัยกฎของ Archimedes ซึ่งมีใจความสำคัญ พอสรุปได้ว่า วัตถุที่จมลงไปในของเหลวจะเสียน้ำหนัก ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่สูตรสำหรับคำนวณความหนาแน่นของร่างกาย ซึ่งเป็นผลงานการคิดค้นของ Brozex และคณะ มีดังนี้

$$D_B = \frac{WA}{K - R.V.}$$

เมื่อ D_B = Body density มีหน่วยเป็น gm/c.c.

WA = น้ำหนักของร่างกายในอากาศมีหน่วยเป็นกรัม

K = น้ำหนักของร่างกายในอากาศ ลบด้วย น้ำหนักของร่างกายใต้น้ำเสร็จแล้ว หารด้วยความหนาแน่นของน้ำ ในอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่งชั่งเสร็จ (ดูตารางแสดงความหนาแน่นของน้ำในอุณหภูมิต่าง ๆ ในตารางที่ 2-6)

R.V. = Residual Volume (ปริมาตรของอากาศ ซึ่งหลงเหลืออยู่ในปอดภายหลังการหายใจออกอย่างมากที่สุดแล้ว) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร (ml.) Wilmore แนะนำว่าสามารถหา RV. โดยใช้ค่าคงที่คือ 0.24 (หากเป็นผู้ชาย) หรือ 0.28 (หากเป็นผู้หญิง) ไปคูณ Vital Capacity (ปริมาณของอากาศที่หายใจออกให้มากที่สุด ภายหลังการหายใจเข้าให้มากที่สุด โดยใช้หน่วยเป็นมิลลิลิตร)

ภายหลังจากการที่คำนวณหา D_B ได้เสร็จสิ้นลงแล้ว ก็สามารถหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน (% Fat) ต่อไปโดย Brozek et al. (1963) ได้เสนอแนะสูตรสำหรับการคำนวณหาไว้ดังนี้

$$\% \text{ Fat} = \left[\frac{4.570}{D_B} - 4.142 \right] \times 100$$

หากเราอยากจะทราบต่อว่า ในร่างกายมีไขมันอยู่กี่กิโลกรัม ก็สามารถหาได้โดยใช้สูตร

$$\text{Fat} = \text{Weight (Kg)} \times \frac{\% \text{ Fat}}{100}$$

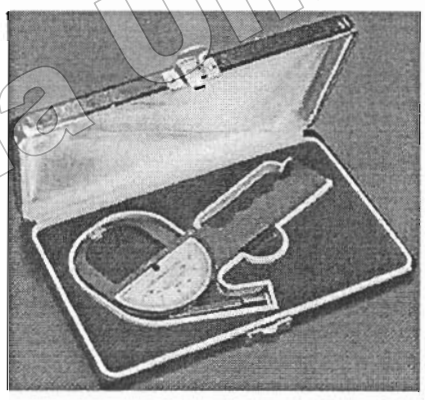
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากนั้นเราก็สามารถหา LBW โดยใช้สูตร

LBW = Weight (Kg) - Fat

2.2 **วิธีการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง** (Measurement of Skinfold Thickness) ในความพยายามของมนุษย์ที่จะหาวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว แต่มีความแน่นอนเหลืออยู่ ทำให้มีวิธีการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย โดยวิธีวัดความหนาของผิวหนังตามบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายขึ้น วิธีนี้ซึ่งดูเหมือนว่าจะมีความยุ่งยากน้อยกว่าวิธีแรก อาศัยความรู้ซึ่งมนุษย์เรามีอยู่ที่ว่า ไขมันซึ่งร่างกายเก็บไว้ใต้ผิวหนังจะมีอยู่ราว 50% ของไขมันที่ร่างกายสะสมอยู่ทั้งหมดในร่างกาย ดังนั้นหากเราสามารถทราบปริมาณของไขมันใต้ผิวหนัง (โดยวิธีการวัดความหนาของผิวหนัง) จึงพอเป็นเครื่องทำนายปริมาณไขมันทั้งหมดในร่างกายได้

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในวิธีนี้คือ เครื่องวัดความหนาของผิวหนัง (Skinfold Caliper) ชนิดที่มีขายอยู่ในท้องตลาด และที่นิยมใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการมีหลายยี่ห้อ เช่น Lange, John Bull, Best, Holtain, และ Harpenden เป็นต้น



ภาพที่ 2-6 แสดงลักษณะของเครื่องวัดความหนาของผิวหนังแบบ Caliper (Quick Medical, 2008)

บริเวณที่ร่างกายจะถูกวัดความหนาของผิวหนังมีอยู่หลายบริเวณ เช่น ใต้คาง หน้าอก แขนท่อนบน หลัง หน้าท้อง บั้นเอว ขาท่อนบน เข่าและน่อง ฯลฯ เมื่อมีหลายแห่งเช่นนี้ทำให้ได้มีการศึกษากันว่าจะวัดบริเวณใดดี ประ 2 หรือ 3 แห่งโดยที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือทำนายความหนาแน่นของร่างกายได้ดีที่สุด Slone พบว่า ความหนาแน่นของผิวหนังบริเวณหน้าขาท่อนบน (Thigh) ของชายหนุ่มมีความสัมพันธ์กับ D_g มากที่สุด ($r = .80$) และหากวัด 2 แห่งรวมกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จะพบว่าจากบริเวณหน้าขาท่อนบนร่วมกับขอบล่างของกระดูกสะบัก (Subscapular) มีอำนาจในการทำนาย D_B ได้มากที่สุด (r = .85) ด้วยเหตุนี้ทำให้ Slone ได้แนะนำสูตรสำหรับคำนวณหา D_B ในผู้ชาย ดังต่อไปนี้

$$D_B = 1.1043 - 0.001327\,(a) - 0.0013\,(b)$$

เมื่อ a = ความหนาของผิวหนังบริเวณ Subscapularใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

b = ความหนาของผิวหนังบริเวณ Thighใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภายหลังจากได้ค่า D_B แล้ว ก็สามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat) โดย

$$\%Fat = \left[\frac{4.570 - 4.142}{D_B}\right] \times 100$$

และหาว่าร่างกายมีไขมันอยู่กี่กิโลกรัมก็สามารถหาได้โดยใช้สูตร

$$Fat = \frac{Weight(Kg)\%Fat}{100}$$

และส่วนที่เป็นน้ำหนักของร่างกายปราศจากไขมัน (LBW)

$$LBW = Weight\ (Kg) - Fat$$

ส่วนในผู้หญิง Slone และ Burt ได้เสนอแนะว่า ความหนาของผิวหนังบริเวณบั้นเอวเหนือกระดูกเชิงกราน (Suprailiac) และด้านหลังของแขนท่อนบน (Triceps) ร่วมกันแล้วมีอำนาจในการทำนาย D_B ในผู้หญิงมากกว่าบริเวณอื่น ผู้วิจัยทั้งสองจึงได้เสนอแนะสูตรสำหรับคำนวณหา D_B ในผู้หญิงไว้ดังนี้

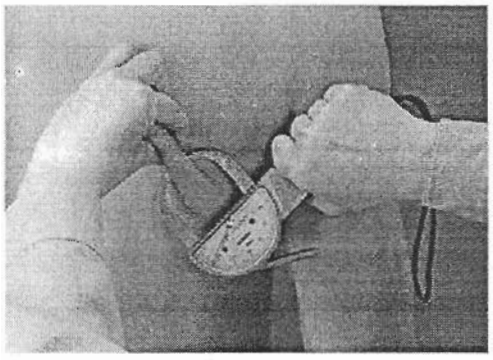
$$D_B = 1.0764 - 0.00081\,(c) - 0.00088\,(d)$$

เมื่อ c – ความหนาของผิวหนังบริเวณ Suprailiac ใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

d = ความหนาของผิวหนังบริเวณ Triceps ใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

การคำนวณหา % ไขมัน, ไขมันทั้งหมด และLBW ก็ใช้สูตรเดียวกันกับเพศชาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



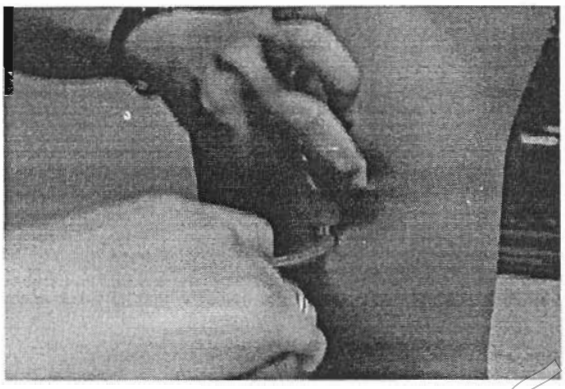
(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 2-7 แสดงบริเวณที่วัดความหนาของผิวหนัง เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซนต์ไขมันของร่างกาย บริเวณต่าง ๆ (a) Subscapular, (b) Thigh, (c) Suprailiac, และ (d) Triceps

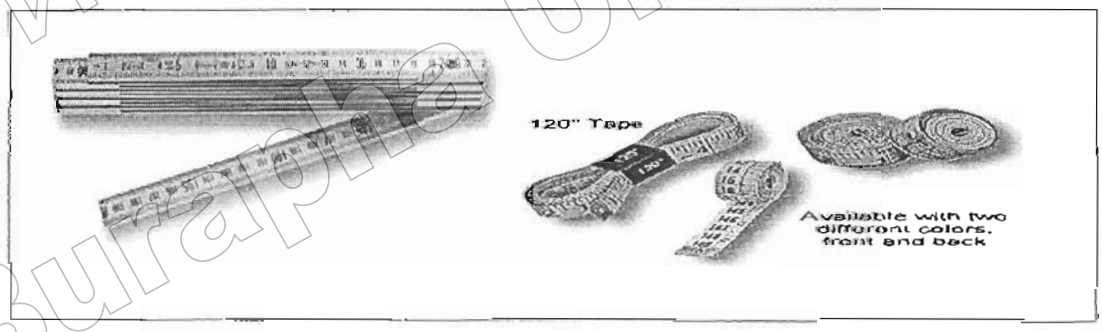
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



(d)

ภาพที่ 2-7 (ต่อ)

2.3 วิธีการวัดขนาดของบริเวณต่าง ๆ ทั่วร่างกาย (Anthropometry) เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งสะดวก และรวดเร็วกว่าทุกวิธีดังกล่าวแล้ว คือ การวัดขนาดของบริเวณต่าง ๆ ทั่วร่างกาย บริเวณที่วัดมีหลายแห่ง เช่น บริเวณไหล่ ข้อศอก บั้นเอว สะโพก ข้อมือ เข่า ข้อเท้า ฯลฯ เครื่องมือที่ใช้วัดก็มีลักษณะเป็นไม้บรรทัดหรือใช้เทปผ้าที่ใช้วัดผ้าก็ได้



ภาพที่ 2-8 แสดง Anthropometer สำหรับวัดขนาดของบริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย

(The Solar Stop, 2008)

สูตรที่ใช้สำหรับการคำนวณหา D_B มีอยู่หลายสูตร แต่วิธีและสูตรหนึ่งที่สะดวก มีความแม่นยำดีพอสมควร และเหมาะสำหรับทั้งชายและหญิง คือ วิธีและสูตรของ Wilmore และ Benhke ในวิธีนี้จะทำการคำนวณหา LBW ก่อน โดยใช้สูตร LBW = 44.646 + 1.0817 (น้ำหนักของร่างกายเป็นกิโลกรัม) – 0.7396 (ขนาดโดยรอบของท้องตรงบริเวณสะดือใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร) การคำนวณหา % ไขมัน ใช้สูตรดังนี้

$$\% \text{ ไขมัน} = 100 - \left(100 \frac{\text{LBW}}{\text{น.น.ของร่างกาย}}\right)$$

นักวิจัยทั้งสองยังได้เปรียบเทียบวิธีการนี้กับวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ และรายงานผลว่ามีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง (r = .87 - .92)

2.4 วิธีการวัดปริมาณเนื้อเยื่อไขมันโดยการใช้เนียร์อินฟราเรด อินเตอร์แรคแทนซ์ (Near-infrared Interactance: NIR) รัสนา เลิศรุ่งชัยกุล (2543) ได้ศึกษาถึงวิธีการของเนียร์อินฟราเรดอินเตอร์แรคแทนซ์ เป็นวิธีการประเมินส่วนประกอบของร่างกายภาคสนาม ซึ่งเดิมใช้วัดส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน และน้ำ ของผลผลิตทางเกษตรกรรม ต่อมา คอนเวย์, นอรริส และบอดเวลล์ (Conway, Norris. & Bodwell, 1984 cited in Heyward & Stolarczyk, 1996) ได้ดัดแปลงมาศึกษาในส่วนประกอบร่างกายมนุษย์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ มีราคาแพงในระยะแรก และผลจากการศึกษาในประชากรกลุ่มเล็ก 17 คน พบว่า ให้ผลสำเร็จในการทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย แต่ก็พบว่าสมการที่ใช้ทำนาย NIR จะทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายเกินความจริงเป็นจำนวนถึง 10 ใน 11 คน ของผู้หญิงในกลุ่มตัวอย่างเมื่อเป็นเช่นนี้จึงบ่งบอกถึงการใช้สมการในเพศชายและเพศหญิงต้องมีการพัฒนาแตกต่างกัน

เครื่องวิเคราะห์ NIR ที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ฟูเทร็ก 5000 เป็นเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ใช้วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันและวิเคราะห์ส่วนประกอบของร่างกายด้วยการพิมพ์ผลการตรวจได้ทันที เป็นเครื่องมือที่มีราคาไม่แพงนัก มีลักษณะเด่น 3 ประการคือ

- บอกปริมาณไขมันของร่างกายออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ด้วยความสะดวก รวดเร็ว ใช้เวลาเพียงเล็กน้อยและสามารถทำการตรวจวัดด้วยตนเองได้
- บอกปริมาณการกระจายตัวของไขมันบริเวณต่าง ๆ
- เป็นเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และพริ้นเตอร์ในตัวเอง สามารถป้อนข้อมูลส่วนตัว เช่น อายุ เพศ ส่วนสูง และน้ำหนัก เพื่อนำไปวิเคราะห์และแนะนำวิธีการแก้ไขทั้งปริมาณอาหารและการออกกำลังกาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 2-9 แสดงตัวเครื่อง Futrex-5000 (Futrex, Inc., 2008)

หลักการวัด NIR เป็นวิธีการวัดส่วนประกอบของร่างกายทางอ้อม โดยวัดไขมันและน้ำในร่างกายโดยมีหลักการ ดังนี้

- แสงอินฟราเรดที่ถูกดูดซับและสะท้อนกลับมีความสัมพันธ์กับส่วน ประกอบเนื้อเยื่อ ความยาวคลื่นสูงสุดที่ถูกดูดซับสำหรับไขมันและน้ำอย่างเดียว คือ 930 นาโนเมตร และ 970 นาโนเมตร ตามลำดับ เครื่องฟูเทร็ก 5000 ใช้หลักการดูดซับและการสะท้อนกลับของคลื่นแสงผ่านเนื้อเยื่อในร่างกาย โดยจะวัดจำนวนของแสงที่สะท้อนกลับจากเนื้อเยื่อที่ 2 ความยาวคลื่น คือ 940 นาโนเมตร (OD_1) และ 950 นาโนเมตร (OD_2) ซึ่งก็ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนว่า ทำไมถึงสร้างความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และ 950 นาโนเมตร แทนความยาวคลื่นสูงสุดที่ถูกดูดซับของน้ำและไขมันคือ 950 นาโนเมตร และ 970 นาโนเมตร ตามลำดับ (รัสนา เลิศรุ่งชัยกุล, 2543)

- แสงอินฟราเรดทะลุผ่านเนื้อเยื่อที่มีความลึกตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป จะไม่สะท้อนส่วนของกระดูกกลับมาที่เครื่องวัด ดังนั้นจำนวนแสงที่สะท้อนกลับได้จากไขมันในส่วนใต้ผิวหนังและระหว่างกล้ามเนื้อ แต่ก็ยังไม่มีงานวิจัยที่สนับสนุนหลักการนี้ เพราะในความจริง พบว่า ความชันของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแสงที่สะท้อนกลับกับการวัดความหนาผิวหนัง พบตำแหน่งต้นแขนด้านหน้าในผู้หญิงผอม (22% BF) มีความสัมพันธ์กันมากกว่าในผู้หญิงอ้วน (39% BF) (รัสนา เลิศรุ่งชัยสกุล, 2543) ซึ่งการค้นพบนี้แสดงให้เห็นถึงที่ระดับความลึกตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป แสงอินฟราเรดอาจถูกรบกวนโดยชั้นไขมันที่มีขนาดใหญ่ได้

- จำนวนแสงที่สะท้อนกลับมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับไขมันใต้ผิวหนังที่ตำแหน่งต้นแขนด้านหน้า และไขมันในร่างกายทั้งหมด (Total Body Fatness) มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแสงที่สะท้อนกลับกับการวัดความหนาผิวหนังพับที่ตำแหน่งต้นแขนด้านหน้า ($r = -0.66$-0.79) มากกว่าใช้ตำแหน่งอื่น ๆ ($r = -0.01 - 0.48$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

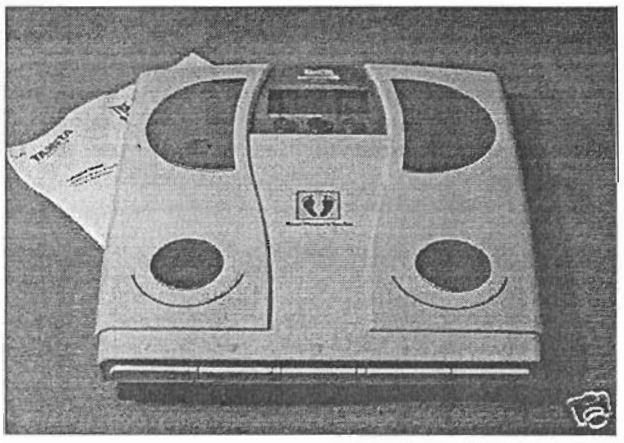
(รัสนา เลิศรุ่งชัยสกุล, 2543) ซึ่งการค้นพบนี้ก็ได้สร้างความประหลาดใจ เนื่องจากว่าตำแหน่งต้นแขนด้านหน้าไม่ได้ เป็นที่นิยมกันในการวัดด้วย Skinfold

- อายุและเพศ เป็นตัวแปรอิสระในการทำนายความหนาแน่นของร่างกายและเปอร์เซ็นต์ไขมัน ดังนั้นการวัดด้วยวิธี NIR ต้องใส่อายุและเพศในสมการการทำงานด้วย

วิธีการวัด NIR

- ต้องวัดในแขนข้างที่ถนัดของผู้รับการวัด
- ให้ผู้รับการวัดนั่งในท่าที่สบายที่สุด ไม่ควรเกร็งกล้ามเนื้อทุกส่วนขณะทำการวัด
- การวัดวางแขนข้างที่ถนัดลงบนโต๊ะ โดยให้ข้อศอกจนถึงข้อมือสัมผัสพื้นโต๊ะแล้วหงายมือขึ้น
- ผู้ทำการวัดนำ Light Wand มาวางบริเวณกึ่งกลางของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้าแล้วกดปุ่ม ภายใน 10 วินาที ตัวเลขจะแสดงเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายออกมา
- ไม่จำเป็นต้องอดอาหารก่อนการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย
- วัดไขมันได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นก่อนหลังหรือระหว่างออกกำลังกาย

2.5 **วิธีการวัดปริมาณเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายด้วยวิธี ไบโออิเลคตริคอล อิมพิแดนซ์อนาไลซีส** (Bioelectrical Impedance Analysis: BIA) เป็นการวัดปริมาณเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายอีกวิธีหนึ่งค่อนข้างสะดวก รวดเร็ว ถึงแม้ว่าความเชื่อมั่นไม่ดีเท่ากับการชั่งน้ำหนักตัวใต้น้ำ หรือการวัดความหนาของผิวหนังพับด้วย Skinfold Caliper แต่ วิธีไบโออิเลคตริคอล อิมพิแดนซ์อนาไลซีส ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักตัวพร้อมวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายแบบ Body Fat Analyzer ดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 แสดงตัวเครื่องชั่งน้ำหนักตัวพร้อมวัดเปอร์เซนต์ไขมันในร่างกายแบบ Body Fat Analyzer (Tanita, 2008)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Body Fat Analyzer เป็นเครื่องที่ใช้ระบบไฟฟ้าบอกค่าน้ำหนักตัว และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายนี้ เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว เหมาะกับการวัดกับคนจำนวนมาก ๆ และก็สามารถตอบคำถามที่เราต้องการทราบได้พอสมควร ในปัจจุบันจะพบว่า วิธีนี้ก็ใช้กันมากขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการวัด ดังนี้

- ผู้รับการทดสอบควรใส่เสื้อผ้าเท่าที่จำเป็น ถอดถุงเท้า ถุงน่องออกและเท้าควรแห้งสะอาดเมื่อจะดำเนินการชั่ง

- ขณะเครื่องปิดจอภาพว่างให้กดปุ่มสวิทช์บุคคลหรือสวิสเปิดที่ด้านหลังเครื่องชั่ง เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติ

- ป้อนข้อมูลเพศและวัย โดยกดที่ปุ่มบน – ล่างตามสัญลักษณ์ที่อยู่บนหน้าจอ ป้อนข้อมูลผู้ใหญ่หรือเด็ก และเพศให้ตรงกับคุณสมบัติของผู้รับการทดสอบ

ผู้ใหญ่ คือ อายุ 18 ปีขึ้นไป

เด็ก คือ อายุ 17 ปีลงมา

- ป้อนข้อมูลความสูงเมื่อตัวเลขความสูงกระพริบให้กดปุ่มขึ้น – ลงตามความสูงของผู้รับการทดสอบ

- หลังจากป้อนข้อมูลความสูง 2 หรือ 3 วินาที จอภาพจะปรากฏ 0.0 กิโลกรัม ให้ผู้รับการทดสอบขึ้นยืนบนเครื่องด้วยเท้าเปล่าที่สะอาดและแห้ง ยืนตรงวางส้นเท้าและปลายเท้าให้ตรงกับตำแหน่งที่จะวัด

- เมื่อยืนบนเครื่องชั่งเสร็จแล้วจอภาพจะปรากฏน้ำหนักตัว และเครื่องจะทำการวัดไขมันต่อไปโดยอัตโนมัติ

- เปอร์เซ็นต์ไขมันปรากฏเมื่อยืนนิ่งในตำแหน่งที่ถูกต้อง เครื่องจะปรากฏตัวเลข “00000” ตัวเล็ก เลข 0 นี้จะลดจำนวนลงจนหมด แล้วจะปรากฏตัวเลขเปอร์เซ็นต์ไขมัน (ค่าการวัดจะเที่ยงตรงดีต้องขึ้นอยู่กับการยืนวางเท้าให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องด้วย)

- ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันและค่าน้ำหนักตัวจะปรากฏอยู่บนจอสลับกันไปและถ้ายังยืนอยู่บนเครื่องชั่งนานถึง 30 วินาที เครื่องจะดับโดยอัตโนมัติ

- เมื่อก้าวลงจากเครื่อง ตัวเลขเปอร์เซ็นต์ไขมันและน้ำหนักตัวจะปรากฏสลับกันไปอีก 3 ครั้ง เครื่องจะดับ

ความหนาแน่นของกระดูก

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดูก

กระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่ค้ำจุนร่างกายและทำให้เกิดความมั่นคง โดยกระดูกมนุษย์ประกอบด้วย กระดูกCortical 80% บริเวณที่เป็นกระดูก Trabecularทุกแห่งจะถูกล้อมรอบด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กระดูก Cortical ที่เรียงเป็นชั้น ๆ มีความหนาแน่นตั้งแต่ 0.5-10 มม. กระดูก Radius และ Ulna มีกระดูก Trabecular น้อยกว่า 20% ยกเว้นส่วนปลาย 2 เซนติเมตร ซึ่งมีกระดูก Trabecular เป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมากประมาณ 55-65% สำหรับกระดูกสันหลังก็เป็นส่วนที่มีกระดูก Trabecular ประกอบเป็นส่วนใหญ่มีตั้งแต่ 20%, 25% หรือ 40% บริเวณ Body มีกระดูก Trabecular ประมาณ 40-50% และบริเวณด้านหลัง ซึ่งมีพื้นที่เป็นครึ่งหนึ่งของกระดูกสันหลังทั้งหมด จะมีกระดูก Trabecular 5% ที่ Proximal Femur และ Femoral Neck ยังไม่เคยมีการวัดโดยตรง แต่จากการประมาณค่า คาดว่ามีกระดูก Trabecular 15% แม้จะมีการบอกกล่าวว่าที่กระดูก Calcaneus มีกระดูก Trabecular 90% แต่ก็ยังไม่มีข้อมูลสนับสนุน เนื่องจาก Metabolic Bone Turnover จะเกิดที่กระดูก Trabecular มากกว่าที่กระดูก Cortical ถึง 8 เท่า การวัดกระดูก Trabecular จึงมักตรวจจับการลดลงของ Mineralization ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าที่กระดูก Cortical การหักของกระดูกจากโรคกระดูกพรุน มักจะพบที่กระดูกสันหลังและ Distal Radius ซึ่งมีตำแหน่งที่มีสัดส่วนของกระดูก Trabecular สูง

ปริมาณไขมันของกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนที่อยู่รอบ ๆ กระดูกมีค่าแตกต่างกันมาก ที่กระดูกระยางค์ มีมากกว่า 75% กระดูกส่วนกลางลำตัว เช่น ที่กระดูกสันหลังมี 40-50% ปริมาณนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากยา และอายุ ปริมาณเป็นตัวแปรที่สำคัญ เพราะเครื่องมือที่วัดมวลของกระดูกมักได้รับผลกระทบจากปริมาณไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อรอบ ๆ

สิ่งที่บอกถึงความเข้มแข็งของกระดูกคือ มวลของกระดูก คุณสมบัติของเรขาคณิต และคุณภาพของกระดูก ความเข้มแข็งของกระดูกอาจจะลดลงด้วยตัวชี้บ่งเพียงหนึ่งตัว หรือมากกว่าก็ได้ ในปัจจุบันสามารถใช้เครื่องมือวัดมวลของกระดูกได้ แต่ไม่สามารถบอกคุณสมบัติทางเรขาคณิต หรือคุณภาพของกระดูกได้ อย่างไรก็ตาม การวัดมวลของกระดูกก็ถือว่าเป็นวิธีการประเมินFracture risk ทางอ้อมที่ดีที่สุด

2. การตอบสนองของกระดูก

สารเมตร ไวคกุล (2539) กล่าวไว้ว่า เมื่อเกิดแรงกระตุ้นภายในกระดูกที่ความรุนแรงต่างกันอาจทำให้เกิดการแสดงออกต่อกระดูก ดังนี้

2.1 กระดูกตาย เกิดจากสิ่งกระตุ้นนั้นทำลายเซลล์กระดูกโดยตรง หรือทำให้กระดูกขาดเลือด เมื่อเซลล์กระดูกตายจะมีการทำลายเซลล์ กระตุ้นการทำงานของ Macrophage ตามมาด้วยกระบวนการอักเสบและกระบวนการซ่อมแซม มีการทำลายกระดูกที่ตายออก และสร้างหลอดเลือดใหม่แทรกเข้ามา (Revascularization) ตามมาด้วยการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่า ในบางภาวะร่างกายจะสร้างกระดูกพอกใหม่ เรียกว่า Callus ขึ้นเสริมโดยรอบกระดูกตาย โดยไม่ได้ยึดหรือแทนที่กระดูกเก่า

2.2 สร้างกระดูกมากขึ้น ในเด็กที่กำลังเจริญเติบโต กระบวนการภายในจะกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น ขยายขนาดทั้งกว้าง ยาวและหนา หากมีการบาดเจ็บ หรือทำให้รูปร่างของกระดูกผิดปรกติไป ร่างกายสามารถปรับตัวให้กลับสู่รูปเดิมด้วยการทำลายส่วนที่เกินผิดรูป และสร้างกระดูกขึ้นใหม่เสริมส่วนที่พร่อง หากได้สมดุลก็ไม่เกิดผิดรูป สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างกระดูก ประกอบด้วย

- การกระตุ้นทางชีวกลศาสตร์ (Biome Chanical Stimulation) แรงกระทำต่อกระดูกมีส่วนกำหนดรูปร่างและพัฒนาการของกระดูกร่วมกับ Genes (Goldstein, 1987) แรงกดตามแนวแกนทำให้มีการสร้างกระดูกมากขึ้นตามกฎของ Wolf แรงกระทำที่กระตุ้นการสร้างกระดูกได้ดีที่สุดเชื่อว่าเป็นแรงดึงจากกล้ามเนื้อ และการบริหารไม่ใช่แรงกดลงน้ำหนัก (Dalsky, 1987) ปัจจุบันพบว่าการดึงอยู่คงที่ (Stable Distraction) ก็สามารถกระตุ้นการสร้างกระดูกได้ ซึ่งเป็นการศึกษาของ Ilizarov et al. เชื่อว่าสิ่งเร้าทางกลศาสตร์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีผ่านกระบวนการ Autokines และ Cytokines นำมาสู่การทำงานของเซลล์กระดูก (Paley et al., 1989; Lanyon, 1987) และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของศักดาไฟฟ้าภายในกระดูก (Borsalino et al., 1988) หากกระดูกหักและยึดตรึงกระดูกได้ไม่มั่นคง ส่วนปลายกระดูกที่หักมีการเคลื่อนไหวมาก จะเกิด Hypertrophic Callus มีการสร้าง Woven Bone มากกว่าปกติ

- การกระตุ้นทางชีวเคมี (Biochemical Stimulation) ตามปกติร่างกายต้องการอาหารที่เหมาะสม เพื่อการเจริญเติบโตในวัยเด็ก รักษาสภาพในช่วงวัยกลางคน และชะลอความเสื่อมในวัยชรา จึงควรได้รับโปรตีน 1 กรัม/ กก./ วัน ในวัยเด็ก และประมาณ 0.5 กรัม/ กก./ วันในผู้ใหญ่ สำหรับแคลเซียมในเด็กควรได้ไม่น้อยกว่า 1.5 กรัม / วัน และในผู้ใหญ่ไม่น้อยกว่า 1 กรัม/ วัน เพื่อให้กระดูกมีการเสริมสร้างตามปกติ การใช้สารเคมี หรือยาบางอย่างอาจกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกมากขึ้น เช่น การให้ PGE_2 ในเด็กที่มีการเจริญและพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างผิดปกติ อาจทำให้กระดูกหนาตัวกว่าปกติ (Jorgensen et al., 1988) การผ่าตัดบริเวณข้อสะโพกหรือการบาดเจ็บข้อที่รุนแรงอาจเกิดการกระตุ้นการสร้างกระดูกผิดปกติจาก Matrix Protein และ Cytokines หลายชนิดเช่น Bone Morphogens, PGs และ Growth Factors ต่าง ๆ โดยเฉพาะ Insulin-derived Growth Factors เรียกกระดูกที่ผิดปกตินี้ว่า Heterotrophic Bone การรักษาแม้แต่การใช้รังสีก็มักได้ผลไม่ดี (Sylvester et al., 1988) นอกจากนี้ สารเคมีบางชนิดยังมีการสร้างกระดูกผิดปกติได้ เช่น Fluoride และภาวะ Hypervitaminosis D

- การกระตุ้นทางไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่มีศักดาลบ จะกระตุ้นการสร้างกระดูกโดยกระบวนการ Crystalization ทั้ง Active และ Passive จากภาวะความเป็นด่างส่วนบริเวณที่มีศักดาบวกจะกระตุ้นการทำลายกระดูก (Borsalino et al., 1988) ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามกฎของ

Wolf คือ ด้านที่มีแรงกลจะมีศักดาเป็นลบ และด้านที่มีแรงดึงจะมีศักดาเป็นบวก กระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นการสร้างกระดูกอาจเป็นกระแสตรง (Kane, 1988) หรือ Inducive Coupling จากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Borsalino et al., 1988) และ สนามไฟฟ้า กระบวนการนี้ยังเป็นที่โต้แย้งว่าจะทำให้เกิดการสร้างกระดูกดีขึ้น เพื่อรักษากระดูกหักได้หรือไม่ แต่พบว่ามีอิทธิพลต่อภาวะ Nonunion

- การกระตุ้นผ่านระบบประสาท ระบบประสาทควบคุมการสร้างกระดูกโดยตรงผ่านทางประสาท vasomotor ใน Haversian System และผ่านทางระบบต่อมไร้ท่อในรายที่สมองบาดเจ็บหรือไขสันหลังส่วนบนบาดเจ็บ และมีการทำงานของไขสันหลังส่วนล่างผิดปกติเป็นแบบกระตุก (Spastic) พบว่ามักเกิด Heterotrophic Bone ขึ้น โดยเฉพาะบริเวณต่ำกว่าส่วนที่ได้รับบาดเจ็บ (Jensen et al., 1987) พบบ่อยที่ข้อตะโพก กระบวนการนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด คิดว่าเป็นผลรวมของการบาดเจ็บจากกล้ามเนื้อหดตัวรุนแรง และMicroenvironment ที่ผิดปกติ

- การกระตุ้นจากระบบการไหลเวียนเลือด การไหลเวียนเลือดที่เหมาะสม ทำให้กระดูกมีการเจริญเติบโตตามปกติ หากมากหรือน้อยไปจะทำให้การสร้างกระดูกลดลง พบว่า Microenvironment ที่มี Oxygentension 30-50 มิลลิเมตรปรอท กระดูกจะเจริญได้ตามปกติ

- การกระตุ้นจากโรคของกระดูก โรคบางอย่างทำให้มีเนื้อกระดูกมากขึ้น เกิดการยึดตรึงทำให้ข้อเคลื่อนไหวได้น้อยลง เช่น Ankylosing Spondylitis หรือ Marble Bone Disease เนื้องอกบางชนิดกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกหนาแน่นโดยรอบ เช่น Osteoid Osteoma การติดเชื้อบางชนิดเกิด Involucrum หนาแน่นมาก เช่น Osteomyelitis of Garre

- การกระตุ้นจากโรคของระบบอื่นบางชนิดทำให้เกิดการสร้างกระดูกใต้เยื่อหุ้มกระดูกได้ เช่น Chronic Obstructive Lung Disease ซึ่งมักพบมีการสร้างกระดูกใหม่ดังกล่าวที่กระดูกขาและแขน

2.3 การสร้างกระดูกลดลง และการทำลายกระดูกมากขึ้น ในผู้ป่วยสูงอายุ การสร้างกระดูกลดลง ตามธรรมชาติ พบว่าเนื้อกระดูกบางลงกระดูกที่หักมักติดช้า (Lanyon, 1987) อาจป้องกันและรักษาได้โดยการให้สารอาหารและออกกำลังกายที่เหมาะสมหลีกเลี่ยงสารที่รบกวน Calcium Metabolism เช่น เหล้าและบุหรี่ การกระตุ้นการทำลายกระดูกผ่านเซลล์ที่สำคัญคือ Osteoblast ซึ่งตามปกตินั้นเซลล์ของมันจะกลุมผิวกระดูกโดยตลอด ทำให้ Osteoclast ไม่ได้สัมผัสกับกระดูก จึงไม่เกิดการทำลายกระดูกเมื่อมีสิ่งมากระตุ้นให้ Osteoblast หดตัวและเปิดผิวกระดูกออก Osteoclast จึงเข้าทำลายกระดูกได้ภายใต้การควบคุมของ Parathyroid Hormone และ Cytokines จาก Osteoblast, Macrophage และ Mononuclear Cell (Dalsky, 1987)

2.4 การเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่ออื่น เซลล์กระดูกที่ได้รับสิ่งกระตุ้นจากภายนอกในรูปของสารเคมี ไวรัส และรังสี ร่วมกับความผิดปรกติเดิม เช่น Oncogenic Gene อาจร่วมกันทำให้เกิดเนื้อร้ายชนิดทุติยภูมิ (Secondary) ได้ เช่น ผู้ป่วยที่เป็น Steochondromatosis อาจกลายเป็น Chondrosarcoma ขึ้นได้ Giant Cell Tumor ที่ได้รับการฉายรังสีอาจเกิดเป็น Fibrosarcoma เป็นต้น

3. มวลกระดูกสูงสุด (Peak bone mass)

สัตยา โรจนเสถียร (2544) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของมวลกระดูกของมนุษย์ตั้งแต่แรกเกิดจนเข้าสู่วัยชรา สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย

3.1 ระยะสร้างมวลกระดูก (Attainment of Peak Bone Mass) เริ่มตั้งแต่แรกเกิด มนุษย์จะเจริญเติบโตและมีการสร้างมวลกระดูกมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง อายุ 30-40 ปี โดยการเพิ่มมวลกระดูกจะเร็วขึ้นในช่วงเข้าสู่วัยหนุ่มสาว ซึ่งมีการเจริญเติบโตของร่างกายเร็วมาก กินเวลาประมาณ 3-4 ปี ขณะที่มวลกระดูกสูงสุด (Peak Bone Mass) จะสูงขึ้นในอายุเท่าไรนั้นยังเป็นที่ถกเถียงกัน แต่อย่างน้อย 95% ของ Peak Bone Mass จะเกิดขึ้นเมื่อหญิงอายุ 17 ปี และชายอายุ 20 ปี ส่วนที่เหลืออีก 5% อาจจะเพิ่มจนเต็มที่เมื่อ อายุ 30-40 ปี ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างมวลกระดูกมากที่สุดคือปัจจัยทางพันธุกรรม (Genetics) ซึ่งมีประมาณประมาณ 70% ของมวลกระดูกสูงสุด ที่เหลืออีก 30 % จะได้อิทธิพลจาก การออกกำลังกายและการเคลื่อนไหว (Physical Activity) อาหาร (Nutrition) และระบบของ Hormones เป็นต้น

สำหรับการออกกำลังกายและการเคลื่อนไหว เนื่องจากกระดูกทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย ซึ่งเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อเพื่อการเคลื่อนไหวร่างกาย และเป็นแหล่งสะสมแร่ธาตุต่าง ๆ โดยกระดูกจะตอบสนองต่อแรงที่มากระทำต่อกระดูกภายใต้ Wolf's Law การที่กระดูกได้รับการกระตุ้นจากแรงกระทำ (Load) อย่างสม่ำเสมอจะมีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูก จากการศึกษาของ Bellew et al. (2006) พบว่า นักกีฬาฟุตบอลวัยผู้ใหญ่มีค่าความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกสูงกว่าเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก ($p = .003$) สำหรับวัยเด็กและวัยรุ่น การออกกำลังกายสามารถเพิ่มทั้งมวลกระดูกและเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกระดูก ซึ่งจะสังเกตได้ชัดเจนในเด็กที่เล่นเทนนิส พบว่า กระดูกแขนข้างที่ใช้ตีลูกเทนนิส จะมีขนาดใหญ่กว่า แขนอีกข้างอย่างชัดเจน ขณะที่การวิ่ง ทำให้มีแรงกระทำ (Load) ต่อกระดูกสันหลัง ประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักตัว การเล่นยิมนาสติก เมื่อกระโดดออกจากบาร์คู่ลงสู่พื้น จะทำให้มีแรงกระทำต่อกระดูกสันหลัง 15-20 เท่าของน้ำหนักตัว พบว่ากีฬาที่มีการกระโดด เช่น ยิมนาสติก สามารถเพิ่มมวลกระดูก สะโพกได้ถึง 3% ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากธรรมชาติของการเล่นกีฬาฟุตบอลซึ่งลักษณะการเคลื่อน ไหวที่มีทั้งการวิ่ง และการกระโดด จึงส่งผลให้นักกีฬาฟุตบอลที่ฝึกอย่างสม่ำเสมอมีค่า

ความนาแน่นของกระดูกเพิ่มขึ้น ซึ่ง Vicente-Rodriguez et al. (2003) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มของมวลกระดูก และสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลก่อนวัยหนุ่มสาว ที่มีอายุเฉลี่ย 9 ปี จำนวน 104 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึกฟุตบอล สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 53 คนและ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ จัดโปรแกรมการฝึกนอกจากการทำกิจกรรมในการเรียนพลศึกษา ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มนักกีฬาฟุตบอล มีสมรรถภาพทางกายดีกว่ากลุ่มควบคุม (-10%, $p < 0.05$) ปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่า (4% less, $p < 0.05$) และกลุ่มนักกีฬาฟุตบอลมีค่ามวลกระดูกเพิ่มขึ้น (+ 17%, $p < 0.001$) ขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูกที่พบว่ามีค่าสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ก็ต่อเมื่อหญิงอายุ 17 ปี และชายอายุ 20 ปี ดังนั้นงานวิจัยที่มีการศึกษาแล้วบางส่วนจึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของมวลกระดูก เช่น งานวิจัยของ Blimkie et al. (1996) ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูกในวัยรุ่นหญิง โดยกลุ่มตัวอย่างอายุเฉลี่ย 16 ปี ออกกำลังกายด้วยแรงต้านโดยใช้เครื่องออกกำลังกายระบบไฮดรอลิก จำนวน 13 ท่าฝึก ๆ ละ 4 เซต ๆ ละ 10 – 12 ครั้ง สัปดาห์ละ 3 ครั้งเป็นเวลา 6 เดือนครึ่ง ผลการวิจัยพบว่า ความหนาแน่นของกระดูกระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Witzke and Snow (2000) ศึกษาผลของการฝึกกระโดดแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อมวลกระดูกของหญิงวัยรุ่น กลุ่มตัวอย่างอายุเฉลี่ย 14 ปี ฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านทานและแบบพลัยโอเมตริก สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 30 – 45 นาที เป็นระยะเวลา 9 เดือน ผลการวิจัยไม่พบความแตกต่างของความหนาแน่นของกระดูกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ขณะที่ Mackelvie et al. (2001) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในโรงเรียน ด้วยกิจกรรมพื้นฐานที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูกในเด็กผู้หญิงก่อนวัยรุ่น ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 10 ปี ออกกำลังกายด้วยการกระโดด 50–100 ครั้ง และฝึกแบบวงจร สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 10–12 นาที เป็นเวลา 7 เดือน ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึกความหนาแน่นของกระดูกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ Petit et al. (2002) ทำการศึกษากับเด็กผู้หญิงเอเชีย อายุเฉลี่ย 10 ปี ออกกำลังกายด้วยการกระโดด 50–100 ครั้ง และฝึกแบบวงจร สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 10 นาที เป็นเวลา 7 เดือน ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึกออกกำลังกายความหนาแน่นของกระดูกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.2 ระยะที่มวลกระดูกมีความแข็งแรง (Consolidation) มวลกระดูกของมนุษย์มีความแข็งแรงในช่วงอายุระหว่าง 30-40 ปี จนถึงช่วงอายุประมาณ 45-50 ปี

3.3 ระยะที่มีการสลายมวลกระดูก (Age Related Bone Loss) เริ่มตั้งแต่อายุ 45-50 ปีขึ้นไป ในช่วงที่มีการสลายมวลกระดูก (Age Related Bone Loss) มวลกระดูกจะลดลงเป็นผลจาก Remodeling Imbalance โดยในแต่ละ Remodeling จะมีการสลายกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โดยผู้ชายจะเสียมวลกระดูกในอัตราคงที่ปีละ 1% สำหรับสตรีก่อนวัยหมดประจำเดือนจะสูญเสียมวลกระดูกปริมาณน้อย ประมาณ 0.2% ต่อปี ส่วนสตรีวัยหมดประจำเดือนในช่วง 5 ปีแรกจะสูญเสียมวลกระดูกเร็วมาก ประมาณ 2%-5% ต่อปี หลังจากนั้นสูญเสียมวลกระดูกลดลงคือประมาณ 0.7%

4. การวัดความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Densitometry)

วิธีวัดมวลหรือความหนาแน่นของกระดูก(Bone Mineral Density: BMD) หรือการประเมินลักษณะโครงสร้างของกระดูกมีบทบาทสำคัญในการวินิจฉัยโรคเกี่ยวกับ Metabolic Bone Disorder โรคกระดูกพรุนเป็นโรคในกลุ่ม Metabolic Bone Disorder ที่พบบ่อยที่สุดมีลักษณะจำเพาะคือมวลของกระดูกลดลง มีการทำลายในระดับอณู โครงสร้างทำให้เกิดรอยแตกร้าวของกระดูก และความเสี่ยงต่อกระดูกเพิ่มขึ้น โดยกระดูกจะหักเมื่อได้รับอุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยกระดูกจะบางลง อย่างไรก็ตาม คนที่มีกระดูกบางส่วนใหญ่ก็ไม่พบรอยแตกหัก ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีความพยายามที่จะพัฒนาวิธีการตรวจกระดูกแบบ Non invasive เพื่อให้สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างรวดเร็วแม่นยำ โดยประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคนี้ก่อนที่จะเกิดกระดูกหัก เนื่องจากโรคนี้ยังไม่ปรากฏอาการให้เห็นในระยะเริ่มแรก จากนิยามของโรคกระดูกพรุนที่ใช้มวลของกระดูกเป็นพารามิเตอร์หนึ่งในการวินิจฉัยโรคจึงมีการนำเทคนิคการวัด BMD มาใช้ ซึ่งวิธีการที่ใช้รังสีให้ภาพสำหรับการวินิจฉัยโดยอาศัยหลักการของลักษณะทางกายภาพ แสดงว่าโรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และโครงสร้าง สิ่งที่ต้องการคือ หาวิธีตรวจจับรอยแตกร้าว วิธีการส่วนใหญ่มักเป็นการวัดทางอ้อม และเป็นการวัดปริมาณกระดูก ยังไม่มีวิธีการประเมินความแข็งแรงของกระดูกในงานประจำ แต่ได้อาศัยค่า BMD ในการประเมิน

4.1 หลักการพื้นฐานของเทคนิคการวัด BMD

เทคนิคการวัด BMD ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา เทคนิคที่ใช้เริ่มแรกคือ Radiographic Absorptiometry และ Radiogrammetry เริ่มใช้ในทศวรรษ 1930 เทคนิคที่อาศัยรังสี เป็นพื้นฐานอื่น ๆ เช่น SPA (Single Photon Absorptiometry) เป็นวิธีที่จะใช้ลำโฟตอนพลังงานค่าเดียวจากกัมมันตรังสีต้นกำเนิด เพื่อวัดการดูดซับรังสีในตำแหน่งที่วัด แต่เครื่องนี้จะใช้จำเพาะที่กระดูกรยางค์เท่านั้น DXA (Dual X-ray Absorptiometry) เป็นวิธีที่ใช้หลอดเอกซเรย์แทนสารกัมมันตรังสี ตัวให้กำเนิดเอกซเรย์ 2 ค่าพลังงานอาจเป็น X-ray Generator หรือใช้การกรอง X-ray Spectrum ข้อดีของ DXA คือใช้เวลาตรวจสั้นเนื่องจาก Photo Flux จากหลอดเอกซเรย์มีค่าสูงขึ้น จากการที่มี Resolution ซึ่งสูงกว่า และไม่มีการสลายพลังงาน เหมือนกับสารกัมมันตรังสี ทำให้วิธี DXA นี้มีความเที่ยงตรง และความแม่นยำสูง แต่มีราคาแพง และ QCT

(Quantitative Computed Tomography) วิธีนี้จะสามารถบอกถึงความหนาแน่น ที่คิดต่อหน่วยปริมาตรอย่างแท้จริง (mg/ cm^3) เป็นระบบ 3 มิติ สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกโดยตรง และสามารถแยกกระดูก Trabecular ออกจาก Cortical ซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้กลายมาเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับสำหรับที่จะประยุกต์ ใช้ทั้งงานเวชปฏิบัติ และงานวิจัยในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา และหลังจากนั้นได้มีการคิดค้นเทคนิคใหม่ที่ไม่ต้องใช้รังสีสำหรับการวัดทั้ง BMD และโครงสร้างของกระดูกคือ QUS (Quantitative Ultrasound) และ QMR (Quantitative Magnetic Resonance) สำหรับ QUS เริ่มนำมาใช้ในทศวรรษ 1960 จากการพัฒนาโดยนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ ทำให้สามารถวัด BMD ได้อย่างรวดเร็วเที่ยงตรงและแม่นยำมากขึ้น จึงได้รับความสนใจในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีราคาถูก เคลื่อนย้ายออกนอกสถานที่ได้ ใช้ง่าย และ ไม่มีผลกระทบจากรังสี เครื่องมือนี้ใช้หลักการวัดความเร็ว และการดูดซับคลื่นเสียงขณะที่เดินทางผ่านกระดูก ตำแหน่งที่วัดได้แก่ ส้นเท้า นิ้วมือ หน้าแข้ง และกระดูกสะบ้า ชนิดที่เป็นTransmission Type ใช้ Transducers 2 หัว ตัวหนึ่งเป็นตัวส่งคลื่นเสียง (Transmission) และอีกตัวหนึ่งเป็นตัวรับคลื่นเสียง (Receiver) ซึ่งวางอยู่ตรงข้ามจะวัดกระดูก Trabecular ที่ส้นเท้า และสะบ้ากระดูก Cortical ที่หน้าแข้ง และกระดูกทั้ง Cortical และ Trabeculac ที่นิ้วมือ Velocity Parameter ที่วัดมักเรียกว่า Ultrasound Transmission Velocity (UTV) หรือที่นิยมเรียกว่า Speed of Sound (SOS) สำหรับ Attenuation Parameter เรียกว่า Broadband Ultrasound Attenuation (BUA)

SOS เป็นความเร็วของคลื่นเสียงที่ส่งผ่านไปยังกระดูกคือ ระยะทางหารด้วยเวลา มีหน่วยเป็น m/ sec นิยมวัดที่ส้นเท้า หน้าแข้งและนิ้วมือ ที่กระดูกสะบ้าก็มีการวัดเช่นกัน ดังนั้นตำแหน่งของกระดูกที่มีกระดูก Trabecular หรือ cortical เป็นส่วนใหญ่ก็สามารถใช้อัลตราซาวด์ประเมินได้ ความเร็วของคลื่นเสียงในกระดูก cortical จะเป็น 2-3 เท่าของกระดูก Trabecular ที่กระดูกส้นเท้าจะวัดในทิศ Medilateral อาจใช้น้ำ หรือเจลเป็นสื่อกลางในการส่งผ่านคลื่นเสียง ความเร็วทั่วไปอยู่ระหว่าง 1,400 – 1,900 m/ sec Precision Error 0.2-1.5% สิ่งที่มีผลต่อความเร็ว คือ ความหนาของส้นเท้า และอุณหภูมิของน้ำที่หน้าแข้งจะวัดในแนว longitudinal ความเร็วเสียงมีค่า 3,600 – 4,200 m/ sec และ Precision Error 0.2 – 1%

BUA เป็น Parameter ที่สองที่ถูกวัดโดย QUS เกิดจากการกระเจิง และการดูดซับสัญญาณคลื่นเสียงในกระดูก ไขกระดูกและเนื้อเยื่อที่อยู่รอบ ๆ ซึ่ง Langton และคณะเป็นทีมแรกที่แสดงให้เห็นว่า การดูดซับของคลื่นเสียงในกระดูกเป็นเส้นตรงมีช่วงความถี่ 200 – 600 kHz ซึ่งความชัน (Slope) ของความสัมพันธ์ก็คือ Attenuation Parameter BUA มีหน่วยเป็น dB/ MHz

BUA มักใช้วัดที่ส้นเท้าเท่านั้น มีค่า Precision Error 1.3 – 6 % ตำแหน่งการวางเท้าและบริเวณที่วัดต่างกันมีผลต่อการวัด BUA โดยเฉพาะการหมุนของเท้าที่ทำให้ Heel-toe Direction เปลี่ยนไป ลำคลื่นเสียงจาก หัว Transducer มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ม.ม. โดยจะScanผ่านส้นเท้าทุกระยะ 1 ม.ม. จนได้ภาพส้นเท้าทั้งหมด ข้อดีของ BUA คือ

- ให้การประเมิน ROI มาตรฐานในผู้ป่วยทุก ๆ คน
- สามารถใช้ ROI ที่ใหญ่ขึ้นเพื่อช่วยเพิ่ม Precision
- สามารถแยกให้เห็น Artifact และกำจัด Artifact ได้

เครื่อง Lunar Achilles จะคำนวณค่าตัวแปลที่เรียก Quantitative Ultrasound Indrex (QUI) หรือ Stiffness ซึ่งเป็นการรวม BUA และ SOS เพื่อให้มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของกระดูกมากที่สุด ในทางเวชปฏิบัติใช้ Stiffness เพียงตัวเดียวก็สามารถแปลผลได้

4.2 การแปลผลจากค่า BMD

การเปลี่ยนแปลงของ BMD และ QUS Parameter มีความเกี่ยวข้องกับอายุ เพศ และเชื้อชาติ ผลการวัดจะอ่านออกมาเป็นค่า T score และ Z score ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญของการแปลผล

Z score เป็นค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยในกลุ่มอายุเดียวกัน แล้วหารด้วย SD ของกลุ่มอายุนั้น

T score เป็นค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของวัยหนุ่มสาว แล้วหารด้วย SD ของวัยหนุ่ม-สาว เป็นค่าอ้างอิงเทียบกับ Peak Bone Mass ของวัยหนุ่มสาวที่มีอายุระหว่าง 20 -40 ปี

องค์การอนามัยโลกได้ใช้ค่า BMD ในการกำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้หญิงที่ไม่เคยเกิดกระดูกหัก ดังนี้

- ปกติ: ค่า BMD มากกว่า -1 SD ของค่าเฉลี่ยในวัยหนุ่มสาว (20-40 ปี)
- กระดูกบาง (Osteopenia): ค่า BMD น้อยกว่า -1 SD แต่มากกว่า -2.5 SD ของค่าเฉลี่ยในวัยหนุ่มสาว (20-40 ปี)
- กระดูกพรุน (Osteoporosis): ค่า BMD น้อยกว่า -2.5 SD ของค่าเฉลี่ยในวัยหนุ่มสาว (20-40 ปี)

ภาพลักษณ์ของเลือด

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเลือด

เลือดจัดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษเรียกว่า Vascular Tissue มีลักษณะเป็นของเหลวไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดซึ่งสอดแทรกไปตามเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย เลือดประกอบไปด้วยเม็ด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เลือดและส่วนที่เป็นของเหลว หรือน้ำเลือดที่เรียกว่าพลาสมา (Plasma) เลือดมีความหนืด (Viscosity) มากกว่าน้ำ เนื่องจากประกอบไปด้วยโปรตีนและเซลล์เม็ดเลือดเป็นจำนวนมาก ค่า pH ของเลือดอยู่ระหว่าง 7.3 – 7.5 และมีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.035 – 1.075 ในคนปกติมีเลือดในร่างกายแตกต่างกันตามน้ำหนัก เพศและอายุ มีค่าประมาณร้อยละ 7 - 8 หรือประมาณ 85 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2535; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2549; บังอร ฉางทรัพย์, 2548; สุวรรณ ธีระวรพันธ์, วิสุดา สุวิทยาวัฒน์ และเพ็ญโฉม พึ่งวิชา, 2549; เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และคณะ, 2548)) ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของเลือด คือ การออกกำลังกาย (Exercise) ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้ารายงานการวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่า ผลของการวิจัยที่เกิดขึ้นให้ผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันและแตกต่างกัน เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของไขมันในเลือด Tran et al. (1983) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่อไขมัน และลิโปโปรตีนในเลือด โดยใช้เทคนิค Meta-analysis จากการรวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกออกกำลังกาย ระยะเวลามากกว่า 26 ปี จำนวน 66 เรื่อง กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 2,925 คน (กลุ่มทดลอง 2,086 คนและกลุ่มควบคุม 839 คน) ผลจากการศึกษา พบว่า กลุ่มทดลองมีปริมาณ TC ลดลง 10 มิลลิกรัม ($P > 0.01$) TG ลดลง 15.8 มิลลิกรัม ($P > 0.01$) HDL – C เพิ่มขึ้น 1.2 มิลลิกรัม (NS) ปริมาณ LDL – C ลดลง 5.1 มิลลิกรัม ($P > 0.05$) และอัตราส่วนของ TC ต่อ HDL – C ลดลงถึง 0.48 ($P > 0.01$) สำหรับกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติ นอกจากนี้ พบว่า กลุ่มทดลองก่อนและหลังการออกกำลังกายมีค่าความสัมพันธ์ของการลดลงของ TC, TG และอัตราส่วนของ TC ต่อ HDL – C ($r = 0.48, 0.76$ และ 0.75 ตามลำดับ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P > 0.01$) และการเพิ่มขึ้นของระดับ HDL – C ($r = 0.50$ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P > 0.01$) กล่าวโดยสรุป การฝึกสมรรถภาพร่างกายทำให้เกิดประโยชน์ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันและลิโปโปรตีนในเลือด อย่างไรก็ตามผู้วิจัยต้องระมัดระวังเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างการฝึกสมรรถภาพร่างกายกับปริมาณไขมัน และลิโปโปรตีน เมื่อทำการทดลอง เนื่องจากต้องคำนึงถึงปัจจัยเบื้องต้น ได้แก่ อายุ ระยะเวลาการฝึก ความหนักของงาน ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อการออกกำลังกาย ปริมาณไขมัน และลิโปโปรตีน เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Meta-analysis ในขณะที่ Gilliam and Burke (1978) ที่ศึกษาการออกกำลังกายด้วยกิจกรรมแอโรบิกในเด็กผู้หญิงอายุระหว่าง 8-10 ปี จำนวน 14 คน โดยออกกำลังกายด้วยกิจกรรมแอโรบิกอย่างหนักครั้งละ 35 นาที เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโคเลสเตอรอลก่อน และหลังการออกกำลังกาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Linder et al. (1983) ทำการศึกษา

ผลของการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการเดิน และการวิ่งเหยาะ ที่ความหนัก 80% ของชีพจรสูงสุด กลุ่มตัวอย่างเพศชาย อายุ 11-17 ปี จำนวน 29 คน ออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 25-30 นาที เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโคเลสเตอรอล และปริมารไตรกลีเซอไรด์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับ Blessing et al. (1995) ซึ่งทำการศึกษาผลการฝึกความอดทนที่มีต่อไขมันในเลือด และสรีรวิทยาของวัยรุ่น โดยกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน อายุ 13-18 ปี ออกกำลังกายด้วยกิจกรรมแอโรบิกอย่างหนัก เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ๆ ละ 40 นาที ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน และ Ignico and Mahon (1995) ทำการศึกษาผลของการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย 10 สัปดาห์ที่มีต่อค่า HDL-C ในเด็กชายและหญิง อายุ 9-10 ปี โดยกลุ่มทดลองออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก 80-90% ของชีพจรสูงสุด (อัตราชีพจร160-180 ครั้งต่อนาที) สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 60 นาที ระยะเวลา 10 สัปดาห์ ปรากฏว่าหลังการฝึก10 สัปดาห์ ปริมาณ HDL-C ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ Stoedefalke et al. (2000) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในเด็ก ผู้หญิงหลังมีประจำเดือน อายุ 13-14 ปี โดยกลุ่มทดลองออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 20 นาที ด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งกล หรือปั่นจักรยานอยู่กับที่ความหนัก 75-80% ของชีพจรสูงสุด เป็นเวลา 20 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโคเลสเตอรอล, ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ และ HDL-C ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน รวมถึงงานวิจัยของ Tolfrey et al. (2004) ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายในเด็ก ชายหญิง อายุ 10 – 11 ปี จำนวน 34 คน ที่ความหนัก 80% ของชีพจรสูงสุด สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยโปรแกรมการฝึกต่างกัน กลุ่มที่ 1 ให้ใช้พลังงานที่ 100 kcal/ kg และกลุ่มที่ 2 ใช้พลังงาน 140 kcal/ kg ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมการฝึกที่กำหนดขึ้น ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า TG, HDL-C และ LDL

2. ส่วนประกอบของเลือด ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

2.1 พลาสมา เป็นของเหลวที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองใส มีประมาณร้อยละ 50-60 ของเลือด ในพลาสมาประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 90 และสารต่าง ๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาดุลยภาพของร่างกาย (Homcostasis) ได้แก่ 1) โปรตีน เช่น อัลบูมิน โกลบูลิน และไฟบริโนเจน เป็นต้น 2) อิเล็กโทรไลต์ และสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และไอโอดีน เป็นต้น และ 3) สารอินทรีย์อื่น ๆ เช่น ยูเรีย กรดยูริก ครีอะตินิน กรดอมิโนฟอสโฟ - ไลปิด โคเลสเตอรอล กลูโคส และเอนไซม์อื่น ๆ เป็นต้น

2.2 เม็ดเลือด ประกอบด้วย

2.2.1 เม็ดเลือดแดง (Red blood Cell) เม็ดเลือดแดงที่โตเต็มที่จะมีรูปร่างกลมแบนตรงกลางทั้งสองด้านเว้าเข้าหากัน (Biconcave) ไม่มีนิวเคลียส หนาประมาณ 2 ไมครอน เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ไมครอน มีปริมาตรประมาณ 85 ลูกบาศก์ไมครอน เนื่องจากเป็น Biconcave รูปร่างของเม็ดเลือดแดงจึงเปลี่ยนได้มากโดยไม่ทำให้ปริมาตรเปลี่ยน เช่นขณะเคลื่อนผ่านหลอดเลือดฝอย และด้วยเหตุนี้ Biconcave อีกเช่นกันทำให้เม็ดเลือดแดงสามารถมีปริมาตรเพิ่มได้มาก โดยที่แรงดึงผิวและพื้นที่ผิวอาจเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

- หน้าที่ของเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ รูปร่างที่เป็น Biconcave ทำให้เซลล์มีพื้นที่ผิวมากเมื่อเทียบกับปริมาตรจึงช่วยให้การแพร่ของก๊าซเกิดได้เร็วเมื่อเทียบกับรูปร่างลักษณะอื่น นอกจากนี้เม็ดเลือดแดงยังช่วยทำหน้าที่เป็น Acid-base Buffer ของเลือด

- ปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือด ขึ้นอยู่กับอายุ, การเคลื่อนไหวของร่างกาย, ภูมิอากาศ, ระดับความสูงของที่อยู่อาศัย รวมทั้งพยาธิสภาพของโรคที่เกิดกับร่างกาย

- การสร้างเม็ดเลือดแดง (Red Cell Production) เม็ดเลือดในทารกระยะใกล้คลอดหลังคลอดจนเติบโตเป็นผู้ใหญ่ ถูกสร้างในไขกระดูกโดยขบวนการ Erythropoiesis อัตราการสร้างปกติประมาณ 400 – 500 มิลลิลิตร ต่อเดือน อัตราการสร้างเปลี่ยนแปลงได้ทั้งนี้ขึ้นกับความดันหรือปริมาณก๊าซออกซิเจนในเลือด ในกรณีที่อากาศหายใจมีปริมาณออกซิเจนต่ำ หรือกรณีที่ร่างกายเสียเลือดจะมีผลเร่งให้ไขกระดูกสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามหากร่างกายได้รับเลือดทำให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงสูงขึ้นอัตราการสร้างจะลดลง

- การทำลายเม็ดเลือดแดง (Red Cell Destruction) เกิดขึ้นได้ทั้งภายในหลอดเลือดและอวัยวะที่มีหน้าที่ทำลายเม็ดเลือดแดง เช่น ม้าม ซึ่งโดยทั่วไปเม็ดเลือดแดง จะมีอายุราว 120 วัน ระยะทางที่เคลื่อนที่ในระบบไหลเวียนเลือดประมาณ 700 ไมล์ ในภาวะปกติอัตราการสร้างเม็ดเลือดแดงจะเท่ากับอัตราทำลายเม็ดเลือดแดง หากอัตราการสร้างเม็ดเลือดแดงสูงกว่าอัตราการทำลายเม็ดเลือดแดงมีผลให้ปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือดสูงขึ้น ค่า Hct มากขึ้น หากอัตราสร้างเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าอัตราการทำลายเม็ดเลือดแดงปริมาณเม็ดเลือดแดงในเลือดลดลง ค่าHct ต่ำลง ขณะเดียวกัน เม็ดเลือดแดงก็มีโอกาสที่จะถูกทำลายก่อนอายุขัย (Hemolytic Anemia) ได้ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากภาวะผิดปกติแต่กำเนิด (Hereditary Hemolytic Anemia) หรือเกิดขึ้นภายหลัง (Acquired Hemolytic Anemia) โดยกลไกของการทำลายเม็ดเลือดแดงเกิดได้ทั้งแรงดันภายในกระแสเลือด และแรงกระทบจากภายนอก (Direct External Impact) เช่น March Hemoglobinuria

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เกิดจากการเดินสวนสนามหรือวิ่งบนพื้นแข็ง ๆ ซึ่งป้องกันได้โดยการใช้แผ่นรองเท้าที่นุ่มและหนา, คาราเต้, Bongo Drumming เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Miller et al. (1988) ได้ทำการศึกษาแรงกระแทกของเท้าและการแตกของเม็ดเลือดแดงภายในหลอดเลือดขณะวิ่งระยะไกล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย จำนวน 14 คน ทำการวิ่งบนลู่วิ่งกลและขณะพัก โดยทำการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่งกล 2 วิธี ด้วยความเร็ว 215 เมตรต่อนาที จำนวน 10,000 ก้าว ที่ความชัน 6% ทั้งแบบขึ้นเขาและลงเขา ค่าเฉลี่ยของแรงกระแทกของเท้าที่ความชันแบบลงเขามากกว่าความชันแบบขึ้นเขา 11% ทำการเก็บข้อมูลทั้ง 3 วิธี โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนทำการทดสอบห่างกัน 7 วัน เพื่อหาความเข้มข้นของเม็ดเลือด ปริมาณฮีมาโตคริท พลาสมาปราศจากเม็ดเลือดแดง และค่าเฮปโตโกลบิน โดยการเจาะที่หลอดเลือดดำก่อนออกกำลังกาย 15 นาที ก่อนออกกำลังกายทันที หลังออกกำลังกายทันที หลังออกกำลังกาย 1 ชั่วโมง และหลังออกกำลังกาย 2 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าค่าเฮปโตโกลบินลดลง พลาสมาปราศจากเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นหลังการวิ่งบนลู่วิ่งกล และการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นจากการวิ่งลงเขามากกว่าการวิ่งขึ้นเขา ผลจากการวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลสนับสนุนกลไกการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นกับเม็ดเลือดแดงในขณะวิ่ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกขณะวิ่ง Telford et al. (2003) ได้ทำการศึกษาการก้าวเท้าซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการแตกของเม็ดเลือดแดงขณะวิ่ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาไตรกีฬา เพศชาย จำนวน 10 คน ที่มีค่า VO_2 max ที่ใกล้เคียงกันในเวลา 1 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลโดยการวิ่งและขี่จักรยานที่ความหนัก 75% ของVO_2 max เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ห่างกัน 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า พลาสมาปราศจากฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้น หลังการวิ่ง และการขี่จักรยาน แต่พบว่าการเพิ่มขึ้นของพลาสมาปราศจากฮีโมโกลบิน ในการวิ่งเพิ่มเป็น 4 เท่า และพบว่าการวิ่งทำให้ค่าเฮปโตโกลบินลดลง ซึ่งไม่พบในการขี่จักรยาน ขณะที่ค่าเมทรีโมโกลบินเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ทั้งในการวิ่งและการขี่จักรยานแต่ทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าขณะที่ระบบไหลเวียนโลหิตถูกทำลายในส่วนของเม็ดเลือดแดงขณะออกกำลังกายที่ความหนัก 75% ของ VO_2 max เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อาจเป็นผลให้เกิดการแตกของเม็ดเลือดแตง และการก้าวเท้าเป็นส่วนสำคัญของการแตกของเม็ดเลือดแดงขณะวิ่ง

- ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เป็นโปรตีนสำคัญในเม็ดเลือดแตง ภาวะปกติอัตราการสร้างฮีโมโกลบินประมาณ 6 กรัม/วัน แต่ถ้ามีการเสียเลือดหรือเม็ดเลือดแดงถูกทำลายอัตราการสร้างเพิ่มขึ้นได้ 6-7-เท่า ฮีโมโกลบินประกอบด้วย ฮีม (Haem) และโกลบิน เมื่อฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนกลายเป็น Oxyhemoglobin โดยออกซิเจนเกาะกับ Ferrous Iron (Fe^{++}) ความสามารถในการเกาะกับออกซิเจนขึ้นกับ pH อุณหภูมิและความเข้มข้นของ

2, 3- Diphosphoglycerate (2, 3 DPG) และ H^+ ส่วน CO_2 ก็สามารถเกาะกับฮีโมโกลบินเช่นกัน กลายเป็น Carbaminohemoglobin โดยมีความสามารถในการเกาะสูงกว่าเกาะกับ O_2

2.2.2 เม็ดเลือดขาว (White Blood Cell) มีรูปร่างกลม มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง แต่มีจำนวนน้อยกว่า ไม่มีสี มีนิวเคลียส แหล่งที่สร้างเม็ดเลือดขาว คือ ม้าม ไขกระดูก และต่อมน้ำเหลือง ทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรค มีอายุประมาณ 7 - 14 วัน

2.2.3 เกร็ดเลือดหรือแผ่นเลือด (Platelet หรือ Thrombocyte) ไม่ใช่เซลล์ แต่เป็นชิ้นส่วนของเซลล์ มีรูปร่างกลม ไม่มีสี ไม่มีนิวเคลียส มีอายุประมาณ 4 วัน ทำหน้าที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือด

3. หน้าที่ของเลือด เลือดมีหน้าที่ที่สำคัญดังนี้ คือ

3.1 Respiration: ขนส่ง O2 ที่รับจากปอดสู่เซลล์ทั่วร่างกายและนำ CO2 จากเซลล์สู่ปอด

3.2 Nutritive Transport นำสารอาหารต่าง ๆ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ จากระบบทางเดินอาหารสู่เซลล์

3.3 Excretion: ขนส่งของเสียจากกระบวนการเมตาบอลิสม์ เช่น ยูเรีย กรดยูริค และ Creatinine เพื่อขับทิ้งที่ไต

3.4 Homeostasis: ควบคุมสมดุลของน้ำ pH และเกลือแร่ ร่วมกับระบบอื่น ๆ

3.5 Body Temperature Regulation: ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายเพราะเลือดมีความจุความร้อนสูงจึงมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูง เช่น มีไข้ หลอดเลือดบริเวณผิวหนังขยายตัวเพื่อให้เลือดระบายความร้อนออกทางผิวหนัง ในทางตรงข้าม ถ้าอุณหภูมิต่ำ หลอดเลือดหดตัวเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย

3.6 Protection: ป้องกันและทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายด้วยระบบภูมิคุ้มกันและเม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเลือด

4. การตรวจเกี่ยวกับเลือด

4.1 Complete Blood Count (CBC) เป็นการตรวจดูส่วนประกอบต่าง ๆ ในเลือด เพื่อคัดเลือกผู้ป่วย (Screening Test) ทางห้องปฏิบัติการ (ชวนพิศ วงศ์สามัญ และกล้าเผชิญ โชคบำรุง, 2544) สำหรับการวิจัยครั้งนี้สิ่งที่ตรวจได้แก่ Red Blood Cell Count, Hematocrit, Hemoglobin ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4..1.1 Red Blood Cell Count-RBC หรือ Erythrocyte (เม็ดเลือดแดง) เป็นการนับจำนวนเม็ดเลือดแดงในกระแสเลือด ถ้าจำนวนน้อยก็คือ ภาวะโลหิตจาง (Anemia) ถ้าจำนวนมาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เกินไปเรียก Polycythemia ค่าที่เปลี่ยนแปลงช่วยบอกถึงการสร้าง และทำลายที่มีมากหรือน้อยได้

ค่าปกติ (จากกองอนามัยการเจริญพันธุ์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

ชาย 4.7 – 6.1 million cells/ mm^3

หญิง 4.2 – 5.4 million cells/ mm^3

4.1.2 Hematocrit (Hct) เป็นการหาความเข้มข้นของเลือดแดงที่อัดแน่น (Pack Red Cell Volume) ในปริมาตรของเลือดทั้งหมด โดยหาเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นเมื่อนำมาปั่นที่เวลา และอัตราความเร็วคงที่ การรายงานผลจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้าพบน้อยหรือมากกว่าปกติ จะบอกถึงการมีเม็ดเลือดแดงที่น้อยหรือมากกว่าปกติ เมื่อเทียบกับปริมาตรเลือดทั้งหมด ดังนั้น เมื่อปริมาตรของเลือดเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อHct เช่น ภาวะขาดน้ำค่าHct จะเพิ่ม

ค่าปกติ (จากกองอนามัยการเจริญพันธุ์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

ชาย 40.7 – 50.3 %

หญิง 36.1 – 44.3 %

4.1.3 Hemoglobin (Hb) เป็นการตรวจหาจำนวนของ Hb ซึ่งมีหน้าที่นำออกซิเจนเข้าสู่เซลล์ และช่วยนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ ถ้าพบจำนวนน้อย อาจจะทำให้การนำออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อของร่างกายได้ไม่เพียงพอ ค่าของHb ที่เพิ่มขึ้นจะพบในรายที่มีเลือดไหลออกจากหัวใจลดลง การเพิ่มปริมาตรของเม็ดเลือดแดง (RBC) การขาดน้ำ (Dehydration) และปอดมีการแลกเปลี่ยนแก๊สบกพร่อง สำหรับค่า Hb ที่ลดลงอาจเกิดจากการมี ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงลดลง การเสียเลือด และการขาดอาหาร (Malnutrition)

ค่าปกติ (จากกองอนามัยการเจริญพันธุ์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

ชาย 13.8 – 17.2 g/ dl

หญิง 12.1 – 15.1 g/ dl

4.2 Lipid Profiles เป็นการตรวจดูกลุ่มสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งมีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตหลายประเภท สำหรับสารลิปิด และไลโปโปรทีนที่ตรวจหาจากเลือดทางห้องปฏิบัติการในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ปริมาณโคเลสเตอรอล, ปริมาณเอชดีแอล - โคเลสเตอรอล และปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (สัมพันธ์ นบน้อม. 2537; วรรณา วัฒนกูล. 2541, อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ, 2547; มวภร ธรรมวริทธิ์, 2549) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 โคเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นสารประกอบสเตียรอยด์ พบในร่างกายที่เนื้อเยื่อตับ สมอง ประสาท ต่อมหมวกไต ต่อมเพศ ไต และผิวหนังสามารถสังเคราะห์ในร่างกาย อาจอยู่ในรูปโคเลสเตอรอลอิสระ หรือเอสเตอร์กับกรดไขมัน โคเลสเตอรอลมีความสำคัญต่อ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ร่างกาย โดยเป็นองค์ประกอบของเมมเบรน และปลอกไมอิลีนรอบ ๆ Nerve Axon เป็นสารตั้งต้น (Precursor) สร้างกรดน้ำดี สเตียรอยด์ฮอร์โมนหรือวิตามินดี หากโคเลสเตอรอลมีปริมาณสูงเกินไปในเลือด จะทำให้เพิ่มความเสี่ยงที่โคเลสเตอรอลจะสะสมตามผนังหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดเสียความยืดหยุ่น และแข็งเกิดภาวะผนังหลอดเลือดแข็งปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือด

ค่าปกติ	150-250	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
ค่าสูงผิดปกติ	มากกว่า 250	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

4.2.2 เอชดีแอลโคเลสเตอรอล (HDL- Cholesterol หรือ High Density Lipoprotein-Cholesterol) สังเคราะห์ที่ตับและลำไส้เล็กในรูปของ แนสเซนต์เอชดี-แอล ซึ่งลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ แบน ๆ ขนาดเล็กและประกอบด้วยไลปิดชนิดฟอสโฟไลปิด เป็นส่วนใหญ่ และมีอะโปโปรทีนล้อมอยู่รอบ ๆ เอชดีแอลที่สังเคราะห์จากตับจะมีอะโป A-I อะโป A-II อะโป E และอะโป C เป็นองค์ประกอบ ในขณะที่เอชดีแอลที่สังเคราะห์จากลำไส้เล็กจะมีแต่ อะโป A-I เท่านั้น ส่วนอะโปโปรตีนอื่น ๆ จะได้รับจากไลโปโปรทีนชนิดอื่น ๆ ในขณะที่เกิดเมตาบอลิซึม ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการสลายไคโลไมครอน และวีแอลดีแอล จึงเป็นโคเลสเตอรอลชนิดที่จำเป็น ต่อร่างกาย เพราะเป็นส่วนนำโคเลสเตอรอลส่วนที่สร้างจากเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่ไม่ใช่ตับกลับไปควบคุมการสร้างโคเลสเตอรอลที่ตับ ผู้ที่มีเอชดีแอลโคเลสเตอรอลในเลือดเพียงพอมีโอกาสเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัวน้อย แม้ว่าจะมีแอลดีแอลโคเลสเตอรอลสูงกว่าปกติบ้าง และเกาะตามผนังหลอดเลือด เพราะเอชดีแอลสามารถดึงออกกลับไปยังตับได้ อัตราส่วนระหว่างเอชดีแอล กับแอลดีแอล ต้องมีปริมาณใกล้เคียงส่วนกัน (อัตราส่วนแอลดีแอล ต่อเอชดีแอลควรน้อยกว่าสาม) หากไม่ใกล้เคียงส่วนกัน แอลดีแอลโคเลสเตอรอลมีโอกาสเกาะตามผนังหลอดเลือดแดงมากขึ้น ปริมาณเอชดีแอล - โคเลสเตอรอลในเลือด

ค่าปกติ	35-65	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
ค่าสูงผิดปกติ	น้อยกว่า 35	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

4.2.3 ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เป็นสารที่ร่างกาย ได้จากไขมันที่กินเข้าไป และการสังเคราะห์จากคาร์โบไฮเดรทที่ได้รับ ปฏิกิริยาสร้างไตรกลีเซอไรด์ พบที่ตับ เซลล์ลำไส้เล็ก เซลล์กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน การสร้างไตรกลีเซลไรด์ที่เซลล์อื่น ๆ กรดไขมันจะถูกออกซิไดส์เพื่อให้พลังงาน หรือนำอะเซทิลโคเอที่เกิดจากการออกซิไดส์กรดไขมันไปสร้างสารอื่น เช่น โคเลสเตอรอล และฮอร์โมน การสร้างที่กล้ามเนื้อจะเป็นการสร้างเพื่อสะสม ส่วนการสร้างไตรกลีเซอไรด์ที่ตับ เป็นการสร้างเพื่อส่งออกไปออกซิไดส์ที่เนื้อเยื่ออื่น ๆ โดยไตรกลีเซอไรด์ที่สร้างจะรวมตัวกับอะโปโปรทีน B-100 ฟอสโฟไลปิด และโคเลสเตอรอล

ก่อนถูกขับออกมาสู่กระแสเลือดในรูปไลโปโปรทีน ชนิดวีแอลดีแอล ทำให้เกิดภาวะไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง การมีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงนี้เป็นสาเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคหัวใจขาดเลือด ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

ค่าปกติ	35-165	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
ค่าสูงผิดปกติ	มากกว่า 165	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University