บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความอ้วน

ความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้ประชากรของโลกได้รับอาหารที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นรวมทั้งมีการออกกำลังกายที่ลดน้อยลง จึงทำให้ประชากรมีน้ำหนักมากเกินกว่าที่ควรจะเป็นที่เรียกว่า " ความอ้วน" ความอ้วนมักเกิดตั้งแต่ในวัยเด็ก ถ้าเด็กมีน้ำหนักตัวมาก เมื่อโตเป็นผู้ใหญ่จะมีโอกาสอ้วนมากกว่าเด็กที่มีน้ำหนักตัวปกติถึง 3 เท่า อีกประการหนึ่ง คือ ความอ้วนมักค่อยๆ เกิดขึ้นช้า ๆ ในผู้ใหญ่ที่มีอายุ 25 -44 ปี

แต่เดิมเชื่อกันว่าสาเหตุที่สำคัญของความอ้วน คือเกิดจากการรับประทานอาหารที่มากเกินไป แต่ในปัจจุบันมีปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น พันธุกรรม , สภาพแวดล้อม, สังคม, ลักษณะของอาหาร ,แบบแผนของการรับประทานอาหาร , ความแตกต่างทางชีวเคมี , Metabolism ของบุคคลนั้นๆ และบางทีเกี่ยวกับเชื้อชาติด้วย เป็นการยากที่จะแยกความอ้วนออกเป็นประเภทได้ชัดเจน ทั้งนี้เพราะมักมีหลายสาเหตุซ้อนทับกันอยู่ ดังนั้นการลดความอ้วนจึงต้องอาศัยวิธีการหลายอย่างร่วมด้วยกัน เช่น การจำกัดอาหาร (Diet) , ยาลดความอ้วน , การักษาทางจิตใจ และการออกกำลังกาย เป็นต้น

ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเกิดความอ้วน ส่วนหนึ่งเกิดจากการออกกำลังกายที่น้อยเกินไป ไม่ใช่เกิดเนื่องจากการได้รับอาหารที่มากเกินไปเพียงอย่างเดียว (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์,2536)

สาเหตุของโรคอ้วน

1.พันธุกรรม พบว่าในครอบครัวที่มีพ่อและแม่ หรือคนใดคนหนึ่งอ้วน หรือเคยมีประวัติอ้วน มีโอกาศที่จะมีบุตรอ้วนได้มากกว่าในครอบครัวที่มีพ่อและแม่หรือสมาชิกในครอบครัวมีภาวะปรกติ

2.รับประทานอาหารมากเกินไป แล้วไม่ได้ออกกำลังกาย กล่าวคือพลังงานที่ได้รับจากการรับประทานอาหารมากกว่าพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย เช่นชอบรับประทานอาหารที่มีไขมันและแคลอรีสูง เช่น หมูสามชั้น มันหมู ขาหมู ครีม เค้ก แล้วไม่ออกกำลังกาย เพื่อให้มีการใช้พลังงานที่รับเข้ามา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.พฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันที่ไม่เหมาะสมทำให้มีการใช้พลังงานต่ำและทำให้เสียโอกาสในการทำกิจกรรม หรือออกกำลังกายที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์ ดูโทรทัศน์นานหลายชั่วโมง

4.โรคบางชนิด เช่น Cushing Syndrome ซึ่งจะทำให้ร่างกายของผู้ที่เป็นโรคนี้อ้วน โดยสาเหตุของโรคนี้เกิดจากความผิดปรกติของฮอร์โมนในร่างกาย จนทำให้อ้วนบริเวณใบหน้า ลำตัว ต้นคอด้านหลัง แต่แขนและขาจะเล็ก และไม่แข็งแรง ในกรณีนี้จะต้องรักษาที่ต้นเหตุ คือ ฮอร์โมนที่มีความผิดปรกติจึงจะสามารถหายอ้วนได้

5.ปัจจัยส่งเสริมอื่นๆ เช่น รายได้ของผู้ปกครอง วิถีชีวิตคนเมือง ซึ่งจะมีผลทางอ้อมในด้านการรับประทานอาหาร การดำรงชีวิตที่สะดวกสบาย และกิจกรรมที่ทำ ซึ่งไม่มีเวลาไปออกกำลังกาย หรือสถานที่ออกกำลังกายมีน้อย ไม่เพียงพอ

โรคอ้วนที่มีผลร้ายต่อสุขภาพ จัดเป็น 2 ประเภท คือ

1. โรคอ้วนทั้งตัว (Overall Obesity) คนกลุ่มนี้มีไขมันทั้งร่างกายมากกว่าปรกติ โดยไม่ได้สะสมที่ใดที่หนึ่งโดยเฉพาะ
2. โรคอ้วนลงพุง(Visceral Obesity / Abdominal Obesity) คนกลุ่มนี้มีไขมันสะสมของอวัยวะภายในช่องท้องมากกว่าปรกติ โดยมีไขมันใต้ผิวหนัง(Subcutaneous Fat) สะสมบริเวณหน้าท้อง

ตารางที่ 1 แสดง Definitions of Obesity and Severe Obesity

Index	Obesity	Severe Obesity	Relevant Information
Mean weight for height	>120 percentile	>140 percentile	Actual weight is 20 percent or more above the mean weight for children of this height.
Weight for height	>85 percentile	>95 percentile	Readily available reference charts. Easy to use but do not differentiate lean body mass from fat.
Body mass index (kg.per m^2)	>=85 percentile	>=95 percentile	Percentiles are age- and gender-specific. Better correlates excess weight to fat in younger children and adolescents.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไขมันที่ชั้นผิวหนัง

1. อายุ (Age) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไขมันในร่างกาย โดยพบว่าเมื่ออายุมากขึ้น จะมีปริมาณสะสมในร่างกายเพิ่มขึ้น

2. เพศ (Sex) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไขมันในร่างกาย โดยพบว่า เพศหญิงจะมีปริมาณไขมันมากกว่าเพศชาย

3. การทำกิจกรรม (Physical Activity) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไขมันในร่างกาย โดยพบว่าผู้ที่ทำกิจกรรมมาก จะมีการสะสมของไขมันมากกว่าผู้ที่ทำกิจกรรมน้อย

4.ฮอร์โมนที่สำคัญที่มีผลต่อการสะสมไขมันในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงฮอร์โมน เอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน ในรอบประจำเดือน เมื่อมีระดับฮอร์โมนสูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดการกินอาหารมากขึ้น ชอบกินอาหารหวานหรือที่มีไขมันมาก โดยพบว่า เมื่อเพศหญิงอายุ 12 ปี จะสะสมไขมันเพิ่มขึ้นถึง 120 เปอร์เซ็นต์ **(**ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์,2528**)**

อันตรายหรือภาวะแทรกซ้อนจากการเกิดภาวะอ้วนในเด็ก

แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะต้น

ด้านกระดูก (Orthopedic) ทำให้เกิดกระดูกผิดปรกติ กระดูกและข้อเสื่อมก่อนวัยอันควร เนื่องมาจากต้องรับน้ำหนักที่มากกว่าปรกติ

ด้านระบบประสาท (Neurological) โดยมีการเพิ่มความดันในสมองขึ้นมาก (Intracranial hypertension) ทำให้เกิดอาการปวดหัว (Headaches) อาเจียน (Vomiting) มองเห็นไม่ชัด (Blurred vision) หรือเห็นภาพซ้อน (Diplopia) ร่วมกับมีการเพิ่มของความดันในช่องท้อง (Intra abdominal pressure) จากการเพิ่มของความดันในช่องเยื่อหุ้มปอดและหัวใจ ทำให้เลือดดำจากสมองไหลกลับหัวใจได้ยาก

ด้านปอด (Pulmonary) ทำให้เกิดโรคหืด (Asthma) โรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ (Airway disease) หยุดหายใจขณะนอน (Sleep apnea) การหายใจขณะนอนผิดปรกติ (Abnormal sleep pattern) อากาศในปอดน้อยกว่าปรกติ (Hypoventilation)

ด้านกระเพาะอาหารและลำไส้ (Gastroenterological) ทำให้เกิดนิ่วในถุงน้ำดี (Gallstone) ต่อมไขมันในตับอักเสบ (Steatohepatitis) ถ้าเป็นรุนแรงจะทำให้เกิดพังผืด (Liver fibrosis) และโรคตับแข็งตามมา (Cirrhosis)

ด้านต่อมไร้ท่อ (Endocrine)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

-หลั่งฮอร์โมนอินซูลินออกมาไม่เพียงพอกับระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงขึ้นหรือมีภาวะดื้อต่ออินซูลิน (Insulin resistance) เนื่องจากการกินอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ทำให้ระดับน้ำตาลและระดับคอเลสเตอรอล (Cholesterol) เพิ่มขึ้นทั้ง Total Cholesterol, Low density lipoprotein (LDL) cholesterol และ Triglycerides รวมถึง เบาหวานที่ไม่ขึ้นกับอินซูลิน (Non Insulin dependent diabetes mellitus: NIDDM)

-หลั่งฮอร์โมนแอนโดรเจนออกมามากกว่าปรกติ (Hyperandrogenemia) ทำให้ประจำเดือนผิดปรกติ เช่น ปวดท้องประจำเดือน ประจำเดือนมาช้าหรือไม่มา ประจำเดือนน้อย (Oligomenorrhea) หรือไม่มีประจำเดือน (Amenorrhea) อนาคตอาจเกิดถุงน้ำในรังไข่ (Polycystic ovary syndrome) ได้

1.6 ด้านสังคมและเศรษฐกิจ (Social and economic) มีความรู้สึกว่าสังคมรังเกียจ ไม่ยอมรับ ไม่มีความมั่นใจในตนเอง ไม่พอใจในรูปลักษณ์ของตนเอง ต้องเสียค่าใช้จ่ายจากการรักษาโรคอ้วนหรือโรคแทรกซ้อนที่เป็นผลมาจากภาวะอ้วน

2. ระยะกลาง

2.1 ปัจจัยเสี่ยงเกี่ยวกับโรคหัวใจและหลอดเลือดมากขึ้น (Cardiovascular disease risk factor) ให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น เสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) ได้ในอนาคต และยังทำให้เพิ่ม Total cholesterol, LDL-cholesterol แต่ลด High density lipoprotein (HDL) Cholesterol

2.2 ภาวะอ้วนคงอยู่ (Persistence) เมื่อเด็กหรือวัยรุ่นอ้วนแล้วเจริญเติบโตขึ้นภาวะอ้วนนั้นก็ยังคงอยู่ ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular disease), เบาหวานชนิดที่ไม่ขึ้นกับอินซูลิน (NIDDM), ไขมันในเลือดสูง (Hyperlipidemia), โรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ, โรคข้อเสื่อม (Osteoartritis) และมีโอกาสเป็นมะเร็ง (Cancer)

3. ระยะยาว

3.1 โรคต่างๆ (Mobidity) โอกาสเป็นโรคในวัยกลางคนเพิ่มสูงขึ้น เป็นโรคที่เกิดจากความดันในเส้นเลือดสูงขึ้น (Hypertensive vascular disease) และโรคเกี่ยวกับหัวใจหลอดเลือดและไต (Cardiovascular renal disease) มีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ เส้นเลือดแดงแข็ง (Atherosclerosis) มะเร็งลำไส้ (Colon cancer) เก๊าท์ (Gout) ข้ออักเสบ (Arthritis) ข้อสะโพกหัก (Hip fracture) ทำกิจวัตรประจำวันลำบาก เบาหวาน (Diabetes mellitus) ปัญหาเกี่ยวกับประจำเดือน

3.2 อัตราการตาย (Mortality) เมื่อมีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆเพิ่มสูงขึ้น อัตราการตายก็เพิ่มขึ้นสูงขึ้นตามไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการประเมินภาวะอ้วนในเด็ก

1. การวัดทางตรง ได้แก่ การปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี
2. การวัดทางอ้อม มีหลายวิธี ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่

2.1 การวัดเส้นรอบวง (Circumference)

อัตราเส้นรอบวงเอวต่อเส้นรอบวงสะโพก (Waist to Hip ratio)

การวัดความยาวของเส้นรอบวง โดยนิยมวัดบริเวณของเอวและสะโพก แล้วนำมาคำนวณหาอัตราส่วนเอวต่อสะโพก(Waist to Hip ratio)โดยแบ่งผลไว้ว่า ในเพศชาย ถ้ามีค่ามากกว่าหรือ เท่ากับ1 ถือว่ามีภาวะอ้วน ส่วนในเพศหญิงถ้ามีค่ามากว่าหรือเท่ากับ 0.8 ถือว่ามีภาวะอ้วน

เพื่อวัดการกระจายของไขมันบริเวณส่วนบนของร่างกายเป็นวิธีที่มีความละเอียดและเฉพาะเจาะจง โดยถือว่าเป็นวิธีที่ใช้วัดการกระจายไขมันบริเวณร่างกายส่วนบนของเด็กที่ดีที่สุด อุปกรณ์ที่ใช้วัด คือ สายวัด (Lean M et al.,2003)

การวัดเส้นรอบวงของเอว (Waist circumference) สามารถวัดได้ 4 ตำแหน่ง

1. WC2 เป็นการวัดบริเวณที่แคบที่สุดของเอว
2. WC3 เป็นการวัดระหว่างกึ่งกลางของ Rib 12 และ Iliac crest

เกณฑ์ที่การบ่งชี้ภาวะอ้วนในเด็ก นำค่า WC มาคิดเป็นเปอร์เซ็นไทด์โดยใช้หลักเกณฑ์ว่า ถ้าค่า WC ที่คิดเป็นเปอร์เซ็นไทด์มากกว่าหรือเท่ากับ 85 ถือว่าอยู่ในภาวะน้ำหนักตัวเกิน และ ถ้าค่าที่คิดเป็นเปอร์เซ็นไทด์มากกว่าหรือเท่ากับ 95 ถือว่าอยู่ในภาวะอ้วน

การวัดเส้นรอบวงของสะโพก (Hip circumference) สามารถวัดได้จากตำแหน่งของจุดที่กว้างที่สุดของสะโพก หรือ ตำแหน่งกระดูก Greater trochanter

2.2 Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)

เป็นการวัดปริมาณไขมันในร่างกายมีพื้นฐานในการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในร่างกายและความแตกต่างในการนำกระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โดยยึดหลักการที่ว่า Total body water และ Fat free weight มีความสัมพันธ์กันอย่างมากในแง่ของการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในร่างกาย โดยปริมาณของ Fat free mass มากย่อมมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าที่น้อย ส่วนปริมาณของFat free mass น้อยย่อมมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าที่มาก การวัดBIA ทำได้โดย ให้ผู้ถูกวัดนอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หงายลงบนพื้นที่ไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้ากางแขนและขาออกจากลำตัว 30-45 องศา วาง source electrode บริเวณด้านหลังของมือขวาและด้านหลังของเท้าขวาเหนือต่อ MCP และ MTP joint ตามลำดับ ส่วน Voltage sense electrode จะวางไว้ตรงกลางระหว่างปุ่มกระดูกด้านในและด้านนอกของข้อมือขวา และวางไว้ตรงกลางบริเวณของตาตุ่มด้านในและด้านนอกของข้อเท้าขวา แล้วจะทำการวัดโดยมีการส่งกระแสไฟฟ้าขนาด 80 mA 50 kHz เข้าไประหว่าง อิเล็กโทรด ค่าความต้านทานและค่าการตอบสนอง จะถูกคำนวณและรายงานออกมาเป็นค่า Percent body fat , Fat body weight , Lean body weight , Basal metabolic rate และ Total weight (Ursula et al.,2004)

2.3 เกณฑ์อ้างอิง น้ำหนัก ส่วนสูง เพื่อประเมินภาวการณ์เจริญเติบโตของเด็กไทย

การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักและส่วนสูงที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะโภชนาการของเด็กมีอยู่ 3 ดัชนี คือ น้ำหนักตามเกณฑ์อายุ (Weight for Age) ส่วนสูงตามเกณฑ์อายุ (Height for Age)และน้ำหนักตามเกณฑ์สูง (Weight for Height) ดัชนีแต่ละตัวจะให้ความหมายในการประเมินซึ่งมีข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อนำไปสำรวจภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey) พึงมีข้อระวังในการแปลความหมายจากการประเมินได้ ดังนี้

น้ำหนักตามเกณฑ์อายุ (Weight for Age, Wt./Age) น้ำหนักเป็นผลรวมของกล้ามเนื้อ ไขมัน น้ำ และกระดูก น้ำหนักตามเกณฑ์อายุเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามอายุของเด็ก เป็นดัชนีที่นิยมใช้แพร่หลายในการประเมินภาวการณ์ขาดโปรตีนและพลังงาน และภาวะโภชนาการเกินสำหรับเด็กเล็กซึ่งมีความลำบากในการวัดความยาว การขาดอาหารในระยะแรกนั้น น้ำหนักจะลดลงก่อนที่จะเกิดการชะงักการเพิ่มส่วนสูง

ส่วนสูงตามเกณฑ์อายุ (Height for Age, Ht./Age) ความยาวหรือส่วนสูงที่สัมพันธ์กับอายุเป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะโภชนาการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องยาวนานในอดีต ถ้าเด็กได้รับอาหารไม่เพียงพอเป็นเวลานาน (ซึ่งความพร่องของส่วนสูงนี้เริ่มได้ตั้งแต่ทารกยังอยู่ในครรภ์มารดา) และหรือมีการเจ็บป่วยบ่อยๆ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของโครงสร้างของกระดูกเป็นไปอย่างเชื่องช้าหรือชะงักงัน ทำให้เป็นเด็กตัวเตี้ย(Stunting) กว่าเด็กที่เป็นเกณฑ์อ้างอิงซึ่งมีอายุเดียวกัน ดังนั้น ส่วนสูงตามเกณฑ์อายุจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ภาวการณ์ขาดโปรตีนและพลังงานแบบเรื้อรังมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีความพร่องของการเจริญเติบโตด้านโครงสร้างส่วนสูงทีละเล็กละน้อย ถ้าไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขก็จะสะสมความพร่องจนตกเกณฑ์ ดังนั้น อัตราของเด็กตัวเตี้ยจะเริ่มปรากฏชัดและมาขึ้นในช่วงอายุ 2-3 ปีขึ้นไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำหนักตามเกณฑ์ส่วนสูง (Weight for Height, Wt./Ht.) เนื่องจากน้ำหนักเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วกว่าส่วนสูง ถ้าเด็กได้รับสารอาหารไม่เพียงพอจะมีน้ำหนักลดลง มีภาวะผอม(wasting) ดังนั้น น้ำหนักตามเกณฑ์สูงจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ที่ไวในการสะท้อนภาวะโภชนาการ ในปัจจุบันที่ใช้ประเมินภาวะโภชนาการได้ แม้ไม่ทราบอายุที่แท้จริง และอิทธิพลจากเชื้อชาติมีผลกระทบน้อย ภาวะซูบผอมจะเริ่มพบได้มากที่สุดหลังหย่านม(12-24 เดือน) หากการเตรียมอาหารเสริมที่จะใช้ในช่วงปรับเปลี่ยนลักษณะอาหารจากของเหลว คือ นมแม่ มาสู่อาหารปกติ ในช่วงระยะดังกล่าวไม่เหมาะสมตามวัย และเป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะโภชนาการเกิน(ภาวะอ้วน) ที่ใช้กันอยู่ในสากล

การใช้ข้อมูลเกณฑ์อ้างอิงน้ำหนัก และส่วนสูง

1. ข้อมูลอ้างอิงที่เป็นตัวเลข จัดทำในรูปตารางส่วนสูงตามเกณฑ์อายุ
2. ข้อมูลอ้างอิงในรูปแบบของกราฟแสดงเกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโต มีวิธีการใช้กราฟและการแปลความหมายภาวะโภชนาการ
3. การใช้ดัชนีมากกว่า 1 ตัว ร่วมกันในการประเมินภาวะโภชนาการ จะทำให้ทราบภาวะโภชนาการของเด็กได้ถูกต้องชัดเจน และเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องสอดคล้องกับลักษณะของปัญหามากขึ้น (กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.2543)

ผลของการลดน้ำหนัก

เมื่อมีการลดน้ำหนักพบว่า ขนาดของเซลล์ไขมันลดลง แต่จำนวนเซลล์ยังไม่เปลี่ยนแปลง จะเห็นได้ว่าคนที่เคยอ้วนมาก่อน เมื่อลดน้ำหนักก็ยังคงไม่กลับมาเป็นคนปกติอย่างแท้จริง เพราะจำนวนเซลล์ไม่ได้ลดลง ดังนั้นจึงมีความยากในการควบคุมน้ำหนักตัวให้ลดลงสำหรับคนที่เคยอ้วนมาก่อน (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์,2536)

อิทธิพลของการออกกำลังกาย

การจำกัดอาหารหรือการออกกำลังกายในระยะที่ร่างกายกำลังเจริญเติบโตอาจช่วยควบคุมและจำกัดการสร้างเซลล์ไขมันขึ้นใหม่ แต่ถ้าการออกกำลังกายและการควบคุมน้ำหนักเมื่ออายุมากขึ้นแล้วก็สามารถลดปริมาณไขมันทั้งหมดลงได้ โดยการทำให้เซลล์ไขมันมีขนาดเล็กลง แต่จำนวนเซลล์ไม่ลดลง ถ้าหยุดออกกำลังกาย หรือกินมากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นอีก โดยขนาดของเซลล์ไขมันโตขึ้น ดังนั้นการป้องกันความอ้วนโดยการออกกำลังกาย และการควบคุมอาหารถ้ากระทำตั้งแต่อายุน้อย ก็ย่อมมีประสิทธิภาพดีกว่าการลดความอ้วนเมื่ออายุมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การลดไขมันเฉพาะส่วน

มีความเชื่อกันว่าถ้าให้ออกกำลังกายเฉพาะแห่งสามารถลดไขมันได้เฉพาะแห่งได้ ความรู้เกี่ยวกับการใช้พลังงานของร่างกายแสดงว่า เมื่อออกกำลังกายจะกระตุ้นการเคลื่อนย้ายกรดไขมันทั่วร่างกาย เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงาน บริเวณใดที่มีไขมันเข้มมากหรือมีเอนไซม์มากก็จะเป็นแหล่งให้ปริมาณกรดไขมันมาก แต่ยังไม่มีหลักฐานที่มีข้อมูลชี้ชัดว่าไขมันบริเวณที่มีการออกกำลังกายถูกเคลื่อนย้ายออกไปมากกว่าบริเวณอื่น

การควบคุมน้ำหนักตัว

น้ำหนักของผู้ใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยแม้ในระยะยาว แสดงว่ามีการคุมให้คงที่ อย่างไรก็ดี ถ้าร่างกายได้รับอาหารมากกว่าที่ร่างกายต้องใช้ไป ก็จะทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพราะพลังงานที่เหลือใช้ก็จะนำไปเก็บสะสมไว้เป็นไขมัน

สมดุลพลังงาน

ถ้าพลังงานที่ร่างกายได้รับ (Energy input) เท่ากับพลังงานที่ร่างกายใช้ไป (Energy output) จะทำให้น้ำหนักของร่างกายคงที่ เมื่อใดก็ตามถ้าพลังงานที่ร่างกายได้รับพลังงานและพลังงานที่ใช้ไปไม่เท่ากันก็จะทำให้น้ำหนักของร่างกายเปลี่ยนแปลงไป

การออกกำลังกายเพื่อควบคุมน้ำหนักตัว

คนที่ออกกำลังกายเป็นประจำ จะทำให้ส่วนประกอบของร่างกายอยู่ในระดับที่ต้องการ และมีหลักฐานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ว่าการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพในการควบคุมน้ำหนักตัวในระยะยาวมากกว่าการจำกัดอาหาร การออกกำลังกายที่เกี่ยวกับความทนทานทำให้น้ำหนักตัวลดลงและสามารถควบคุมส่วนประกอบของร่างกายตามต้องการ

การออกกำลังกายกับการกินอาหาร

การออกกำลังกายเป็นประจำเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่ของสมอง เพื่อควบคุมการได้รับอาหารให้เป็นไปตามปกติ ส่วนในคนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายนั้น พบว่า สมดุลของการควบคุมเปลี่ยนแปลงไป ชนิดและระยะเวลาองการออกกำลังกายก็มีส่วนสำคัญต่อความรู้สึกอยากอาหาร เมื่อพิจารณาอาหารที่ได้รับสำหรับคนที่ออกกำลังกายระยะสั้น พบว่าผลการกระตุ้นความอยากอาหารมักเกิดในระยะสั้นทันที ภายหลังการออกกำลังกายเท่านั้น (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยาปา ละวิวัธน์,2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในการลดน้ำหนัก มีดังนี้

1. ความมุ่งมั่นในตัวเองที่อยากจะลดน้ำหนัก เช่น ตั้งใจที่จะปรับพฤติกรรมในการออกกำลังกายที่เพื่อต้องการจะลดน้ำหนัก เป็นต้น
2. ความคาดหวังที่จะลดน้ำหนัก และคุณค่าที่ได้รับ
3. ความล้มเหลวของการควบคุมน้ำหนัก ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นกลับมาเท่าเดิม
4. การให้เวลากับตัวเอง ในการควบคุมน้ำหนัก
5. สิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย เช่น สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่ทำให้สามารถลดน้ำหนักได้ง่ายขึ้น
6. กำลังใจจากคนรอบข้าง เช่น คนที่แต่งงานแล้วสามารถลดน้ำหนักได้ดีกว่าคนโสด เป็นต้น
7. ความรู้ความเข้าใจ ที่ถูกต้อง และมีหลักการ
8. สถานภาพทางเศรษฐกิจ เช่น การลงทุนเพื่อซื้ออาหารเสริมลดน้ำหนัก เป็นต้น
9. การรับรู้อันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างลดน้ำหนัก เช่น การบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย ทำให้กลัวไม่กล้าที่จะออกกำลังกาย ทำให้ลดน้ำหนักไม่สำเร็จ เป็นต้น
10. การมีส่วนร่วมในการตรวจวัดร่างกาย และออกกำลังกาย เพื่อลดน้ำหนัก
11. บุคคลที่มีอิทธิพลในการชักจูง เช่น เพื่อน หรือแฟน เป็นต้น ในการทำให้มีกำลังใจในการลดน้ำหนัก
12. ระดับความเครียดของจิตใจ
13. แรงกระตุ้นจากภายใน
14. การรับรู้เมื่อบรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ (Laura E, Shay , et al ., 2008)

หลักการธาราบำบัด (Hydrotherapy)

ธาราบำบัด หรือ Hydrotherapy เป็นรูปแบบหนึ่งของวิธีการรักษาทางกายภาพบำบัด ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวกลางหรือสื่อในการรักษา มักจะกระทำในรูปแบบการฝึกออกกำลังกายในน้ำ หรือการใช้คุณสมบัติของน้ำในการรักษาปัญหาของผู้ป่วย อาทิเช่น ผู้ป่วยที่ข้อติด, บวมที่แขนขาและมือ, บาดแผลไฟไหม้หรือแผลกดทับ (Pressure Sore) กล้ามเนื้ออ่อนแรง ผิวหนังหนาตัว เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักฟิสิกส์พื้นฐาน

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำที่ต้องเข้าใจและคำนึงถึงเวลาออกกำลังกายในน้ำมีอยู่ 2 หลักใหญ่ คือ หลักของ อาคีมีดิส (Archimedes' principle) ซึ่งจะเกี่ยวกับแรงลอยตัว (Buoyancy) และกฎของปาสคาล (Pascal's law) ซึ่งจะเกี่ยวกับแรงดันอุทกสถิตย์ (Hydrostatic pressure) นอกจากนี้

ยังต้องคำนึงถึงเรื่องความถ่วงจำเพาะของของเหลว (Specific Gravity) ความหนืด (Viscosity) โมเมนต์ของแรงลอยตัว (Moment of buoyancy) และการเคลื่อนที่ของของเหลว (Hydrodynamics)

คุณสมบัติของน้ำ

1. แรงลอยตัว (Buoyancy)

คือ ความสามารถที่มีแนวโน้มในการยกวัตถุที่จุ่มในของเหลวให้ลอยอยู่เหนือผิวของของเหลว ซึ่งจะเกิดแรงดันขึ้น (Upward force หรือ Up thrust) ที่กระทำต่อวัตถุนั้นๆ ซึ่งกระทำในทิศทางตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) เมื่อเราพิจารณาแรงที่เกิดขึ้นในวัตถุที่จมในน้ำจะมีแรง 2 แรงกระทำตรงข้ามกันคือ

1. แรงโน้มถ่วงของโลก ที่มีทิศทางลงสู่แนวดิ่ง ซึ่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกกระทำผ่านจุดศูนย์กลางของโลก กระทำผ่านจุดศูนย์กลางของก้อนวัตถุนั้น (Center of Gravity)
2. แรงลอยตัว (Buoyancy) แรงพยุงที่ของเหลวพยุงวัตถุนั้นไว้ มีทิศทางขึ้นในแนวดิ่ง กระทำผ่านจุดศูนย์กลางของการลอย (Center of buoyancy) หรือคือจุดศูนย์ถ่วงของของเหลวที่ถูกแทนที่นั่นเอง แรงนี้มีค่าเท่ากับมวลของของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่

2. ความหนืด (Viscosity)

คือ ความเสียดทานที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของของเหลว ทำให้เกิดแรงต้านเมื่อขณะเคลื่อนไหว และความหนืดนี้ ทำให้โมเลกุลของของเหลวพยายามยึดติดกับสิ่งที่พยายามเคลื่อนผ่าน มันทำให้เกิดการไหลแบบวกวน (Turbulence) ที่ความเร็วระดับหนึ่ง ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของของเหลว ความหนืดจะลดลง

3. แรงดันของน้ำ (Hydrostatic pressure)

โมเลกุลของของเหลวจะออกแรงพยุงดันต่อทุกๆ จุด ทุกส่วนบนผิวของร่างกายที่จมอยู่ใต้น้ำแรงดันขึ้นต่อหน่วยพื้นที่ที่กระทำ คือ ความดันของของเหลว อธิบายโดยกฎของปาสคาล (Pascal's law) กล่าวว่าความดันของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุที่จมนิ่งอยู่ใต้น้ำ ที่ระดับความลึกหนึ่งจะกระจายตัวสม่ำเสมอและมีค่าเท่ากันตลอด โดยที่ความดันที่จุดต่างๆที่อยู่ระดับความลึกเดียวกันมีค่าเท่ากัน และแปรเปลี่ยนตามความลึก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.การเคลื่อนที่ผ่านน้ำ (Movement through water)

เป็นพฤติกรรมของของเหลวที่ถูกควบคุมโดยธรรมชาติและอัตราการไหลจัดเป็น Hydrodynamics แบ่งการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือ

4.1 การไหลในแบบแนวกระแส (Laminar flow / Streamlined) เป็นการเคลื่อนที่ของของเหลวที่ดำเนินต่อเนื่องอย่างช้าๆ ด้วยความเร็วคงที่ ไปในทิศทางเดียวกัน มีแรงต้านทานน้อย

4.2 การไหลแบบวกวน (Turbulent flow) เป็นการเคลื่อนที่ของของที่ไม่เป็นระเบียบ เปลี่ยนแปลงเรื่อยๆจนเกิดการหมุนวน การไหลแบบวกวนนี้เกิดจาก laminar flow ชนกับสิ่งกีดขวางทำให้โมเลกุลของน้ำไหลกลับมาทุกทิศทาง

ผลของธาราบำบัด (Effect of Hydrotherapy)

การรักษาด้วยน้ำในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการแช่จุ่มในถังน้ำ อ่างน้ำ หรือแม้แต่การออกกำลังกายในสระน้ำ จะให้ผลดีในการรักษาโดยเฉพาะทางด้านระบบการไหลเวียนของเลือด ปัญหาของผิวหนัง น้ำมีผลทำให้ร่างกายสดชื่น คลายความร้อน ความเครียด วิธีการรักษาทางกายภาพบำบัดด้วยน้ำนี้ใช้น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 34-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5-30 นาที

ผลที่ได้รับทางสรีระวิทยา (Physiological Effect)

ระหว่างที่ผู้ป่วยอยู่ในน้ำอุ่น จะได้ผลเหมือนกับการรักษาด้วยความร้อน แต่แตกต่างกันที่ปริมาณน้อยกว่า อุณหภูมิของร่างกายจะเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิของน้ำสูงกว่าบริเวณผิวหนัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 33.5 องศาเซลเซียส ร่างกายได้รับความร้อน จากส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำและถ่ายเทความร้อนไปตามเส้นเลือด ที่อยู่ผิวตื้นๆ ตลอดจน ต่อมเหงื่อที่อยู่ผิวน้ำ เช่น บริเวณผิวหน้าและคอ ร่างกายได้รับความร้อนที่เกิดจากน้ำและพลังงานกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงมาจากการออกกำลังกายการเพิ่มอุณหภูมิจะเกิดขึ้นเองและแตกต่างกันในแต่ละราย

เมื่อผิวหนังได้รับความร้อน เส้นเลือดบริเวณผิวหนังจะขยายตัวและทำให้เลือดมาเลี้ยงบริเวณผิวส่วนนั้นบริเวณมากขึ้น กระแสเลือดที่วิ่งผ่านเส้นเลือดฝอยนี้ถูกให้ความร้อนโดย การนำ (Conduction) อุณหภูมิของสิ่งอื่นที่อยู่ใต้ผิวหนังนั้น (อาทิเช่น กล้ามเนื้อ) จะสูงขึ้น เส้นเลือดที่เลี้ยงจะขยายตัวและปริมาณเลือดไปเลี้ยงจะเพิ่มมากขึ้น มีผลต่อการกระจายเลือดทั่วไปและเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะภายในจะหดตัว เพื่อไปเพิ่มปริมาณเลือดให้กับบริเวณส่วนปลาย อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเมื่ออวัยวะภายในสูงขึ้น ทั้งนี้ยังเป็นผลจากการออกกำลังเพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิของน้ำและ ความรุนแรงของการออกกำลัง เมื่อผู้ป่วยลงสระเส้นเลือดที่ผิวหนังจะหดตัวทันทีทำให้เกิดความต้านทานที่ผิวและความดันโลหิตจะสูงขึ้น ระหว่างการแช่น้ำ เส้นเลือดแดงฝอย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Arterioles) เริ่มขยายตัว เป็นการลดความต้านทาน (Peripheral Resistance) และทำให้ความดันลดลง

การเพิ่มอุณหภูมิจะเป็นการเพิ่มเมตาบอลิซึม (Metabolism) ดังนั้น เมตาบอลิซึมที่ผิวหนังและกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นและเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอีกเป็นการกระตุ้นการหายใจมากขึ้น (Respiratory rate) ความร้อนระดับอุ่นๆจะลดความไว (Sensitivity) ของปลายประสาทรับความรู้สึก และเมื่อกล้ามเนื้อถูกทำให้อุ่นโดยเลือดผ่าน ความตึงตัว (Tone) ก็จะลดลงไปด้วย

ในส่วนของผิวหนัง เกิดการหดตัวของเส้นเลือด (Vasoconstriction) ทำให้ผิวหนังซีดขาว แล้วต่อมาจึงมีสีชมพูแดง นั่นคือเกิดเส้นเลือดขยายตัว (Vasodilatation) เหงื่อออกมาก ต่อมเหงื่อต่อมไขมันทำงานมากขึ้น หลังจากแช่น้ำหรือขึ้นจากน้ำจะเกิดกลไกสูญเสียความร้อนเพื่อปรับอุณหภูมิให้อยู่สภาพปรกติ โดยการไหลเวียนของเลือด จึงควรใช้ผ้าคลุมตัวหรือเสื้อคลุม รอสักครู่หนึ่งอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และอัตราเมตาโบลิซึ่งจะกลับสู่ภาวะปรกติ

ผลที่ได้รับทางการรักษา (Therapeutic Effect)

ในการรักษาผู้ป่วยการเปลี่ยนแปลงจะถูกกระตุ้นหรือสนับสนุนโดยอุณหภูมิของน้ำ และคุณสมบัติของน้ำซึ่งจะให้ผลดีต่อการรักษาผู้ป่วย คือ

1. ลดความเจ็บปวดหรือบรรเทาความเจ็บปวด และการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Spasm)
2. ผ่อนคลายความเครียด (Relaxation) ทั้งร่างกาย และจิตใจ
3. คงสภาพ หรือเพิ่มมุมการเคลื่อนไหว
4. ช่วยฝึกฝนการหดตัวของกล้ามเนื้อ
5. เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เสริมสร้างกำลัง และความทนทาน
6. ช่วยฝึกการก้าว การเดินในน้ำได้ดีและง่ายขึ้น
7. เพิ่มการไหลเวียนของเลือดและสภาพของผิวหนัง
8. สภาพจิตใจดีขึ้น ร่าเริง เมื่อได้มีโอกาสร่วมในกิจกรรมนันทนาการ
9. เสริมสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองของผู้ป่วย ในการทำกิจกรรมต่างๆในน้ำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อห้ามในการลงสระ

1. สภาพมีไข้ (Febrile condition)
2. โรคผิวหนังติดต่อ , แผลติดเชื้อ เช่น โรคเชื้อราที่เท้า(tinea pedis) เชื้อราที่หนังศีรษะ (tinea capitis) กลาก(Ringworm)
3. การติดเชื้อทุกประเภท เช่น หูเป็นฝี(ear boils) เจ็บคอ(sore throats) ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) การติดเชื้อระบบการย่อยและทางเดินอาหาร(Gastrointestinal infection)
4. ความผิดปกติทางระบบหัวใจและไหลเวียนของเลือด (Cardiovascular problems)
5. โรคทางระบบหายใจที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย (Respiratory problems)
6. การฉายแสงรังสีเอ็กซเรย์เพื่อการรักษา (Deep x-ray)
7. โรคและปัญหาการควบคุมทางระบบการขับถ่ายปัสสาวะและอุจจาระ(Urinary incontinence and Incontinence of faces)
8. โรคหูด (Verrucae) แผลเรื้อรังเน่าเปื่อย (Ulcers) หรือแผลเปิดกว้าง (Open wounds)
9. ขณะมีระดูประจำเดือน (Menstuation)
10. โรคชักลมบ้าหมู (Epileptic)
11. แก้วหูทะลุ (Perforated ear drums)

การเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายในน้ำสามารถทำได้โดย

1. การเพิ่มความยาวคานในการเคลื่อนไหว
2. การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวโดยคำนึงถึงแนวแรงของแรงลอยตัว จากเคลื่อนขึ้นสู่ผิวน้ำ เป็นการเคลื่อนขนานผิวน้ำ และเคลื่อนลงจากผิวน้ำซึ่งจะเป็นการเคลื่อนไหวต้านแรงลอยตัวของน้ำ
3. การเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนไหวแบบช้าๆ ไปสู่การเคลื่อนไหวที่เร็วขึ้น
4. การเพิ่มคลื่นน้ำ การไหลหรือกระแสน้ำ
5. การเลื่อนจุดตรึงของอุปกรณ์ทุ่นลอยจากส่วนต้นของแขนหรือขาไปยังส่วนปลาย
6. การเพิ่มขนาดและจำนวนอุปกรณ์ของทุ่นลอย ซึ่งอาจเริ่มจากขนาดที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กไปสู่ขนาดที่ใหญ่ขึ้น (ประภาส โพธิ์ทองสุนันท์,2533)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการออกกำลังกายในน้ำจะต้องมีลักษณะดังนี้

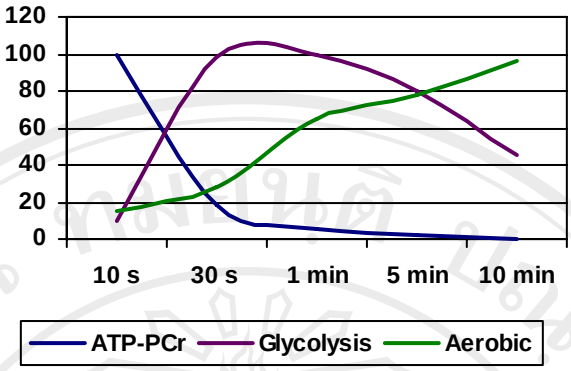
1. ต้องทำที่ 40-80% MHR
2. ใช้เวลาประมาณ 5 ถึง 30 นาที
3. ต้องออกกำลังกายอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์
4. ระยะเวลาในการออกกำลังกาย 2-6 เดือน
5. ต้องให้กล้ามเนื้อได้ออกแรงเองอย่างน้อย 20 %
6. $HR_{ในน้ำ} = HR_{บนบก} - 10$ (Lippincott W, Wilkins s.,2006)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายกับเมตาบอลิซึม (Exercise and Metabolism)

กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ที่จะให้ได้มาซึ่งพลังงานนั้น แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการใหญ่ๆ คือ ATP-PC, Glycolysis , และ Oxidative โดย ATP-PC นั้นเป็นการใช้พลังงานที่มีอยู่ในกล้ามเนื้ออยู่แล้ว จึงทำให้สามารถใช้ได้ในเวลารวดเร็วแต่ก็มีจำนวนไม่มากนัก หลังจากนั้น เมื่อเรายังต้องการใช้พลังงานต่อไป Glycolysis จึงเป็นระบบพลังงานถัดไปที่ต้องนำมาใช้ ซึ่งกระบานการนี้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ออกซิเจนช่วยเผาผลาญพลังงาน เนื่องจากกระบวนการนี้เป็นการสลายกลูโคส ทำให้ได้พลังงานออกมาใช้อย่างรวดเร็ว แต่จำนวน ATP ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับ Oxidative Process แต่กระบวนการนี้จะใช้เวลาในการผลิตพลังงานนานกว่า Glycolysis และใช้ออกซิเจนในการผลิตพลังงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานในร่างกายจึงเป็นทั้งแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic process) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic process)

อย่างไรก็ดีควรตระหนักว่า ในความเป็นจริง กระบวนการผลิตพลังงานทั้ง 3 ดำเนินไปพร้อมกัน ทั้งนี้เพื่อให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องในกิจกรรม อาทิ เช่น เมื่อเราเริ่มการวิ่ง 5 กิโลเมตร ในช่วงประมาณ 10 -15 วินาทีแรกพลังงานที่เราใช้จะมาจาก ATP-PC จากนั้นในช่วงหลัง 10 วินาที ถึง 30 วินาทีแรกของการวิ่งนั้น พลังงานที่ได้จะมาจาก กระบวนการ Glycolysis เป็นสำคัญ และหลังจาก 1 นาทีไปแล้วพลังงานที่ใช้จะมาจาก Oxidative Process เป็นหลัก (จตุพร วงค์สาธิตกุล,2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องในการใช้พลังงานจากกระบวนการ Metabolism

(จตุพร วงค์สาธิตกุล, 2005)

สารอาหารที่ใช้ในการผลิตพลังงานมาจาก 3 แหล่งใหญ่ คือ คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ไขมัน (Fat) และ โปรตีน (Protein) ความหนักของการออกกำลังกายมีความสำคัญในการใช้ Substrate ทั้งนี้ โดยปรกติ ในขณะพักเราจะใช้พลังงานจากไขมัน 2 ใน 3 และอีก 1 ใน 3 ได้มาจากคาร์โบไฮเดรต ส่วนโปรตีนใช้น้อยมาก และในขณะพักนี้ร่างกายใช้ระบบแอโรบิคเป็นต้นตอของพลังงานแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนในขณะออกกำลังกายจะมีทั้งระบบแอนแอโรบิค และแอโรบิค

หลักการออกกำลังกาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. การออกกำลังกายระยะสั้น การออกกำลังกายประเภทนี้ได้แก่ การวิ่ง 100, 200 และ 400 เมตร รวมทั้งการออกกำลังกายอย่างอื่นที่มีความหนักและสามารถทำได้ไม่เกิน 2-3 นาทีเท่านั้น เชื้อเพลิงในการออกกำลังกายประเภทนี้ที่สำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต รองลงไป คือ ไขมัน ส่วนโปรตีนนั้นเกี่ยวข้องน้อยมาก และจะเห็นได้ว่าระบบพลังงานที่สำคัญ คือระบบแอนแอโรบิค

2. การออกกำลังกายระยะยาว หมายถึงการออกกำลังกายที่นานกว่า 5 นาที ในกรณีนี้อาหารที่เป็นต้นตอที่สำคัญ คือ คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน ในระยะแรกของการออกกำลังกายพลังงานสำคัญได้มาจากไกลโคเจน แต่ในตอนท้ายของการออกกำลังกายนั้น ร่างกายจะใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานสำคัญ ทั้งนี้ เนื่องจากไกลโคเจนสำรองที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และในตับถูกใช้ไปหมดแล้ว (ชูศักดิ์ เวชแพทย์และกันยา ปาละวิวัธน์, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 แสดงถึงความแตกต่างของพลังงานทั้ง 3 แบบ โดยการเปรียบเทียบ ATP ที่ได้สร้างขึ้น

(ชูศักดิ์ เวชแพทย์และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

System	Chemical Fuel	Maximal power (Mole of ATP per min)	Maximal capacity (Total moles ATPavailable)	Oxygen Required	Speed	Relate ATP Production
ATP-PC	Phosphocreatine	3.6	0.7	No	Fastest	Few : limited
Glycolysis / Lactic acid	Glycogen (Glucose)	1.6	1.2	No	Fast	Few : limited
Aerobic	Glycogen, Fat, Protein	1.0	90.0	Yes	Slow	Many : Unlimited

การออกกำลังกายเพื่อความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ

การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ หรือการออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic Exercise) คือ การออกกำลังกายให้ได้ผลของการฝึกฝน (Training effect) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ การออกกำลังกายควรมีองค์ประกอบและลักษณะดังต่อไปนี้ (Watchie J., 1995)

ตารางที่ 3 แสดงการออกกำลังกายเพื่อความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ

องค์ประกอบ	ลักษณะ
1. รูปแบบ(Mode)	ออกกำลังกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่เคลื่อนที่แบบต่อเนื่องเป็นจังหวะและเป็นธรรมชาติ
2.ระยะเวลาของการฝึก (Duration)	ขึ้นอยู่กับระดับความสมบูรณ์ของร่างกายในแต่ละบุคคลตอนเริ่มต้น -ในคนที่ออกกำลังกายในช่วงแรกควรออกกำลังกายในระยะเวลาที่ทนได้(เมื่อล้าหรือรู้สึกเหนื่อยมาก) และเพิ่มทุกๆ 1-2 นาทีต่อวัน -จุดมุ่งหมายควรออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องให้ได้อย่างน้อย 20-60 นาทีต่อวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ความถี่(Frequency)	ออกกำลังกาย 3-5 วันต่อสัปดาห์ วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 20-60 นาที
4. ความหนัก(Intensity)	4.1ระดับ Sub maximal Exercise แบ่งได้เป็น 3 ระดับ -การออกกำลังกายอย่างเบา (Mild intensity) 50-60%MHR -การออกกำลังกายปานกลาง (Moderate intensity) 61-70%MHR -การออกกำลังกายอย่างหนัก (Heavy intensity) 71-85%MHR 4.2 ระดับ Maximal exercise : มากกว่า 85% MHR *MHR = Maximum Heart Rate

การคำนวณหาอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (Age-predicted maximal heart rate)

American College of Sport Medicine ได้ตีพิมพ์ว่าการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สูตรนี้เป็นที่ใช้กันโดยแพร่หลายและเป็นวิธีที่คำนวณง่าย (Foss ML, Foss SJ.,1998.)

อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ

(Maximum Heart Rate : MHR) = 220-อายุ

หลักการออกกำลังกายแบบแอโรบิค ประกอบด้วย 3 ระยะ

1. **ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)** เป็นการออกกำลังกายเพื่อยืดกล้ามเนื้อกลุ่มใหญ่ๆ เพื่อเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อ ข้อต่อ ให้เกิดความคล่องแคล่วในการเคลื่อนไหว ช่วยลดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายได้
2. **ช่วงออกกำลังกาย (Aerobic phase)** เพิ่มความเร็ว (Speed), ความหนัก (Intensity) และทำต่อเนื่องกัน
3. **ช่วงผ่อนคลายร่างกาย (Cool down)** จังหวะช้าลง เน้นการหายใจเข้า-ออก และยืดกล้ามเนื้อเพื่อผ่อนคลายกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย ช่วยไล่เลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (เพียรชัย คำวงษ์,2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate)

จะเท่ากับ อัตราชีพจร (Pulse rate) คือ การที่หัวใจบีบตัวเกิดความดันขึ้นบนผนังของเส้นเลือด ความดันที่เกิดขึ้นเคลื่อนไปตามหลอดเลือดเรียกว่า ชีพจรหลอดเลือดแดง ความดันบนผนังหลอดเลือดแดง ทำให้ผนังหลอดเลือดขยายยืดออกจนสามารถคลำได้ เรียกว่า ชีพจร (Pulse) (บังอร ชมเดช.2541)

อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก (Resting heart rate)

ในผู้ใหญ่ เพศชายจะอยู่ในช่วง 72-80 ครั้งต่อนาที เพศหญิงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่าเพศชาย ประมาณ 10%

อัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกาย (Exercise heart rate)

เมื่อออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเกือบทันที และจะยังเพิ่มอยู่เช่นนี้ตลอดระยะการออกกำลังกาย การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจในระยะต้นเกิดจากกลไกทางระบบประสาทที่ส่งมาควบคุมโดยตรง

การออกกำลังกายอย่างเบา

อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นทันที แต่เพิ่มไม่มาก และต่อมากลับลดลงเล็กน้อย แล้วคงที่ แล้วคงเพิ่มขึ้นอยู่ด้วยอัตรานี้ตลอดระยะของการออกกำลังกาย ที่เป็นเช่นนี้เกิดจากตอนต้นการออกกำลังกาย หัวใจเตรียมพร้อมที่จะทำงานมากกว่างานที่ต้องทำงานจริง แต่เมื่อออกกำลังกายไประยะหนึ่งร่างกายจึงปรับให้พอเหมาะกับงานที่จะทำได้ เมื่อหยุดออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจะค่อยๆ เข้าสู่ระดับปกติโดยใช้เวลาเพียง 1-2 นาทีเท่านั้น

การออกกำลังกายปานกลาง

อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นโดยรวดเร็วเช่นกัน มีอัตราประมาณ 120-140 ครั้ง/นาที ขึ้นกับความหนักเบาของการออกกำลังกาย อัตราที่เพิ่มขึ้นนี้จะคงอยู่ด้วยอัตราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกาย และเมื่อหยุดออกกำลังกายจะค่อยๆ กลับสู่สภาพปกติ แต่ใช้เวลานานกว่าการออกกำลังกายเบา อาจใช้เวลานานกว่าสิบนาที อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นในการออกกำลังกายปานกลางนี้ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้พลังงานของร่างกาย

การออกกำลังกายอย่างหนัก

อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นสู่ระดับสูงโดยทันที แล้วหลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจจะค่อยๆ ลดลงเช่นกัน แต่ใช้เวลาระยะพักฟื้นยาวนานกว่าการออกกำลังกายอย่างเบาและปานกลางมาก ในการออกกำลังกายชนิดนี้ร่างกายสามารถทำได้เพียงระยะสั้น เพราะเมื่อให้ทำต่อไปจะทนไม่ไหว เกิดภาวะหัวใจล้มเหลวขึ้นได้อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในขณะออกกำลังกายอย่างหนัก จะเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งที่เรียกว่า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

1. อายุ เด็กจะมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าผู้ใหญ่
2. การออกกำลังกาย ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบในขณะพัก
3. เพศ เพศหญิงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่าเพศชาย
4. ระบบ Sympathetic ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า
5. หลังการรับประทานอาหารใหม่ๆ อัตราการเต้นของหัวใจจะมากกว่าขณะนอนหลับหรือพัก (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์,2536)

ระดับความพยายามในการออกกำลังกาย (Rate of perceive exertion,RPE)

RPE เป็นการใช้ความรู้สึกบอกถึงระดับความพยายามในการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นแนวความคิดของ Grunnar Borg และคณะ โดยในปี 1950 Grunnar Borg และคณะ สนใจศึกษาถึงความรู้สึกของคนเกี่ยวกับความหนักของงานที่ทำว่าเป็นอย่างไร จึงพยายามหาวิธีที่จะวัดปริมาณของความหนักที่ทำ Borg และคณะได้ศึกษาเรื่อยมาจนกระทั่งปี 1981 จึงสร้าง Scale ที่เรียกว่า “Borge Scale For Rating Perceive Exertion” (RPE) สเกลนี้ประกอบไปด้วย 15 ตัวเลข แบ่งระดับตั้งแต่ 6-20 ซึ่งได้แสดงความหมายของตัวเลขแต่ละตัวเป็นระดับความรู้สึก จากความพยายามน้อยที่สุดไปสู่ความพยายามสูงสุด ต่อมาได้มีการดัดแปลงเป็น RPE 1-10 แต่พบว่า Scale นี้ไม่สามารถแปลงเป็นค่า Heart Rate (HR) ได้โดยตรงและยากในการแบ่งช่วงความรู้สึก ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึง Scale RPE 6-20 เท่านั้น

โดยทั่วไปการให้โปรแกรมการออกกำลังกายหรือในขณะทำ Exercise Stress Test มักนิยมใช้ RPE และ HR เป็นตัวกำหนด Intensity ทั้งนี้เพราะ RPE, HR, และ VO_2 มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนี้ คือ HR มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ 50% ถึง 80% ของ VO_2 (American Sport of Medicine,2000) และ HR มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ RPE มีค่าสัมพันธ์โดยตรงกับ RPE มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์เท่ากับ 0.8-0.9 ซึ่งได้จากการทดสอบโดยใช้จักยานวัดงาน (Leg Ergometer) และลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ที่ Intensity Moderate to Heavy ทั้งนี้ในลักษณะที่เป็น Continuous or Intermittent Exercise (O’Sulivan,1984) พบว่า HR มีค่าประมาณ 10 เท่าของ RPE ซึ่งเท่ากับ 60 ถึง 200 ครั้งต่อนาที เช่น RPE ระดับ 13 ประมาณค่า HR เท่ากับ 130 bpm (Dishman.1984) นอกจากนี้พบว่า RPE ก็มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ VO_2 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.8 – 1.0 (Borg G.A.,1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า RPE

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า RPE ได้แก่

1. อายุ (Age) พบว่า HR มีการลดลง 1 ครั้งต่อนาทีต่อปี โดยเริ่มตั้งแต่อายุ 10-15 ปีซึ่งเมื่อ HR ลดลงจะส่งผลต่อค่า RPE คือ RPE ของผู้ที่มีอายุมากจะมากกว่าผู้ที่อายุน้อยที่ Intensity เท่ากัน

2. ชนิดของการออกกำลังกาย (Mode of Exercise) ซึ่งพบว่า RPE ของการทดสอบโดยใช้ Treadmill จะสูงกว่าการใช้ Leg Ergometer

3. อุณหภูมิ (Temperature) พบว่า RPE มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิ

4. ผลของการฝึกฝน (Training Effect)และประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Experience) หากผู้ถูกทดสอบมีระดับการฝึกฝนและประสบการณ์ในการออกกำลังกายมาก เช่น นักกีฬาจะมี RPE ต่ำกว่าผู้ที่ไม่ออกกำลังกายที่ระดับ Intensity ที่เท่ากัน

5. อารมณ์ (Emotional State) พบว่าหากมีอารมณ์ไม่ดี (Emotional negative) เช่น อาการกระวนกระวาย(Anxiety), อาการหดหู่ซึมเศร้า(Depression) มีผลทำให้ RPE สูงขึ้น

6. ขนาดของตาราง RPE ซึ่งมาตรฐานตารางเป็นลักษณะแผ่น พิมพ์ตัวหนังสือขนาด 20 ความยาวของตาราง 11 นิ้ว หากตาราง RPE มีขนาดไม่เหมาะสมตามมาตรฐานอาจมีผลต่อการมองเห็นในขณะทำการทดสอบ

7. เพศ (Gender) ไม่มีค่า RPE เมื่ออ้างอิงกับ Relative VO_2

ปัจจัยที่มีผลต่อความอ่อนตัว มีดังต่อไปนี้ คือ

1. Stretch reflex (รีเฟล็กซ์ยืด)

เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดโดยทันที จะเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจาก Stretch reflex ความแรงของการหดตัวขึ้นอยู่กับความเร็วและความแรงของการยืด Stretch reflex เป็น Reflex ที่ใช้รักษาท่าทางของร่างกาย มีความจำเป็นที่ทำให้ลำตัวตั้งตรงอยู่ได้ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน คือ ในขณะที่นั่งอยู่ด้วยอาการง่วงนอน ศีรษะเอียงไปข้างหนึ่งข้างใดเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อคอถูกยืดทันที และ Stretch reflex ทำงานจึงเป็นผลทำให้ศีรษะเคลื่อนไหวแบบกระตุกกลับมาตั้งตรงใหม่ Stretch reflex ยังช่วยการเคลื่อนไหวที่อยู่ในอำนาจจิตใจด้วย เช่นการงอขาก่อนการกระโดดสูง หรือการเคลื่อนไหวแขนและไหล่ไปข้างหลังก่อนการตีบอล เป็นต้น

Reflex เป็นผลมาจากการทำงานของ receptor ภายในกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดโดยทันที ในทางกลับกัน การยืดอย่างช้าๆ จะไม่กระตุ้น Stretch reflex จึงเป็นข้อถกเถียงว่าการยืดช้าๆ สำหรับการเพิ่มความอ่อนตัว เมื่อต้องการให้ยืดเร็วจะต้องใช้ความตึงมากกว่า 2 เท่าของการยืดช้า จึงจะได้ความยืดจำนวนเท่ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การฝึกน้ำหนัก

จากการวิจัยต่างๆ ได้แสดงหลักฐานว่า การฝึกน้ำหนักไม่มีอันตรายต่อความอ่อนตัว เมื่อได้กระทำถูกต้อง มีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการฝึกน้ำหนักทำให้ความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น ในบริเวณที่มีการออกกำลังกายตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว แต่ความอ่อนตัวอาจจะลดลงในบริเวณที่ไม่ได้ออกกำลังกาย หรือบริเวณที่การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Static contraction มีการศึกษาผลของการฝึกพลังทั้งแบบ Isotonic และ Isometric และได้พบว่าไม่มีโปรแกรมใดที่มีผลต่อความอ่อนตัว มีหลักฐานการวิจัยต่างๆ สนับสนุนได้ว่า การฝึกน้ำหนัก เมื่อกระทำด้วยช่วงการเคลื่อนไหวที่กว้างพอ จะไม่ทำให้ความอ่อนตัวเสียไป

3. ลักษณะรูปร่างของร่างกาย และสัดส่วน

จากงานวิจัยต่างๆ ได้แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันน้อยระหว่างความอ่อนตัวกับลักษณะรูปร่างของร่างกาย แต่การงอสะโพก คอ และลำตัวมีความสัมพันธ์มากกับความอ่อนตัว ไขมันของร่างกายมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความอ่อนตัว จำนวนกล้ามเนื้อของร่างกายไม่เกี่ยวข้องกับความอ่อนตัว นอกจากกล้ามเนื้อจะรบกวนกับการเคลื่อนไหวในช่วงสุดท้าย

4. ระดับการออกกำลังกาย

การไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย จะทำให้กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อต่างๆ สูญเสียความสามารถในการยืดไป ถ้าไม่ได้มีการเคลื่อนไหวเลย เช่น ถูกเข้าเฝือกไว้เมื่อกระดูกหัก จะทำให้คุณสมบัติความอ่อนตัวลดลงไปมาก นอกจากนั้น การไม่ค่อยได้ออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ จะช่วยทำให้ความอ่อนตัวลดลงไปอีก ในทางกลับกัน การออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ จะช่วยทำให้ความอ่อนตัวคงที่อยู่เป็นปกติ และความอ่อนตัวที่มากกว่าปกติสามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยการออกกำลังกายเฉพาะอย่าง

5. ความเฉพาะของความอ่อนตัว

การวิจัยต่างๆ ได้แสดงว่า ความอ่อนตัวมีความเฉพาะอย่างมากที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเฉพาะอย่าง หมายความว่าผู้ที่มีความอ่อนตัวในการเคลื่อนไหวบางอย่างได้มากกว่าปกติ อาจมีความอ่อนตัวน้อยกว่าปกติในการเคลื่อนไหวบางอย่างได้

6. อายุและเพศ

ความอ่อนตัวที่มากที่สุดมีได้ในเด็กประถม และจะค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุได้ 11-12 ปี หลังจากนั้นความอ่อนตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงวัยหนุ่มสาว ต่อมาความอ่อนตัวจะลดลงตามอายุ ในเด็กเล็ก พบว่า เด็กหญิงมีความอ่อนตัวมากกว่าเด็กผู้ชาย ในผู้ใหญ่ก็เช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. อุณหภูมิ

ได้มีงานวิจัยที่ พบว่า เมื่อทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 113 °F หรือ 45 °C จะทำให้ความอ่อนตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 20 % เชื่อกันว่าการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายจากการออกกำลังกายจะทำให้กล้ามเนื้อยืดได้มากขึ้น จึงเพิ่มความอ่อนตัวได้ชั่วคราว นอกจากนั้นยังเชื่อกันอีกว่าการเพิ่มการยืดได้ จะทำให้โอกาสที่เนื้อเยื่อจะได้รับอันตรายลดน้อยลง (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์.2536)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายกับระบบต่อมไร้ท่อ

Growth Hormaone (GH)

GH หลั่งออกมาจาก Adenohypophysis เมื่อออกกำลังกายจะมี GH ในเลือดเพิ่มขึ้น และจะยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายมากขึ้น มีหลักฐานว่าการเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการเพิ่มอุณหภูมิกาย ตัวอย่างของการตอบสนอง GH ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนักของการออกกำลังกายโดยให้ขี่จักรยานวัดงาน (Egometer) วัดระดับ GH ในเลือด สังเกตว่าเมื่อให้ออกกำลังกายอย่างเบา จะไม่พบ GH ในเลือดเพิ่ม แต่เมื่อออกกำลังกายหนักเพิ่มขึ้น จะทำให้ GH ในเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าขณะพักถึง 35 เท่า และการศึกษาวิจัยพบว่า ระดับของGH เพิ่มขึ้นหลังออกกำลังกาย 2-3 นาทีแรก แล้วจึงค่อยๆ เพิ่มมากขึ้น เมื่อออกกำลังกายหนักขึ้น

กลไกเกี่ยวกับ GH ซึ่งหลั่งมากขึ้นจากการออกกำลังกาย จะทำให้มีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น , การสร้างกระดูกอ่อนเพิ่มขึ้น , กระดูกเติบโตมากขึ้น (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์,2536)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไกรทอง ชมพูพื้น (2550) ศึกษาผลการออกกำลังกายในน้ำลึกต่อสมรรถภาพทางกายของวัยรุ่นจำนวน 25 คน ความหนักประมาณ 55 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ครั้งละ 37 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบค่าดัชนีมวลกาย(BMI), น้ำหนักตัว,อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและออกกำลังกาย,วัดค่าความความพยายามในการออกกำลังกายของร่างกายด้วย(RPE ;Borge G.A.V.1982) ,ทดสอบเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายด้วย Bioelctrical impedence analysis (BIA), Back & Leg Strength Dynamometer, Six minute walk test, Harvard Step Test, Sit and Reach test, Sergeant Jump Test, Agility Nine Square, Standing Stork balance test ก่อนและหลังการออกกำลังกายในน้ำลึก ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักตัวลดลงอย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญ และค่าสมรรถภาพร่างกายโดยรวมดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นระดับค่าการทรงตัว (Balance)และค่าดัชนีมวลกาย (BMI)ไม่มีความแตกต่างกัน

บงกช ศิลปานนท์ (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณชีพและสมรรถภาพทางกายจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่นของวัยรุ่นที่มีน้ำหนักตัวเกิน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จำนวน 11 คน ทำการฝึกที่ระดับ ความหนักร้อยละ 60-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลาอย่างน้อย 45 นาที จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลการศึกษา พบว่า หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่นเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักตัวลดลง ความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น ความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความทนทานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่นเป็นระยะ 4 สัปดาห์ ช่วยให้กลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักตัวเกินมีสุขภาพที่ดีขึ้น

สำราญ สีสิทธิ์ (2550) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่น 8 สัปดาห์ที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ของอาสาสมัครหญิงอายุ 45-60 ปี จำนวน 10 คน ที่ความหนักในระดับ 40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สัปดาห์ละ 3 วัน ๆ ละ 45 นาที เป็นเวลา 8 สัปดาห์ วัดค่าสมรรถภาพทางกายก่อนและหลังการออกกำลังกายตามโปรแกรม ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายวัดด้วยเครื่อง Bioelectrical impedance analysis (BIA) ,อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก(Rest heart rate :RHR), ความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และระดับความพยายามขณะออกกำลังกาย(RPE) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความดันโลหิตขณะคลายตัว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนความคล่องแคล่วว่องไว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และความอ่อนตัว เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่นตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีผลทำให้ความดันโลหิตเพิ่มเล็กน้อย และเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวและความอ่อนตัวในอาสาสมัครกลุ่มนี้ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายและความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ปิยะพงษ์ เมืองมูล (2548) ศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงการสะสมของไขมันจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่น ของวัยรุ่นที่มีน้ำหนักตัวเกิน อายุระหว่าง 13-18 ปี ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากการวัด Skinfold thickness ลดลง และมีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดลงของค่า RPE หลังการออกกำลังกาย ส่วนค่าดัชนีมวลกาย และค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากการวัด BIA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เกศรินทร์ ศิริเขตต์ (2546) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่น ในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน อายุ 40-59 ปี จำนวน 12 คน เป็นเวลา 45 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ วัดความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Sit &Reach test พบว่า ความยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฉลอง พันธ์กนกพงษ์ (2546) ศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำ ในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน อายุระหว่าง 40-59 ปี จำนวน 12 คน เป็นเวลานาน 45 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อทดสอบหาค่า Fat free mass (FFM) ด้วย BIA ไม่มีความแตกต่างกัน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือและขา เมื่อทำการวัดด้วย Hand grip dynamometer and Back leg dynamometer มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พันธิวา ปัญญามณี (2546) ศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่น ในผู้หญิงที่มีภาวะอ้วน จำนวน12 คน อายุเฉลี่ย 50 ปี เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่ระดับความหนัก 60%-80 % MHR นาน 45 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ วัดค่า%bodyfat ด้วย BIA พบว่า ค่า %bodyfat ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พัชดาภรณ์ นวลแตง (2549) ศึกษาถึงผลเปรียบเทียบการตอบสนองต่ออัตราการเต้นหัวใจของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำอุ่นและสระทั่วไป อาสาสมัคร เพศชายและหญิง จำนวน 15 คน อายุ 22-23 ปี ออกกำลังกายด้วยจังหวะ 65 ครั้งต่อนาที นาน 30 นาที พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่15 ในน้ำอุ่นและในน้ำเย็นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในน้ำอุ่นมีมากกว่าในน้ำเย็น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การออกกำลังกายในน้ำอุ่นมีแนวโน้มไปกระตุ้นให้ร่างกายมีอัตราการใช้ออกซิเจน และมีการเผาผลาญพลังงานได้ดีกว่าการออกกำลังกายในน้ำเย็น

ศักดา พรึงลำภู และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาหาเกณฑ์อ้างอิงสำหรับดัชนีวัดสัดส่วนร่างกายของนักเรียน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2,537 คน ทำการวัดสัดส่วน ความยาวกึ่งกลางต้นแขนซ้าย เส้นรอบข้อมือ เส้นรอบเอว(Waist circumference) อัตราส่วนเส้นรอบวงเอวต่อสะโพก (WHR)และเส้นรอบวงสะโพก (Hip circumfercence) ในเด็กอายุ 6-15 ปี ที่มีภาวะโภชนาการปกติ(สมส่วน) ของเด็กอายุ 15 ปี มีดังนี้ ภาวะโภชนาการประเมินด้วย Wt./Ht. พบว่าโดยรวมภาวะโภชนาการเกิน(ท้วม,เริ่มท้วม, อ้วน) คิดเป็นร้อยละ 15.70 ของเด็กทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ

Cider et al.,2003 ได้ศึกษาเกี่ยวกับการให้โปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อวัดค่าของ Exercise capacity, Muscle function, Quality of life และ Safety ในผู้ป่วย Chronic Heart Failure จำนวน 25 คน พบว่า ผู้ป่วยที่อยู่ในกลุ่มทดลองจะมีการเพิ่มขึ้นของ Exercise capacity มีการเพิ่มขึ้นของ Isometric Endurance ของกล้ามเนื้อ Quadriceps และมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทำ Heel lift, Shoulder flexion, Shoulder abduction เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ให้โปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายในน้ำจะทำให้มีความทนทานมากขึ้น และมีการการเพิ่มขึ้นของ Muscle function โดยเฉพาะกล้ามเนื้อมัดเล็กๆ

Cider et al., 2005 จากการศึกษาผลการเหนี่ยวนำการทำงานของหัวใจ (Cardiac function) จากการแช่น้ำอุ่นของผู้ป่วย Chronic Heart Failure(CHF) มีผู้เข้าร่วมการทดลองที่เป็น CHF แต่มีสุขภาพดี 13 คน อายุประมาณ 60 ปี ศึกษาการลงแช่สระน้ำที่อุณหภูมิ 33-34 องศาเซลเซียส และออกกำลังกายขณะแช่น้ำอุ่น พบว่าในขณะแช่น้ำอุ่น Rest heart rate ลดลง , SV (Stroke Volume) เพิ่มขึ้น, Blood pressure ไม่แตกต่างกัน , CO (Cardiac Output) เพิ่มขึ้น และขณะออกกำลังกาย พบว่า ค่าของ CO (Cardiac Output) และ Systolic blood pressure เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Michalsen et al., 2003 ศึกษาผลของการใช้ธาราบำบัดในผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง (Chronic Heart Failure) จำนวน15 คน โดยเป็นชาย 5 คน หญิง 10 คน อายุเฉลี่ย 64.3 ± 1.8 ปี โดยอยู่ใน Functional class 2 ถึง 3 เมื่อแบ่งตาม New York Heart Association (NYHA) โดยผู้ป่วยใช้เวลาในการเข้าร่วมโปรแกรม 6 สัปดาห์ และวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโดยใช้แบบสอบถามและปั่นจักรยานเพื่อวัดสมรรถภาพของร่างกายภายหลังการฝึกในแต่ละช่วง ผลการศึกษาพบว่าผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อาการของโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรังลดลง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง และความดันโลหิตลดลง เมื่อเทียบกับก่อนเข้าร่วมโปรแกรมธาราบำบัด

Gappmaier et. al., 2006 ได้ศึกษาผลของการชี้วัดการลดน้ำหนัก และการลดไขมันเมื่อทำการเปรียบเทียบจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิคในน้ำกับการเดินบนบก ระยะเวลา 13 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงอ้วนวัยกลางคน 38 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เดินบนบก , ว่ายน้ำ และเดินในน้ำ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักตัว(Body weight) , % Body fat , Skin fold and Girth measurement , ไม่มีความแตกต่างกันของ Body composition ทั้ง 3 กลุ่ม รวมถึงไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการออกกำลังกายบนบกและในน้ำ

Yang et al., 2006 ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลการวิเคราะห์แยกลักษณะของ Body Mass Index , Waist Circumference และ Waist to Hip ratio ของชาวจีนผู้ใหญ่วัยกลางคนที่อยู่ในภาวะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคอ้วน บริเวณตอนกลางทางภาคใต้ของจีน ทำการศึกษาในประชากร เพศชาย 1,109 คน เพศหญิง 879 คน อายุ 20-45 ปี ทำการวัด น้ำหนัก, ส่วนสูง, Waist circumference, Hip circumference , Percent Body Fat โดยใช้วิธี DXA scanning ทำให้ได้เกณฑ์อ้างอิงในประชากรอายุ 20-30 ปี BMI male เท่ากับ 23.5 , Waist Circumference เท่ากับ 78.9 cm. , Waist to Hip ratio เท่ากับ 0.85 และ BMI female เท่ากับ 19.6, Waist Circumference เท่ากับ 65.8 cm. , Waist to Hip ratio เท่ากับ 0.74 ประชากรอายุ 31-45 ปี BMI male เท่ากับ 24.1 , Waist Circumference เท่ากับ 82.4 cm. , Waist to Hip ratio เท่ากับ0.86 และ BMI female เท่ากับ 21.2 , Waist Circumference เท่ากับ 71.4 cm. , Waist to Hip ratio เท่ากับ 0.79 เพื่อใช้ทำนายภาวะโรคอ้วนของคนจีนต่อไป

Tanyolac et al., 2007 ได้ทำการศึกษาเรื่อง สัญญาบอกเหตุและการวัดระดับของ Waist Circumference ในผู้หญิงชาวตุรกีที่บ่งบอกถึงภาวะน้ำหนักเกิน และภาวะโรคอ้วน โดยทำการศึกษาจากประชากร 4,375 คน อายุระหว่าง 18-81 ปี Waist Circumference(WC) , Waist to Hip ratio(WHR) , Body Mass Index(BMI) และ Blood pressure (BP) พบว่า ค่าที่เป็นสัญญาณบอกเหตุว่าอยู่ในภาวะน้ำหนักเกิน WCเท่ากับ81 cm. , BMI เท่ากับ 25 kg/m^2 , WHR มากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 , ภาวะโรคอ้วน WC เท่ากับ 90 cm. , BMI เท่ากับ 30 kg/m^2 , WHR มากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 และWaist Circumference ที่เพิ่มมากขึ้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดโรคของระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Miyatake et al., 2007 ได้ทำการศึกษาเรื่อง การลด Waist circumference อย่างน้อย 3 cm. ส่งผลดีต่อการเพิ่ม Metabolic syndrome ในชายญี่ปุ่นที่อยู่ในภาวะโรคอ้วน โดยศึกษาใน ชายญี่ปุ่น 105 คน ทำการตรวจวัดสัดส่วนของร่างกาย(Body composition) , น้ำหนัก , ส่วนสูง , Percent body fat , Waist circumference , Hip circumference , Blood pressure , Triglyceride , HDL Cholesterol , Blood sugar , ประเมินผล Metabolic syndrome โดยใช้เกณฑ์คนญี่ปุ่น นัด follow up 1 ปีให้หลัง พบว่า Body composition ได้แก่ น้ำหนัก , ส่วนสูง , Percent body fat , Waist circumference , Hip circumference ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Blood pressure ,Triglyceride ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ HDL Cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การลด Waist circumference อย่างน้อย 3 cm. จะทำให้Metabolic syndrome มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Nassis et al., 2005 ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการฝึกการออกกำลังกายแบบ Aerobic ต่อค่า Insulin sensitivity ในอาสาสมัครเด็กหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน และภาวะโรคอ้วน 19 คน อายุประมาณ 13± 1.8 ปี BMI เท่ากับ 26.8 ± 3.9 kg/m^2 หลังการศึกษาตรวจวัด Cardiovascular fitness จากการปั่นจักรยานวัดงาน Monark cycle ergometer พบว่า Exercise heart rate (EHR) เกิด Cardiovascular and Metabolic adaptations จึงทำให้ค่า EHR ลดลง, อัตราการหายใจแลกเปลี่ยน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Respiratory exchange ratio) ลดต่ำลงหลังจากการฝึก, จากการตรวจ Body composition ด้วยเครื่อง DXA (Dual-energy x-ray absorptiometry) % Body Fat มีค่าลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ, Total body Fat Free Mass มีค่าเพิ่มขึ้น ,Lower limb fat-free mass (LLFFM) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ , น้ำหนักตัว มีค่าเพิ่มขึ้น , BMI ไม่เปลี่ยนแปลง , Waist Circumference มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ส่วนสูง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ , ปริมาณ Insulin และ Glucose ไม่เปลี่ยนแปลง

Grediagin et al., 1995 ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของความหนักในการออกกำลังกาย ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง Body composition ในกลุ่มผู้หญิงอ้วนระดับปานกลางที่ไม่เคยออกกำลังกายมาก่อน ทำการศึกษาจาก ผู้หญิงอ้วนระดับปานกลาง ที่ไม่ออกกำลังกาย 12 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ทดลองออกกำลังกาย ด้วยความหนักระดับสูง (High intensity: 80% $VO_{2\ max}$) และความหนักระดับต่ำ (Low intensity : 50% $VO_{2\ max}$) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเทียบผลทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของ น้ำหนักตัว ,(% body fat , Fat mass , Fat free mass ด้วยวิธี Hydrostatic), BMI , ผลรวมของไขมันใต้ผิวหนัง (Skin fold) , ผลรวมของเส้นรอบวง (Circumference) แต่เมื่อเทียบPost-test กับ Pre-test ในแต่ละกลุ่มพบว่า น้ำหนักตัวของทั้งสองกลุ่มลดลง กลุ่มLow มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ , % body fat ของทั้งสองกลุ่มลดลง , BMI ของทั้งสองกลุ่มลดลง กลุ่มLow มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ , ผลรวมของไขมันใต้ผิวหนัง (Skin fold) และผลรวมของเส้นรอบวง (Circumference) ของทั้งสองกลุ่ม มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ , Fat massของทั้งสองกลุ่ม มีค่าลดลง , Fat free mass ของทั้งสองกลุ่ม มีค่าเพิ่มขึ้น , $VO_{2\ max}$ ของทั้งสองกลุ่ม มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นกลุ่มที่ออกกำลังกายที่ ความหนักระดับต่ำ (Low intensity : 50% $VO_{2\ max}$) ลดน้ำหนักได้ดีกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved