# บทที่ ๒

## วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ความร้อนของร่างกายเกือบทั้งหมดได้มาจากการเผาผลาญอาหาร(Oxidation of food)[๑] แหล่งกำเนิดของพลังงานทั้งมวลคือดวงอาทิตย์ พืชเปลี่ยนความร้อนและแสงแดดไปเป็นพลังงาน โดยอาศัยปฏิกริยาระหว่างคลอโรฟิลกับแสงอาทิตย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปของคาร์โบไฮเดรทและถูกนำไปใช้เป็นประโยชน์โดยมนุษย์และสัตว์

มนุษย์ประกอบด้วยธาตุต่าง ๆที่เหมือนกับธาตุส่วนประกอบของบรรยากาศและพื้นผิวโลก อย่างไรก็ตามธาตุต่าง ๆที่มีอยู่ในตัวมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีการจัดตัวเองอย่างเป็นระเบียบ และชีวิตดำเนินไปได้ด้วยการจัดระเบียบสารง่าย ๆไปจนถึงสารที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ไม่ว่าการจัดระเบียบจะมีผลอย่างไรกิจกรรมทั้งหมดล้วนต้องอาศัยวัตถุและพลังงานตลอดเวลา เพราะพลังงานเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิต พลังงานเป็นพลังของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทำงาน การอยู่รอดของชีวิตจะต้องวนเวียนอยู่กับผลิตผลของพลังงาน

### กระบวนการย่อยอาหาร

เมื่อรับประทานอาหารเข้าไปโดยการขบเคี้ยวของปาก อาหารแข็งจะถูกทำให้เล็กลงผสมกับน้ำลายก่อนที่จะถูกกลืนลงไป จากนั้นภายในเวลาไม่กี่วินาทีกล้ามเนื้อหลอด

---

[๑]Marie V. Krause, Op.cit., p.28.

อาหารที่หดตัวอย่างมีจังหวะจะดันอาหารเหล่านี้เข้าไปในกระเพาะ อาหารจะเข้าไปอยู่ในกระเพาะส่วนฟันดัส (fundus) เป็นเวลาไม่น้อยกว่า ๑ ชั่วโมง บริเวณนี้จะมีการบีบตัวและหลั่งน้ำย่อยมาก[๑] ทำให้มีเวลาที่น้ำลายจะทำการย่อยแป้งต่อไป กระเพาะอาหารตอนกลางที่บีบตัวอย่างสม่ำเสมอจะค่อย ๆบีบตัวแรงและเร็วขึ้น อาหารจะถูกผสมกับน้ำย่อยและถูกย่อยจนในที่สุดจะกลายเป็นส่วนผสมเหลว ๆเรียกว่าไคม์ (chyme)[๒]

เนื่องจากกระเพาะอาหารมีความจุมาก และเนื่องจากการควบคุมของลิ้นไพรอลิค (pyrolic valve) ปริมาณของไคม์ (chyme) ที่เข้าสู่ลำไส้เล็กส่วนต้น(duodenum) จึงผ่านไปได้ทีละน้อย ลำไส้เล็กจะมีการบีบไล่อาหารให้เคลื่อนที่โดยบริเวณที่อยู่ข้างหน้าของก้อนอาหารจะคลายตัวและบริเวณด้านหลังจะหดตัว การเคลื่อนไหวนี้จะทำอย่างเป็นจังหวะเรียกว่าเพอริสทัลสิส (peristalsis)[๓] อาหารจะเคลื่อนที่ไปเป็นคลื่นด้วยอัตราเร็วประมาณ ๒ – ๒๕ เซ็นติเมตรต่อวินาที[๔] ตลอดลำไส้เล็กจะมีการบีบและหดรัดตัวเข้าหากันเป็นปล้อง ๆเพื่อคลุกเคล้าอาหารทำให้ไคม์ผสมกับน้ำย่อยตลอดเวลา และทำให้ไคม์มีการสัมผัสกับพื้นผิวของผนังลำไส้เล็กเพื่อดูดซึมได้มากที่สุด การบีบตัวเช่นนี้เรียกว่าเซ็กเมนท์เตชั่น (segmentation)[๕] การบีบตัวของกล้ามเนื้อระบบทางเดินอาหารนี้จะช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยและเพิ่มเลือดไปเลี้ยงทางเดินอาหารมากขึ้น

---

[๑]Corinne H. Robinson and Marilyn R. Lawler, Normal and Therapeutic Nutrition, (15th.ed.; New York : Macmillan Publishing Co. Inc, 1977) p.20.

[๒]Ibid, p.21.

[๓]Charbotte M. Dienhart, Basic Human Anatomy and Physiology, (Philadelphia : W.B. Saunders Co., 1976) p.154.

[๔]อมรา มลิลา และคณะ, สรีรวิทยา เล่ม ๒, (กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์, ๒๕๑๙) หน้า ๑๘.

[๕]Charbotte M. Dienhart, Op.cit.

การเคลื่อนไหวผ่านระบบทางเดินอาหาร

อัตราเร็วซึ่งอาหารเคลื่อนผ่านระบบทางเดินอาหารขึ้นอยู่กับความอ่อนนุ่มของอาหาร ส่วนผสมและปริมาณอาหาร อาหารที่เป็นน้ำจะใช้เวลาประมาณ ๑๕–๓๐ นาที หลังรับประทานอาหารเคลื่อนผ่านกระเพาะอาหาร ซึ่งนำมาอธิบายให้เห็นว่าเวลารับประทานอาหารประเภทน้ำทำให้อิ่มได้ไม่นาน อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทจะผ่านกระเพาะอาหารเร็วกว่าโปรตีน ไขมันจะลดการหลั่งของน้ำย่อยในกระเพาะและลดการบีบตัวด้วย ดังนั้นอาหารประเภทไขมันจึงทำให้กระเพาะอาหารขยายอยู่นาน โดยปกติกระเพาะอาหารจะปล่อยให้อาหารผ่านไปในระยะเวลาประมาณ ๒ – ๗ ชั่วโมง[๑]

กากอาหารที่ไม่ถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กจะผ่านลิ้นไอลีโอซีกัล (ileoceacal valve) เข้าไปในลำไส้ใหญ่โดยใช้เวลาประมาณ ๒ – ๕½ ชั่วโมง แต่อาหารหนักอาจต้องใช้เวลาถึง ๙ ชั่วโมงหลังอาหารจึงจะผ่านลิ้นไอลีโอซีกัลได้ ระยะเวลาในการขจัดกากอาหารในรูปของอุจจาระอาจใช้เวลาตั้งแต่ ๒๐ – ๓๖ ชั่วโมงหลังอาหาร

การดูดซึม (absorbtion)

เป็นขบวนการที่อาหารเคลื่อนจากทางเดินอาหารเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตและน้ำเหลือง เป็นผลทำให้ทุกเซลล์ของร่างกายได้รับอาหาร การดูดซึมเป็นขบวนการที่จะเลือกสิ่งที่จะดูดซึม เช่น กลูโคสจะถูกดูดซึมหมดทุกโมเลกุล ขณะที่แคลเซียมและเหล็กจะถูกดูดซึมเท่าที่ร่างกายต้องการ

---

[๑] Corinne H. Robinson and Marilyn R. Lawler, Op.cit., p.21.

การดูดซึมในบริเวณปาก ลาริงซ์ (Larynx) และหลอดอาหารมีน้อยมาก รวมทั้งในกระเพาะอาหารก็เช่นเดียวกัน อาหารต่าง ๆเมื่อถูกย่อยแล้วจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เกือบหมด เพราะเยื่อเมื่อกรองผนังลำไส้เล็กนอกจากจะย่นพับไปพับมาแล้วยังมีส่วนที่เรียกว่าวิลไล (Villi) ยื่นออกมา ซึ่งในคนทั่วไปตลอดผนังลำไส้เล็กมีประมาณ ๕ ล้านวิลไล[๑] ทำให้มีพื้นที่จำนวนมากสำหรับดูดซึม ในวิลไลจะมีหลอดเลือดย่อยมากมายติดต่อกันเป็นตาข่าย เพื่อรับอาหารที่ถูกย่อยและดูดซึมเข้าไปในขบวนการดูดซึมจะเริ่มตั้งแต่อาหารผ่านผนังของเซลล์เข้าไปในเซลล์ ออกจากเซลล์เข้าสู่ลามินาโพรเพรีย (Lamina Propria) แล้วผ่านเข้าไปในผนังของเส้นเลือดและน้ำเหลือง[๒] เข้าสู่ระบบไหลเวียนเพื่อขนส่งสารอาหารไปสู่เซลล์ต่าง ๆของร่างกายต่อไป

กระบวนการเมตาโบลิซึม

กระบวนการเมตาโบลิซึมเริ่มต้นกันอย่างจริงจังตั้งแต่สารอาหารถูกดูดซึมจากทางเดินอาหารเข้าสู่ร่างกายแล้วเกิดปฏิกริยาเคมีเปลี่ยนแปลงสารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกายและซ่อมแซมเซลล์เนื้อเยื่อที่ชำรุดทางหนึ่ง อีกทางหนึ่งทำให้เกิดพลังงานในการทำงานและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย นอกจากนี้ยังนำสารเคมีหรือสารอาหารนั้น ๆไปใช้ในการควบคุมขบวนการเปลี่ยนแปลงและการทำงานของเซลล์และอวัยวะต่าง ๆ รวมทั้งการขับสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง แต่ร่างกายใช้ประโยชน์ไม่ได้ออกจากร่างกายด้วย

---

[๑]อมรา มลิลา และคณะ, เรื่องเดิม, หน้า ๕๑.

[๒]Charbotte M. Robinson and Marilyn R. Lawler, Op.cit., p.23.

เมตาโบลิซึม หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับสารอาหารภายในเซลล์และเนื้อเยื่ออวัยวะของร่างกายสิ่งมีชีวิต[๑] หรือหมายถึงกระบวนการที่อาหารถูกกระทำให้เป็นรูปที่สามารถทำให้ชีวิตดำเนินไปได้[๒] โรบินสันและลอว์เลอร์ (Robinson and Lawler) ให้คำจำกัดความไว้ว่า "เมตาโบลิซึมคือความเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิตรวมถึงการสังเคราะห์สารต่าง ๆ และการทำลายสารต่าง ๆพร้อมกับปลดปล่อยพลังงานออก"[๓] กระบวนการเมตาโบลิซึมมี ๒ ลักษณะคือ

๑. กระบวนการสร้าง (anabolism) คือกระบวนการสร้างสารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนหรือโมเลกุลใหญ่ ๆจากโครงสร้างง่าย ๆหรือโมเลกุลเล็ก ๆ[๔,๕] โดยสร้างจากอาหารซึ่งถูกนำมาโดยกระแสเลือด เช่น การสร้างเอ็นไซม์ ฮอร์โมน โปรตีนของเนื้อเยื่อจากกรดอะมิโน (amino acid) การสร้างไกลโคเจน (glycogen) จากกลูโคส (glucose) และการสร้างไขมันจากกรดไขมัน (fatty acid) เป็นต้น[๖]

ผลิตผลที่ได้จากการสร้างจะนำไปใช้ในการเสริมสร้างความเจริญเติบโตของเนื้อเยื่ออวัยวะต่าง ๆ และซ่อมแซมอวัยวะส่วนที่สึกหรอให้กลับสู่สภาพดีดังเดิม หรือเพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่ร่างกายจะได้นำไปใช้เมื่อคราวขาดแคลน

---

[๑]ค้วน ขาวหนู, โภชนศาสตร์, (กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดอักษรบัณฑิต, ๒๕๒๒) หน้า ๑๒๖.

[๒]Marian Thompson Arlin, Op.cit., p.57.

[๓]Charbotte M. Robinson and Marilyn R. Lawler, Op.cit.,p.70.

[๔]Ibid., p.57.

[๕]Marian Thompson Arlin, Op.cit., p.57.

[๖]Charbotte M. Robinson and Marilyn R. Lawler, Op.cit., p.26, 965.

๒. กระบวนการสลาย (catabolism) คือกระบวนการที่ทำให้สารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนกลายเป็นสารที่มีโครงสร้างง่าย ๆพร้อมกับปล่อยพลังงานออกมา เช่น กลูโคสสลายตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและพลังงาน ไขมันสลายตัวให้กลีเซอรัล (glyceral) กับกรดไขมัน[๑] กรดอะมีโนสลายตัวให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและสารประกอบไนโตรเจน เช่น แอมโมเนีย (ammonia) ยูเรีย (urea)[๒] เป็นต้น ซึ่งสารเคมีต่าง ๆที่เกิดขึ้นจากการสลายนี้หากไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย หรือร่างกายมิได้นำไปใช้ก็จะถูกกำจัดหรือขับถ่ายออกจากร่างกาย โดยทางลมหายใจหรือปัสสาวะหรืออุจจาระ

ผลที่ได้จากการสลายคือพลังงาน พลังงานที่ได้มี ๒ สภาพคือ

๑. พลังงานที่เป็นความร้อน ซึ่งใช้รักษาอุณหภูมิของร่างกาย

๒. พลังงานที่ใช้งานได้หรือพลังงานกล (mechanical energy) เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ประกอบกิจการงานต่าง ๆและเพื่อการเจริญเติบโต[๓]

พลังงานคือความสามารถในการทำงานหรือกำลังแรงงาน มีอยู่หลายรูปด้วยกัน เช่น พลังงานความร้อน ไฟฟ้า แสง เสียง สิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องใช้พลังงานตลอดเวลา เพื่อรักษาภาวะแวดล้อมภายในให้อยู่ในสภาพทรงตัวทางไดนามิคส์ (dynamics steady state)[๔] เมตาโบลิซึมของพลังงาน (energy metabolism) คือปฏิกริยา

---

[๑]Ibid.

[๒]สิรินทร์ วิโมกข์สันถว์ และคณะ, ชีวเคมี, (ฉบับปรับปรุงใหม่ ; กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสำนักพิมพ์สมพงษ์, ๒๕๒๑) หน้า ๒๑๒

[๓]Charles Herbert Best and Norman Burke Taylor, Op.cit., p.748.

[๔]อมรา มลิลา และคณะ, เรื่องเดิม, หน้า ๘๘.

เคมีในการเผาผลาญอาหารชนิดต่าง ๆ[๑] ด้วยวิธีนี้พลังงานจะถูกสร้างขึ้นและความร้อนถูกปล่อยออกมา ไม่ว่าร่างกายจะมีกิจกรรมน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่อยู่ภายใต้การควบคุมของจิตใจ เช่น การเดิน หรือกิจกรรมที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมของจิตใจ เช่น การย่อยอาหาร พลังงานจะถูกใช้ทั้งสิ้น ในการนี้จะต้องอาศัยเชื้อเพลิง (fuel) ซึ่งได้มาในรูปของอาหาร ปฏิกริยาสำคัญของชีวิตนี้จะดำเนินไปตลอดเวลาไม่ว่าจะหลับหรือตื่น กิจกรรมต่าง ๆไม่เคยหยุดตราบที่ชีวิตยังดำเนินอยู่ อาหารที่ร่างกายต้องการเปรียบได้รับเชื้อเพลิง ซึ่งจะต้องนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานที่ต้องใช้และปลดปล่อยความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

แคลอรี่ของอาหาร

หน่วยของพลังงานที่ใช้กันในโภชนาการของมนุษย์และนำมาใช้กับอาหาร คือ กิโลแคลอรี่ แคลอรี่ (calorie) คือหน่วยมาตรฐานสำหรับวัดปริมาณความร้อน เนื่องจากความร้อนเป็นผลมาจากการใช้พลังงานของร่างกาย คำว่าแคลอรี่จึงสามารถนำมาใช้วัดเมตาโบลิซึมของพลังงาน ๑ แคลอรี่คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ ๑ กิโลกรัมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ๑ องศาเซลเซียส[๒,๓]

วิธีการวัดค่าแคลอรี่ (calorie value) ของพลังงานที่สะสมอยู่ในอาหารถูกวัดโดยเครื่องมือที่เรียกว่าบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ (bomb calorimeter) โดยการนำอาหารที่ต้องการวัดค่าแคลอรี่มาใส่ในเครื่องมือนี้แล้วเผาในบรรยากาศที่มีแต่ออกซิเจน[๔]

---

[๑]Marie V. Krause, Op.cit., p.28.

[๒]Sue Rodwell William, Op.cit., p.68.

[๓]Howard A. Schneider and Others, Nutrition Support of Medical Practice, (London : Harper & Row Publishers, 1977)p.10.

[๔]Marie V. Krause, Op.cit., p.28 - 29.

อาหารแต่ละชนิดจะมีค่าแคลอรี่จำเพาะ นั่นคือ อาหารชนิดหนึ่ง ๆจะให้แคลอรี่จำนวนหนึ่งเมื่อถูกเมตาโบไลซ์ (metabolized) และแคลอรี่ที่ได้จะขึ้นอยู่กับส่วนผสมของโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรทว่ามีเท่าไร

ค่าที่ได้จากการวัดด้วยบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์เป็นดังนี้คือ[๑,๒]

| | | |
|---|---|---|
| โปรตีน ๑ กรัมล้วน ๆ ให้พลังงาน | ๕.๖๕ | กิโลแคลอรี่ |
| คาร์โบไฮเดรท ๑ กรัมล้วน ๆ ให้พลังงาน | ๔.๑ | กิโลแคลอรี่ |
| ไขมัน ๑ กรัมล้วน ๆ ให้พลังงาน | ๙.๔๕ | กิโลแคลอรี่ |

แต่ในความเป็นจริงทางสรีรวิทยาแล้วจะมีการสูญเสียความร้อนจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการย่อยอาหาร ค่าแคลอรี่เหล่านี้จึงลดลงจากที่ได้จากการเผาไหม้ในบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ ในอาหารโดยทั่วไปสัมประสิทธิ์แห่งการย่อย (coefficient of digestibility) สำหรับคาร์โบไฮเดรทมี ๙๘% ไขมัน ๙๕% และโปรตีน ๙๒%[๓] นอกจากนี้ในการเผาผลาญโปรตีนจะได้ผลเป็นยูเรียและสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆที่ยังสามารถถูกเผาผลาญต่อไปได้ จำนวนยูเรียและสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆที่ออกมาในน้ำปัสสาวะจะเท่ากับ ๑.๒๕ กิโลแคลอรี่ต่อโปรตีน ๑ กรัม[๔] ดังนั้นค่าพลังงานความร้อนที่เป็นจริงทางสรีรวิทยา คือ

---

๑ Howard A. Schneider and Others, Op.cit., p.11.

๒ Corinne H. Robinson and Marilyn R. Lawler, Op.cit., p.92.

๓ Ibid.

๔ Ibid., p.93.

คาร์โบไฮเดรท ๑ กรัม จะให้พลังงาน = ๔.๑ x ๐.๙๘ = ๔.๐๒ (๔ กิโลแคลอรี่)
ไขมัน ๑ กรัม จะให้พลังงาน = ๙.๔๕ x ๐.๙๕ = ๘.๙๘(๙ กิโลแคลอรี่)
โปรตีน ๑ กรัม จะให้พลังงาน = ๕.๖๕ x ๐.๙๒ = ๕.๒๐ – ๑.๒๕
= ๓.๙๕ (๔ กิโลแคลอรี่)

ตัวเลขเหล่านี้เป็นค่าโดยประมาณ แต่เพื่อจุดประสงค์ในการนำมาใช้ประจำวัน เราอาจนำค่าเหล่านี้มาคำนวนหาปริมาณแคลอรี่ของอาหารเพื่อให้คนทั่วไปรับประทาน

การวัดปริมาณความร้อนที่สร้างขึ้นภายในร่างกาย

ดังได้ทราบแล้วว่าเมื่อรับประทานอาหารเข้าไปร่างกายจะเกิดกระบวนการเผาผลาญอาหารทำให้ได้ความร้อนจำนวนหนึ่ง มาเรีย วี ครุส (Marie V. Krause) กล่าวว่า[๑] ปริมาณความร้อนที่สร้างขึ้นภายในร่างกายสามารถวัดได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมดังนี้คือ

วิธีวัดแคลอรี่โดยทางตรง วิธีการนี้กระทำโดยให้ผู้ที่จะต้องถูกวัดเข้าไปอยู่ในเครื่องวัดแคลอรี่ ก็จะสามารถวัดปริมาณความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นได้ วิธีการนี้เสียค่าใช้จ่ายสูงและมีเครื่องวัดขนาดใหญ่เช่นนี้น้อย

วิธีวัดแคลอรี่โดยทางอ้อม เป็นวิธีที่ง่ายกว่ามาก โดยวิธีการนี้อัตราเร็วของเมตาโบลิซึมจะถูกวัดโดยวิธีการหาปริมาณอ็อกซิเจนที่ร่างกายใช้ไปหรือคาร์บอนไดอ็อกไซด์ที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลาจากค่าที่วัดได้จะถูกเปลี่ยนมาเป็นแคลอรี่ของความร้อนที่สร้างขึ้นต่อพื้นที่ของร่างกาย ๑ ตารางเมตรต่อชั่วโมง วิธีการนี้ใช้กันแพร่หลาย มีข้อดีที่นำไปใช้ที่ใดก็ได้และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ

---

[๑]Marie V. Krause, Op.cit., p.29.

เมตาโบลิซึมขั้นต่ำ (Basal Metabolism)

เมื่อร่างกายมนุษย์ต้องสูญเสียความร้อนและพลังงานในการทำงานของกล้ามเนื้อ เมตาโบลิซึมของร่างกายจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อร่างกายอยู่ในระยะพักและอากาศอยู่ในระดับที่ก่อให้เกิดความร้อนน้อยที่สุด เราก็จะหาอัตราเมตาโบลิซึมที่ต่ำสุดในการดำรงชีวิตได้ เวลาที่ร่างกายเราได้พักผ่อนอย่างเต็มที่ ๑ – ๒ ชั่วโมงในห้องที่มีอากาศอุ่นสบาย และภายหลังรับประทานอาหารไม่น้อยกว่า ๑๐ – ๑๒ ชั่วโมง[๑] ไม่มีความวุ่นวายรอบตัว ความร้อนที่สร้างขึ้นในผู้ใหญ่โดยเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง ๑๕๐๐ – ๑๘๐๐ กิโลแคลอรี่ต่อวัน[๒] จำนวนของเมตาโบลิซึมนี้เรียกว่าเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ (basal metabolism) ซึ่งหมายถึงปริมาณความร้อนต่ำสุดที่ร่างกายสร้างขึ้น[๓] หรือเป็นพลังงานที่น้อยที่สุดที่ร่างกายจะใช้ไปเพื่อให้มีชีวิตอยู่ได้ พลังงานจำนวนนี้ใช้สำหรับการทำงานของอวัยวะต่าง ๆภายในร่างกาย เช่น การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ การหายใจ การทำงานของระบบทางเดินอาหารและอื่น ๆ[๔] แต่พลังงานจำนวนมากจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่เสมอ[๕]

---

[๑] Byron A. Schottelius and Dorothy D. Schottelius, Op.cit., p.480.

[๒] Sue Rodwell William, Op.cit., p.73.

[๓] Marie V. Krause, Op.cit., p.30.

[๔] Byron A. Schottelius and Dorothy D. Schottelius, Op.cit., p.204.

[๕] Cyril A Keele and Eric Neil, Op.cit., p.204.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าค่าอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำจะอยู่ในช่วง ๑๐–๑๕% สูงหรือต่ำกว่าอัตราเมตาโบลิซึมมาตรฐาน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเมตาโบลิซึมขั้นต่ำมีดังนี้[๑,๒]

๑. พื้นที่ผิวของร่างกาย ร่างกายคนเราถ้ายิ่งมีพื้นที่ผิวหนังมากเท่าไรก็ตาม ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านทางผิวก็จะมากตาม ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องสร้างความร้อนให้มากพอด้วย เป็นสิ่งที่น่าประหลาดใจว่าคนที่มีรูปร่างผอมสูงจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าคนอ้วนเตี้ย ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากัน เพราะฉะนั้นเขาจะมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำสูงกว่า

๒. เพศ เพศหญิงมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ ต่ำกว่าเพศชาย ๖ – ๑๐% เพราะส่วนประกอบของร่างกายต่างกัน หญิงมีไขมันมากกว่า มีกล้ามเนื้อน้อย แต่เวลามีประจำเดือน ตั้งครรภ์และในระยะให้นมจะมีเมตาโบลิซึมสูงขึ้น

๓. อายุ ช่วงที่มีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำสูงสุดคือระยะ ๑ – ๒ ขวบเพราะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในช่วงระยะย่างเข้าสู่วัยรุ่นจะมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำสูงขึ้นอีกแต่ไม่มากนัก หลังจากเป็นผู้ใหญ่อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำจะลดลง ๗% ทุก ๆ ๑๐ ปี

๔. ส่วนประกอบของร่างกาย เนื้อเยื่อไขมันมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ ต่ำกว่าเนื้อเยื่อทั่วไป นักกรีฑาที่มีกล้ามเนื้อเจริญเติบโตดีจะมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำสูงกว่าพวกที่ไม่ใช่นักกรีฑาประมาณ ๕% เพราะกล้ามเนื้อเป็นแหล่งที่มีการเผาผลาญใช้พลังงานมากที่สุด

---

[๑]Marie V. Krause, Op.cit., p.30 - 31.

[๒]Roslyn B. Alfin-Slater and David Kritchevsky, Nutrition and The Adult, (New York : Plenum Press, 1980) p.168 - 173.

๕. ระบบต่อมไร้ท่อ การทำงานของต่อมไร้ท่อทั้งหลายของร่างกาย เช่น ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) ต่อมใต้สมอง (Pituitary gland) และต่อมหมวกไต (Adrenal gland) มีผลต่อเมตาโบลิซึมอย่างมากในผู้ป่วยที่ต่อมไทรอยด์ทำงานไม่เต็มที่ (Hypothyroidism) อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำอาจลดถึง ๓๐% และในผู้ป่วยที่ต่อมไทรอยด์ทำงานมากผิดปกติ (Hyperthyroidism) อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำอาจเพิ่มถึง ๕๐ – ๗๐%[๑]

๖. สภาวะโภชนาการ ในคนที่อยู่ในระยะอดอาหาร หรือได้รับอาหารไม่เพียงพออาจมีเมตาโบลิซึมที่ต่ำกว่าปกติถึง ๕๐% เมตาโบลิซึมที่ต่ำลงนี้ก็เนื่องจากปริมาณเนื้อเยื่อที่ทำงานลดน้อยลง[๒]

๗. อุณหภูมิร่างกาย การเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย ๐.๖ องศาเซลเซียส (๑ องศาฟาเรนไฮต์) จะทำให้อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำเพิ่มขึ้น ๗ – ๑๕%[๓]

๘. ปัจจัยอื่น ๆ อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำมีค่าต่างไปตามเผ่าพันธุ์ ดังนั้นเมื่อต้องการวัดอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ด้วย ผู้ที่อาศัยอยู่ในแถบอากาศร้อนย่อมมีอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ ต่ำกว่าพวกที่อาศัยอยู่ในแถบอากาศอบอุ่น ยาหลายชนิด เช่น คาเฟอีน และทีโอฟิลลิน (Theophylline) ทำให้อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำเพิ่มขึ้น

---

[๑]Byron A. Schottelius and Dorothy D. Schottelius, Op.cit., p.482.

[๒]Roslyn B. Alfin-Slater and David Kritcheosky, Op.cit., p.169.

[๓]Byron A. Schottelius and Dorothy Schottelius, Op.cit., p.482.

ความต้องการพลังงาน

อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำเป็นเพียงความต้องการกำลังงานขั้นต่ำของร่างกายเท่านั้น ในความเป็นจริงร่างกายจะมีความต้องการสูงกว่าอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ เพราะร่างกายไม่ได้ใช้กำลังงานเฉพาะในภาวะพักเท่านั้น แต่ยังต้องการกำลังงานเพื่อการเคลื่อนไหว เติบโต กระทำกิจกรรมต่าง ๆตลอดทั้งวันตลอดจนดำรงไว้ซึ่งหน้าที่ที่เป็นปกติของร่างกายด้วย ความต้องการพลังงานของแต่ละคนจะแตกต่างกัน ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลอาจคำนวนได้โดยการคำนวนหาจำนวนแคลอรี่ต่อน้ำหนัก ๑ กิโลกรัมต่อวัน สำหรับความต้องการพลังงานในผู้ใหญ่ โฮเวอร์ด เอ ชไนเดอร์ (Howard A. Schneider) และคณะ[๑] ได้เสนอไว้ดังนี้คือ

ตารางที่ ๑ ความต้องการแคลอรี่ต่อวัน ขึ้นกับกิจกรรมแต่ละอย่าง

| กิจกรรม | ชาย | หญิง |
|---|---|---|
| | แคลอรี่/กก./ชม. | แคลอรี่/กก./ชม. |
| งานเบามาก เช่น | | |
| – นั่ง ยืน เย็บผ้า วาดรูป | ๑.๕ | ๑.๓ |
| งานเบา เช่น | | |
| – เดิน ๒–๓ ไมล์/ชม.,ขายอาหาร, ตีกอล์ฟ | ๒.๙ | ๒.๖ |
| หนักปานกลาง เช่น | | |
| – เดิน ๓.๕–๔ ไมล์/ชม., ฟันดิน, ตีเทนนิส | ๔.๓ | ๔.๑ |
| งานหนัก เช่น | | |
| – ปีนเขา, ว่ายน้ำ, ตัดต้นไม้, เตะฟุตบอล | ๘.๔ | ๘.๐ |

[๑] Howard A. Schneider and Others, Op.cit., p.12.

สำหรับประเทศไทย นพ.ไกรสิทธิ์ ได้เสนอไว้ว่า ความต้องการพลังงานในทารกอายุ ๖ – ๑๒ เดือนเท่ากับ ๑๑๐ แคลอรี่ต่อน้ำหนัก ๑ กิโลกรัมต่อวัน จากนั้นความต้องการพลังงานต่อกิโลกรัมต่อวันจะค่อย ๆลดลงประมาณ ๑๐ แคลอรี่ทุกระยะ ๓ ปีที่มีอายุมากขึ้น จนเมื่อเป็นผู้ใหญ่จะมีความต้องการกำลังงานประมาณ ๓๕–๔๕ แคลอรี่ต่อน้ำหนัก ๑ กิโลกรัมต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆด้วยโดยเฉพาะกิจกรรมของร่างกายของคน ๆนั้น ดังนั้นในการคำนวนหาปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการเราจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ด้วย

๑. ความต้องการกำลังงานขั้นต่ำ (BMR) โดยปกติความต้องการพลังงานขั้นต่ำตามมาตรฐานที่กำหนดคือ ๒๕ แคลอรี่ น้ำหนัก ๑ กิโลกรัม วัน[๑]

๒. อายุและการเจริญเติบโต ในระหว่างช่วงที่มีการเจริญเติบโตความต้องการจำนวนแคลอรี่และอาหารอีกหลายชนิดจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ความต้องการนี้จะสูงสุดในช่วง ๑ – ๒ ขวบ และจะลดลงเรื่อย ๆเมื่ออายุมากขึ้น ยกเว้นในตอนย่างเข้าสู่วัยรุ่น (adolessent) ความต้องการนี้อาจเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย

๓. ขนาดของร่างกาย น้ำหนักตัวของร่างกายซึ่งเหมาะสมสำหรับความสูงนั้น ๆจะต้องนำมาใช้ในการพิจารณาหาค่าปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการแทนที่จะใช้น้ำหนักจริง เพราะน้ำหนักจริงของเขาอาจมีค่าผิดปกติเนื่องจากผอมหรืออ้วนเกินไป

๔. เพศ ในผู้หญิงต้องการปริมาณแคลอรี่ต่อน้ำหนัก ๑ กิโลกรัมน้อยกว่าผู้ชาย

๕. สุขภาพของร่างกาย ความกดดันทั้งทางร่างกายและจิตใจ อันได้แก่ความเหนื่อย ประสาทตึงเครียดและการอดนอนจะทำให้เมตาโบลิซึมมีการเปลี่ยนแปลงได้ โรคบางชนิดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำอย่างมาก รวมทั้งความต้องการพลังงานด้วย เช่น ผู้ป่วยเป็นโรคต่อมไทรอยด์ทำงานมากหรือน้อยผิดปกติ

---

[๑]Marie V. Krause, Op.cit., p.31.

๖. การตั้งครรภ์และให้นมบุตร คนที่ตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร มีความต้องการพลังงานมากกว่าคนปกติ

๗. การทำงานของกล้ามเนื้อ[๑] เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ความต้องการพลังงานมีมากกว่าความต้องการพลังงานขั้นต่ำ ในระหว่างการสร้างพลังงานสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อจะมีการปลดปล่อยความร้อนจำนวนมากที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้[๒] ด้วยเหตุนี้และการที่กล้ามเนื้อเป็นส่วนประกอบของร่างกายถึง ๔๕% จึงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดในการสร้างและปลดปล่อยพลังงานของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อจะต้องใช้พลังงานจำนวนมากกว่าความต้องการขั้นต่ำถึง ๑๐๐ – ๕๐๐% คือ ๒ – ๕ เท่า[๓]

อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานจำนวนมากดังกล่าวเป็นติดต่อกันไม่ได้นานพลังงานที่ใช้เพิ่มขึ้นในแต่ละวันจะไม่มากกว่า ๕๐ – ๑๐๐% ของระดับความต้องการขั้นต่ำ

๘. อากาศ ปริมาณแคลอรี่ที่ร่างกายต้องการจะสูงขึ้นเวลาอากาศหนาวและลดลงเมื่ออากาศร้อน[๔] ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง ๒๐–๓๐ องศาเซลเซียส (๖๘ – ๘๖ องศาฟาเรนไฮต์) ร่างกายจะไม่ต้องมีการปรับตัวแต่อย่างใด[๕] อัตราเมตาโบลิซึมขั้นต่ำจะสามารถรักษาอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ในระดับ

---

[๑] L. Jean Bogert and Others, Nutrition and Physical Fitness, (8th.ed.; Philadelphia : W.B. Saunders Co., 1966) p.73 - 75.

[๒] Byron A. Schottelius and Dorothy D. Schottelius, Op.cit., p.482 - 483.

[๓] L. Jean Bogert and Others, Op.cit., p.75.

[๔] Fleur L. Strand, Physiology : A Regulatory System Approach, (New York : Macmillan Publishing Co. Inc.,1978) p.389.

[๕] L. Jean Bogert and Others, Op.cit., p.77.

I17096066

๓๖ – ๓๘ องศาเซลเซียสไว้ให้[๑] แต่ถ้าอยู่ในอากาศที่มีอุณหภูมิระหว่าง ๓๐–๔๐ องศาเซลเซียส (๘๖ – ๑๐๔ องศาฟาเรนไฮต์) ร่างกายจะต้องการพลังงานมากขึ้นเมตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้น ความพยายามที่จะกำจัดความร้อนส่วนเกินจะออกในรูปการระเหยของเหงื่อ ภายใต้สภาวะดังกล่าวจะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างน้อย ๐.๕% สำหรับอุณหภูมิทุกองศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้นระหว่าง ๓๐ – ๔๐ องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามคนทั่วไปจะลดกิจกรรมทั้งหลายลงเมื่ออยู่ในที่อากาศร้อน เพื่อทำให้ความต้องการพลังงานไม่มีค่าเปลี่ยนแปลง

ในอากาศที่หนาวเย็น ความต้องการแคลอรี่จะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีอัตราเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้นจากการสั่นของกล้ามเนื้อ (Shivering) และการเคลื่อนไหวที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมของจิตใจในอากาศเย็น มนุษย์มักมีการออกกำลังมากขึ้นและรับประทานอาหารมากขึ้นเพื่อเพิ่มไขมันสำหรับเป็นฉนวนความร้อน[๒]

๔. การทำงานของสมอง เนื่องจากสมองทำงานอยู่ตลอดเวลา การใช้ความคิดอย่างซับซ้อนจึงแทบไม่มีผลต่อความต้องการพลังงานของร่างกาย เว้นแต่ว่าการใช้สมองนั้นจะตามมาด้วยความดึงตัวของกล้ามเนื้อ การใช้สมองอาศัยพลังงานเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเมตาโบลิซึมจึงแทบไม่เพิ่มขึ้น เบเนดิค (Benedict)[๓] ซึ่งเป็นคนพบว่าสมองที่คิดเรื่องคำนวนตัวเลขที่ยุ่งยากต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเพียง ๓ – ๔% ได้เปรียบเทียบงานที่สมองต้องใช้ในการทำงานเป็นเวลา ๑ ชั่วโมง ว่าจะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นไม่มากกว่าคนงานที่มาทำความสะอาดโต๊ะของเขาเป็นเวลา ๕ นาที

---

[๑] Roslyn B. Alfin-Slater and David Kritchevsky, Op.cit., p.169.

[๒] A.C. Guyton, Op.cit., 1976. p.975.

[๓] L. Jean Bogert, Op.cit., p.77.

๑๐. การใช้จ่ายสารอาหาร (SDA of food หรือ heat increament) อาหารทุกชนิดจะกระตุ้นเมตาโบลิซึมของร่างกาย ดูบัวส์ (Dubois) กล่าวว่า[๑] เราไม่ได้พลังงานเต็มจำนวนจากอาหารที่รับประทาน เพราะพลังงานบางส่วนต้องเสียไปในการเผาผลาญอาหารนั้น ๆ นักวิทยาศาสตร์คือ ลาวัวร์ซิเอร์ (Laviorsier)[๒] สังเกตว่าการรับประทานอาหารทำให้ร่างกายใช้ออกซิเจนมากขึ้น คนไม่รับประทานอาหารจะต้องการพลังงานเพื่อนำไปใช้เผาผลาญคาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีน ที่รับประทานเข้าไปก่อนที่จะได้พลังงานจากสารอาหารทั้ง ๓ ประเภท

ไบรอน เอ สช็อตเทเลียส (Byron A. Schottelius) และโดโรธี ดี สช็อตเทเลียส (Dorothy D. Schottelius) ได้แสดงให้เห็นโดยชัดเจนว่าการรับประทานอาหารจะทำให้เมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังแสดงในตารางต่อไปนี้[๓]

---

[๑] L. Jean Bogert, Op.cit., p.75.

[๒] เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, หลักโภชนาการปัจจุบัน, (กทม : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, ๒๕๒๐) หน้า ๑๓๕.

[๓] Byron A. Schottelius and Dorothy D. Schottelius, Op.cit., p.483.

ตารางที่ ๒ เปรียบเทียบความร้อนที่ปลดปล่อยในวันที่รับประทานอาหารและวันที่อดอาหาร

| วันที่ | อาหาร | ความร้อนที่ปลดปล่อย |
|---|---|---|
| ๑ | อดอาหาร | ๗๑๘ กิโลแคลอรี่ |
| ๒ | ให้โปรตีน ๔๐๐ กรัม | ๑๐๔๖ กิโลแคลอรี่ |
| ๓ | อดอาหาร | ๗๔๖ กิโลแคลอรี่ |
| ๔ | ให้โปรตีน ๔๐๐ กรัม | ๑๑๐๕ กิโลแคลอรี่ |

มนุษย์ที่อดอาหาร ๑ วันแล้วรับประทานโปรตีน ๔๐๐ กรัม ในวันถัดไปจะมีการปลดปล่อยความร้อนมากกว่าวันที่อดอาหารถึง ๓๐๐ กิโลแคลอรี่ ความร้อนจำนวนนี้ที่เกี่ยวข้องกับอาหารเรียกว่าเอสดีเอของอาหาร

อาหารแต่ละอย่างให้เอสดีเอต่างกัน โปรตีนจะให้เอสดีเอสูงกว่าคาร์โบไฮเดรทและไขมัน ได้มีผู้กล่าวถึงเอสดีเอของอาหารไว้หลายท่านซึ่งไม่ค่อยตรงกันนักคือ อาร์ลิน (Arlin) กล่าวว่า[๑] โปรตีนมีเอสดีเอ ๒๐% ของอาหาร คาร์โบไฮเดรทและไขมันมีประมาณ ๑๐% ไซริล เอ คีลและอีริค เนล (Cyril A. Keele and Eric Neil) กล่าวว่า[๒] โปรตีนจะมีเมตาโบลิซึมสูงสุดหลังอาหาร ๓ – ๕ ชั่วโมง แล้วจะค่อย ๆ ลดลงในระหว่างที่ขึ้นสูงสุดอาจต้องใช้พลังงาน ๑๐ – ๓๕% แต่โดยเฉลี่ยคือ ๒๐% ในระยะเวลา ๔ – ๖ ชั่วโมง ส่วนคาร์โบไฮเดรทและไขมันจะมีเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้นประมาณ

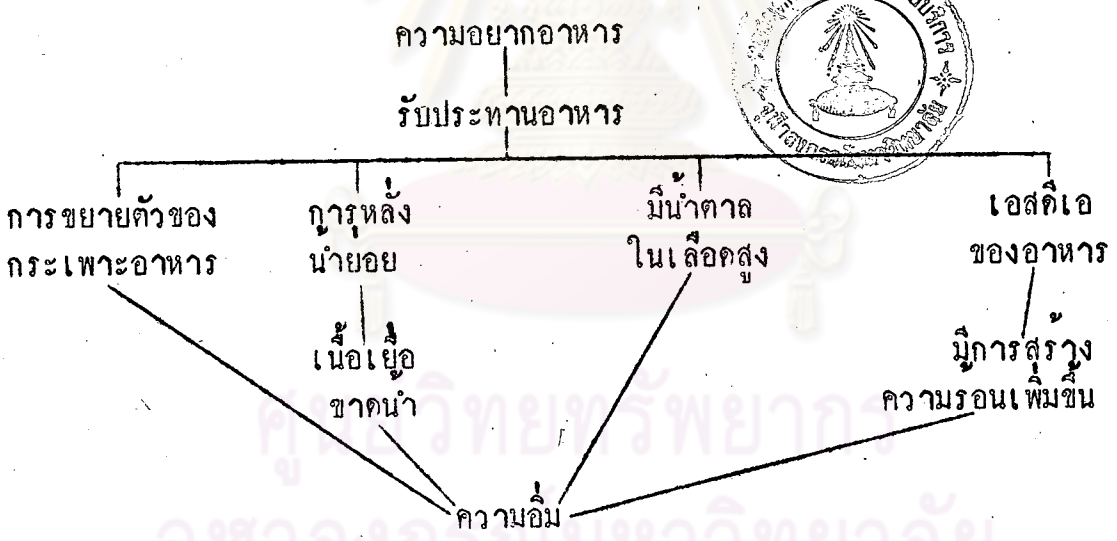
---

[๑] Marian Thompson Arlin, Op.cit., p.58.

[๒] Cyril A. Keele and Eric Neil, Op.cit., 1974 p.205.

๕ – ๑๐% เอ็ม เอสเธอร์ แมคเคลนและเชอร์คี ฮอร์ค เกรก (M. Esther McClain and Shirley Hawke Gragg) เสนอไว้ว่า[๑] เอสดีเอของโปรตีนมีค่า ๓๐% คาร์โบไฮเดรท ๕ – ๖% ไขมัน ๔% แอล จีน โบเกิร์ต และคณะ (L. Jean Bogert and Others) เสนอว่า[๒] โปรตีนมีเอสดีเอ ๓๐% คาร์โบไฮเดรทและไขมันมีเอสดีเอ ๖% และอาหารผสมมีเอสดีเอ ๑๐ – ๑๗%

ดังได้กล่าวแล้วว่าเมื่อรับประทานอาหารจะทำให้ร่างกายมีการปลดปล่อยความร้อนออกมา จอห์น อาร์ โบรเบรค (John R. Brobeck) ได้นำความจริงข้อที่ว่าการรับประทานอาหารทำให้อุณหภูมิเพิ่มเพียงเล็กน้อย อันเนื่องมาจากเอสดีเอของอาหารมาตั้งสมมุติฐานว่าการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายอันเนื่องมาจากเอสดีเออาจเป็นปัจจัยที่จำกัดปริมาณอาหารที่รับประทานดังนี้[๓]




---

[๑] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, "Temperature," Scientific Principles in Nursing, (Saint Louis : The C.V. Mosby Co., 1966) p.75.

[๒] L.Jean Bogert, Op.cit., p.77.

[๓] John R. Brobeck, Op.cit., p.2 - 5.

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเอสดีเอนี้ ถ้าในประเทศหนาวจะมีประโยชน์คือ ช่วยให้ร่างกายอบอุ่น แต่ในเมืองร้อนกลับไม่ช่วยอะไรเลยนอกจากทำให้รู้สึกร้อน เหงื่อออกหรืออึดอัดหลังรับประทานอาหาร ดังนั้นผู้รู้บางท่านจึงอาจเรียกพลังงานที่เกิดจากเอสดีเอนี้ว่าพลังงานสูญเปล่า

สัดส่วนของอาหาร

สำหรับสัดส่วนของอาหารที่ได้คำนวนไว้สำหรับคนไทยนั้นสัดส่วนที่พอเหมาะคือ[๑]

| | | |
|---|---|---|
| โปรตีน | ร้อยละ | ๑๐ – ๑๕ |
| คาร์โบไฮเดรท | ร้อยละ | ๕๐ – ๕๕ |
| ไขมัน ไม่ควรเกิน | ร้อยละ | ๓๕ |

ซึ่งดวงมณีก็ได้กำหนดสัดส่วนสำหรับประกอบอาหารให้ผู้ป่วยธรรมดาในโรงพยาบาลไว้ใกล้เคียงกันดังนี้คือ[๒]

| | | |
|---|---|---|
| โปรตีน | ร้อยละ | ๑๕ |
| คาร์โบไฮเดรท | ร้อยละ | ๕๐ |
| ไขมัน | ร้อยละ | ๓๕ |

---

[๑]ไกรสิทธิ์ ตันติสิรินทร์, "ความต้องการพลังงาน," <u>กุมารเวชศาสตร์ เล่ม ๑</u> (เรียบเรียงโดย ม.ร.ว.จันทรนิวัทธ์ เกษมสันต์ และบุญชอบ พงษ์พานิชย์; กรุงเทพฯ : อมรินทรการพิมพ์, ๒๕๒๒) หน้า ๓๗๒.

[๒]ดวงมณี วิเศษกุล, <u>โรคและอาหารเฉพาะโรค</u>, (โครงการณ์ตำราศิริราช ; กทม : คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, ๒๕๒๓) หน้า ๑๐๑.

ความต้องการ

ความต้องการน้ำของคนจะมีความสัมพันธ์กับความต้องการกำลังงานอย่างมาก วิธีการคำนวนความต้องการกำลังงานสามารถนำมาคิดหาความต้องการของน้ำได้คือ

ในผู้ใหญ่ความต้องการน้ำ = ๑ ซีซีต่อ กำลังงาน ๑ กิโลแคลอรี่[๑]

แต่อย่างไรก็ตามความต้องการน้ำก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและอุณหภูมิของอากาศตลอดจนความชื้นในบรรยากาศด้วย[๒] คือคนจะดื่มน้ำในเวลาอากาศร้อนแห้งมากกว่าในเวลาอากาศเย็นชื้น[๓] สมดุลย์ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย

อุณหภูมิของร่างกายขึ้นอยู่กับสมดุลย์ระหว่างการสร้างความร้อนและการสูญเสียความร้อน ถ้าการสร้างและการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นไม่เท่ากันอุณหภูมิอาจเพิ่มหรือลดลงได้ ร่างกายได้รับความร้อนเมื่อมีเมตาโบลิซึม ไอรีน แอล เบลันด์และจอยส์ วาย แพสสอส (Irene L. Beland and Joyce Y. Passos) กล่าวว่า อุณหภูมิร่างกายเป็นตัวบ่งชี้กิจกรรมเมตาโบลิซึมที่เชื่อถือได้[๔]

---

[๑]ไกรสิทธิ์ ตันติสิรินทร์, เรื่องเดิม, หน้า ๓๔๑.

[๒]N. Balfour Slonin, Environmental Physiology, (Saint Lcuis : The C.V. Mosby Co., 1974) p.90.

[๓]Fleur L. Strand, Op.cit., p.389.

[๔]Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.820.

ความร้อนที่ร่างกายได้รับ (Heat Gain)

ร่างกายได้รับความร้อน ๒ ทางคือ[๑] ได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมและจากการสร้างขึ้นภายในร่างกาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ความร้อนที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อม (Heat gain from the environment)

ร่างกายได้รับความร้อนจากสิ่งต่าง ๆรอบกายที่มีอุณหภูมิสูงกว่าโดย

๑. จากการแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์หรือความร้อนจากพื้นดิน

๒. จากผลสะท้อนของการแผ่รังสีจากท้องฟ้า ซึ่งการได้รับความร้อนด้วยวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ร่างกายจะได้รับความร้อนด้วยวิธีนี้อย่างมากถ้าไม่สรวมเสื้อผ้า

นอกจากนั้นร่างกายจะดูดความร้อนซึ่งแผ่รังสีมาจาก เตาไฟ เปลวไฟและจากการรับประทานอาหารร้อน ๆด้วยเช่นกัน[๒]

การสร้างความร้อน (Heat production)

ดับบลิว เอฟ กานอง (W.F. Ganong) กล่าวว่า ร่างกายสร้างความร้อนโดย[๓]

๑. ขบวนการเมตาโบลิซึมขั้นต่ำ

๒. เอสดีเอของอาหาร

๓. การออกกำลังของกล้ามเนื้อ

---

[๑] Cyril A. Keele and Eric Neil, Op.cit., 1979. p.334.

[๒] Charles Herbert Best and Norman Burke Taylor, Op.cit., 1961. p.885.

[๓] W.F. Ganong, Op.cit., 1975. p.170.

ไอรีน แอล เบลันด์และจอยส์ วาย แพสสอส (Irene L. Beland and Joyce Y. Passos) ได้กล่าวไว้โดยละเอียดว่า ปัจจัยใด ๆก็ตามที่มีผลต่อเมตาโบลิซึมจะมีผลต่อการสร้างความร้อนด้วย และดังนั้นจะมีผลต่ออุณหภูมิของร่างกายด้วย[๑]

ปัจจัยที่เพิ่มอัตราเมตาโบลิซึมและเป็นผลให้อุณหภูมิของร่างกายเพิ่มขึ้นมีดังนี้[๒,๓]

๑. อากาศเย็น

๒. การออกกำลังกาย ความร้อนส่วนใหญ่ของร่างกายเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อลายระหว่างการออกกำลังกาย อุณหภูมิทวารหนักอาจสูงขึ้นถึง ๔๐ องศาเซลเซียส (๑๐๔ องศาฟาเรนไฮต์)[๔] ในระหว่างการออกกำลังกายจุดปรับระดับความร้อน (Thermal point) ของร่างกายจะเลื่อนสูงขึ้นคือ กลไกการขจัดความร้อนจากร่างกายจะทำงานที่จุดที่อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม

๓. เอสดีเอของอาหาร ผลของโปรตีนต่ออัตราเมตาโบลิซึมมีมากกว่าคาร์โบไฮเดรทและไขมัน แต่การรับประทานอาหารไม่ว่าชนิดใดก็ตามจะเกิดเมตาโบลิซึมเพิ่มขึ้นเสมอ พลังงานของอาหารจะถูกนำมาสร้างความร้อนดังนี้[๕]

๓.๑ ประมาณ ๖๐% กลายเป็นความร้อนระหว่างการสร้างอะดีโนไซน์ไพรฟอสเฟส (adenosine triphosphate)

---

[๑] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.820.

[๒] Ibid. p.820 - 821.

[๓] อมรา มลิลา และคณะ, เรื่องเดิม, หน้า ๑๐๐.

[๔] Charles Herbert Best and Norman Burke Taylor, Op.cit., 1961. p.884.

[๕] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.820.

๓.๒ ประมาณ ๑๕% กลายเป็นความร้อนเมื่อพลังงานถูกถ่ายทอดจากเอทีพี (ATP) ไปยังระบบการทำงานของเซลล์

๓.๓ ประมาณ ๒๕% ของพลังงานจะเหลือสู่ระบบการทำงานของเซลล์ ส่วนใหญ่ของจำนวนนี้จะกลายเป็นความร้อนเช่นเดียวกัน

๔. อีพิเนฟริน (epinephrine) และนอร์อิพิเนฟริน(norepinephrine) จะหลั่งเมื่อระบบประสาทซิมพาเตติค (sympathetic) ถูกกระตุ้น ทำให้เพิ่มอัตราเมตาโบลิซึมถึง ๒๕% แต่เป็นเพียงระยะสั้น ๆ

๕. ไทร็อกซิน (thyroxin) จะเพิ่มอัตราเมตาโบลิซึมถึง ๑๐๐% แต่เกิดช้า ๆ และเป็นเวลานาน[๑]

๖. ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต (growth hormone) เพิ่มอัตราเมตาโบลิซึม ๑๕ – ๒๐% ดังนั้นคนอายุน้อยจึงมีอุณหภูมิสูง

๗. เพศ เพศชายมีอัตราเมตาโบลิซึมสูงกว่าเพศหญิง ๑๐ – ๑๕% ยกเว้นในขวบปีแรก

๘. ฮอร์โมนเพศหญิง ระหว่างช่วงระยะไข่ตกร่างกายจะมีอุณหภูมิต่ำ ตอนที่ไข่ตกอุณหภูมิจะลดลงเล็กน้อยและเพิ่มขึ้นในระยะหลังจากนั้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แล้วตกลงมาอีกในช่วงก่อนที่จะมีประจำเดือนเล็กน้อย

๙. อายุ เด็กเกิดใหม่จะมีอัตราเมตาโบลิซึมสูงเป็น ๒ เท่าของคนที่มีอายุระหว่าง ๖๐ – ๗๐ ปี

๑๐. อารมณ์ เมตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้นเวลามีอารมณ์รุนแรง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นของระบบประสาท การหลั่งฮอร์โมนและการหดตัวของกล้ามเนื้อ

---

[๑] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.820.

๑๑. อุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจากสาเหตุใดก็ตาม เช่น มีไข้หรือออกกำลังกายจะเพิ่มเมตาโบลิซึม ปฏิกริยาเคมีต่าง ๆจะเพิ่มประมาณ ๑๓% ทุก ๆ ๑ องศาเซลเซียสของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (๗% ทุก ๆ ๑ องศาฟาเรนไฮต์)

๑๒. ช่วงเวลาของวัน ในคนปกติอุณหภูมิภายในร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของแต่ละวันประมาณ ๐.๕ – ๐.๗ องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิจะสูงสุดในตอนเย็นและต่ำสุดในตอนเช้า[๑,๒]

ปัจจัยที่เพิ่มการสร้างความร้อนโดยการเพิ่มอัตราเมตาโบลิซึมดังกล่าว เป็นปัจจัยหนึ่งในสองของวิธีที่จะเพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย ปัจจัยกลุ่มที่ ๒ ที่เพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย ได้แก่ ปัจจัยที่ขัดขวางการสูญเสียความร้อน ได้แก่ การหดตัวของเส้นเลือดตามแขน ขา การขาดน้ำ ภาวะบวมน้ำหรืออากาศที่ชื้น

การสูญเสียความร้อน (Heat loss)

การสูญเสียความร้อนมีหลายทาง ได้แก่[๓]

๑. การแผ่รังสี (radiation)

๒. การพา (convection)

๓. การนำ (conduction)

๔. การระเหย (evaporation)

๕. การหายใจ (respiration)

๖. การถ่ายปัสสาวะและอุจจาระ (urination and defecation)

---

[๑]M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.208 - 209.

[๒]F.R. Winton and L.E. Bayliss, Human Physiology, (5th. ed.; Boston : Little, Brown and Co., 1962) p.591.

[๓]W.F. Ganong, Op.cit., p.170.

วิเวียน เอ็ม คูลเวอร์ (Vivian M. Culver) กล่าวว่า การเสียความร้อนด้วยวิธีการแผ่รังสี การนำ การพาและการระเหยของเหงื่อจะทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้มากกว่า ๘๐% ของความร้อนที่ร่างกายเสียไปทั้งหมด[๑] มีส่วนน้อยที่สูญเสียออกทางระบบทางเดินหายใจและการขับถ่าย[๒] ดับบลิว เอฟ กานอง (W.F. Ganong) กล่าวว่า ที่อุณหภูมิ ๒๑ องศาเซลเซียส ร่างกายจะเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี การนำ และการพา ๗๐% โดยการระเหยของเหงื่อ ๒๗% ทางลมหายใจ ๒% และทางอุจจาระปัสสาวะ ๑%[๓]

การแผ่รังสี หมายถึงการส่งผ่านความร้อนจากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่ง โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นเหล่านี้เหมือนคลื่นวิทยุทุกประการยกเว้นความยาวคลื่น การแผ่รังสีแตกต่างจากการส่งผ่านความร้อนด้วยวิธีอื่น ๆ คือไม่ต้องอาศัยตัวกลาง (medium)[๔] ปริมาณความร้อนที่แผ่รังสีจะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ผิวสำหรับแผ่รังสี ซึ่งมีค่าถึง ๘๕% ของพื้นที่ผิวของร่างกาย[๕] ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศต่ำการแผ่รังสีเป็นวิธีการที่สำคัญในการสูญเสียความร้อน

---

[๑] Vivian M. Culver, Modern Bedside Nursing (Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1969) p.136.

[๒] Vernon B. Mountcastle, Op.cit., p.558 - 560.

[๓] W.F. Ganong, Op.cit., p.170.

[๔] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.821.

[๕] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.196.

การพา หมายถึงการส่งผ่านความร้อนโดยอาศัยความเคลื่อนไหวของอากาศหรือของเหลว เวลาอากาศได้รับความร้อนมันจะขยายตัวออก ความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้นทำให้อากาศที่เย็นกว่าเคลื่อนเข้ามาแทนที่ แล้วก็ได้รับความร้อนขยายตัวลอยขึ้นอีก อากาศเย็นเข้าแทนที่เช่นนี้เรื่อยไป ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพาความร้อนมากที่สุดคือกระแสลม

การนำ คือการส่งผ่านความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปโมเลกุลใกล้เคียงโดยวัตถุทั้งสองต้องสัมผัสกัน เช่น ความร้อนจากกาน้ำมาสู่หูถือ ตัวนำความร้อนอาจเป็นก๊าซ ของเหลว หรือของแข็ง แต่ก๊าซเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี วัตถุ โลหะ และน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่ดีกว่า วิธีนี้มีความสำคัญน้อยที่สุดในการขับความร้อนออกจากร่างกาย เพราะการเสียความร้อนด้วยวิธีนี้มีปริมาณน้อย

การระเหย คือการที่น้ำถูกเปลี่ยนเป็นไอโดยอาศัยความร้อน การระเหยของเหงื่อ ๑ กรัมต้องสูญเสียความร้อนประมาณ ๕๘๐ – ๖๐๐ แคลอรี่[๑,๒] บริเวณที่มีการระเหยมากที่สุดคือปอด ปริมาณความร้อนที่สูญเสียทางปอดโดยการหายใจจะเป็นอัตราส่วนโดยตรงต่อปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกต่อครั้ง และความแตกต่างของความดันไอน้ำ ระหว่างอากาศที่หายใจเข้าและหายใจออก นอกจากนั้นปริมาณการระเหยยังขึ้นอยู่กับความเร็วของลมที่พัดผ่านและอุณหภูมิของอากาศด้วย ถ้าอากาศร้อนมากการสูญเสียความร้อนโดยการระเหยจะมีมาก ที่อุณหภูมิ ๔๐ องศาเซลเซียส ร่างกายจะสูญเสียความร้อนด้วยการระเหยถึง ๑๐๐%[๓]

---

[๑] Elbert T. Phelps, Op.cit., p.319.

[๒] Ewald E. Selkurt, Op.cit., p.684.

[๓] Ewald E. Selkurt Op.cit.,

การสรวมเสื้อผ้าจะลดปริมาณความร้อนที่สูญเสีย เพราะมันเป็นตัวนำความร้อนที่เลวและกักขังอากาศไว้มิให้มีการถ่ายเท อากาศที่เคลื่อนไหวจะทำให้มีการสูญเสียความร้อนมากขึ้น ความชื้นของอากาศก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อการสูญเสียความร้อนด้วยการระเหย ความชื้นยิ่งมากการระเหยจะยิ่งทำให้น้อยลง อุณหภูมิของอากาศที่ต่ำกว่า ๒๘ องศาเซลเซียส (๘๒.๔ องศาฟาเรนไฮต์) จะทำให้ผู้ที่ไม่สรวมเสื้อผ้าเสียความร้อนอย่างรวดเร็ว[๑] และในช่วงอุณหภูมิระหว่าง ๒๘ – ๓๑ องศาเซลเซียส (๘๒.๔ – ๘๗.๘ องศาฟาเรนไฮต์) เป็นช่วงที่ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบายที่สุดเรียกว่าอุณหภูมิอากาศแห่งความสบาย (comfort zone) ในช่วงนี้ผู้ที่ไม่สรวมเสื้อผ้าสามารถรักษาสมดุลย์ระหว่างความร้อนที่สูญเสียและสร้างขึ้นไว้ได้โดยไม่มีการขับเหงื่อหรือการสั่นเกิดขึ้น[๒] เอ ซี กายตัน (A.C. Glyton) กล่าวว่า อุณหภูมิระหว่าง ๒๑ – ๒๙.๔ องศาเซลเซียส (๗๐ – ๘๕ องศาฟาเรนไฮต์) เป็นอุณหภูมิโดยประมาณที่สบายสำหรับคนทั่วไป เพราะช่วงนี้จะมีการแผ่รังสีความร้อนด้วยอัตราที่จะทำให้อุณหภูมิร่างกายคงที่[๓] แมคเคลนและแกรก (McClain and Gragg) กล่าวว่า "อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมที่อยู่ระหว่าง ๒๘ – ๓๐ องศาเซลเซียส (๓๘.๔–๘๖ องศาฟาเรนไฮต์) จะเป็นระดับที่การสร้างความร้อนและการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นเท่ากัน[๔] ในประเทศไทยได้มีการวิจัยหาระดับอุณหภูมิของอากาศแห่งความสบายโดย

---

[๑] Charles Herbert Best and Norman Burke Taylor, Op.cit., 1961. p.889 - 890.

[๒] Ibid.

[๓] A.C. Guyton, Physiology of The Human Body, (5th.ed.; Philadelphia : W.B. Saunders Co., 1979) p.429.

[๔] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.207.

ตาบทิพย์ สุวรรณวิสูตร และพิทยา โตนมิติ ผลการวิจัยพบว่า อุณหภูมิอากาศแห่งความสบายอยู่ในช่วงระหว่าง ๒๑ – ๒๘ องศาเซลเซียส และความชื้นระหว่าง ๕๘ – ๗๘% เป็นช่วงที่สบายที่สุด[๑]

การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย

จุดศูนย์กลางการควบคุมปริมาณความร้อนในร่างกายอยู่ในสมองบริเวณฮัยโปธาลามัส (Hypothalamus) การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมีส่วนประกอบ ๓ ส่วนคือ

๑. เครื่องรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (sensory thermoreceptors) มีกระจายอยู่ทั้งรอบนอกและส่วนกลางของร่างกาย ส่วนรอบนอกหรือส่วนผิว ๆ ได้แก่ บริเวณผิวหนัง ใบหน้า มือ ลิ้น ทางเดินหายใจ และส่วนกลางหรือส่วนที่อยู่ลึก ๆ ภายในร่างกาย เช่น อวัยวะภายในช่องท้องและประสาทไขสันหลัง เป็นต้น[๒] เครื่องรับอุณหภูมิที่ผิวหนังจะอยู่ชั้นใต้ผิวหนัง ๐.๑ – ๐.๕ มม.[๓] เครื่องรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบ่งเป็นเครื่องรับความหนาวเย็น (cold receptor) และเครื่องรับความร้อน (warm receptor) เครื่องรับความหนาวเย็นถูกควบคุมโดยฮัยโปธาลามัสส่วนหน้า[๔] ซึ่งเป็นศูนย์กลางการสูญเสียความร้อน (heat loss center) จะถูกกระตุ้นโดย

---

[๑]ตาบทิพย์ สุวรรณวิสูตร และพิทยา โตนมิติ, "อุณหภูมิอากาศแห่งความสบาย," (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. ๒๕๒๑) หน้า ๑๓.

[๒]Ewald E. Selkurt, Op.cit., p.692.

[๓]M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.208.

[๔]W.F. Ganong, Op.cit., 1975. p.171.

ความร้อน ทำให้มีการตอบสนองโดยการพยายามเพิ่มการสูญเสียความร้อนโดยการทำให้มีการขยายตัวของเส้นเลือด มีการขับเหงื่อ การหอบ เป็นต้น ส่วนเครื่องรับความร้อนถูกควบคุมโดยฮัยโปธาลามัสส่วนหลัง[๑] ซึ่งเป็นศูนย์กลางการสร้างความร้อน(heat production center) การกระตุ้นบริเวณนี้ด้วยความเย็น จะเกิดการตอบสนองโดยการต้านทานมิให้อุณหภูมิลดลง ได้แก่ การหดตัวของเส้นเลือด การสั่น เป็นต้น[๒]

กล่าวคือถ้าอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ศูนย์ควบคุมความร้อนจะกระตุ้นให้ร่างกายสร้างความร้อนมากขึ้น และลดการสูญเสียความร้อนให้น้อยลง แต่ถ้าอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติศูนย์ควบคุมความร้อนจะกระตุ้นให้ร่างกายขับความร้อนมากขึ้น และลดการสร้างความร้อนให้น้อยลง ดังตารางที่

๒. ศูนย์ประสาทประสานงานหรือกลไกการควบคุมอุณหภูมิ (central integrator or controllor) จะรับข่าวสารเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกายบริเวณผิวหนัง และส่วนกลางของร่างกายแล้วจะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (standard reference) หรือจุดกำหนดระดับอุณหภูมิของร่างกาย (set point value) ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ได้รับเข้ามากับค่าอุณหภูมิที่จุดกำหนดนี้จะถูกส่งต่อไปยังระบบการแสดงผล (effector system) เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการสร้างความร้อนหรือการสูญเสียความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ที่จุดกำหนด

---

[๑]Ewald E. Selkurt, Op.cit.

[๒]Ewald E. Selkurt, Op.cit.

๓. กลไกแสดงผล (effector mechanism) แบ่งออกเป็นตัวต่อต้านการเพิ่มอุณหภูมิและตัวต่อต้านการลดอุณหภูมิ ตัวต่อต้านการลดอุณหภูมิสำหรับผิวหนัง ได้แก่ การหดตัวของเส้นเลือดและอาการขนลุก ซึ่งถูกควบคุมผ่านทางประสาทซิมพาเตติค (sympathetic)[๑] ส่วนการต้านการเพิ่มของอุณหภูมิ ได้แก่ การขยายตัวของเส้นเลือดที่ผิวหนัง เกิดขึ้นโดยการหยุดยั้งการทำงานของระบบประสาทซิมพาเตติค

การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความร้อนและความเย็น ได้อาศัยระบบอื่น ๆ ด้วย เช่น การกระตุ้นความอยากอาหารและน้ำ ความอยากอาหารมีส่วนเกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึม ซึ่งต่อต้านการลดลงของอุณหภูมิร่างกายโดยผ่านทางเอสดีเอของอาหาร[๒] ส่วนความกระหายน้ำมีความเกี่ยวข้องกับการขับเหงื่อและการกระจายของความร้อนภายในร่างกายโดยการไหลเวียนของโลหิต

---

[๑]Beverly Witter Dugas, Introduction to Patient Care A Comprehensive Approach to Nursing, 3rd ed., Philadelphia : W.B. Saunders Co., 1977. p.479.

[๒]Ewald E. Selkurt, Op.cit., p.694.

ตารางที่ ๓ กลไกการควบคุมระดับอุณหภูมิของร่างกาย[๑]

| | |
|---|---|
| **กลไกที่ถูกกระตุ้นโดยความเย็น** | |
| – อาการหนาวสั่น | เพิ่มการสร้างความร้อน |
| – หิว | |
| – เพิ่มกิจกรรมต่าง ๆของร่างกาย | |
| – เพิ่มการหลั่งอิพิเนฟฟรินและนอร์อิพิเนฟฟริน | |
| – การหดตัวของเส้นเลือดที่ผิวหนัง | ลดการสูญเสียความร้อน |
| – การห่อตัว | |
| – การขนลุก | |
| **กลไกที่ถูกกระตุ้นโดยความร้อน** | |
| – การขยายตัวของเส้นเลือดที่ผิวหนัง | เพิ่มการสูญเสียความร้อน |
| – เหงื่อออก | |
| – หายใจเร็ว | |
| – เบื่ออาหาร | ลดการสร้างความร้อน |
| – เฉื่อยชา | |
| – ลดการหลั่งฮอร์โมนกระตุ้นต่อมทัยรอยด์ | |

[๑] W.F. Ganong, Op.cit., 1975. p.171.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิปกติของร่างกาย

ถึงแม้มนุษย์จะมีอุณหภูมิที่ได้สมดุลย์ของร่างกาย อุณหภูมิของเนื้อเยื่อแต่ละแห่งจะมีค่าต่างกันออกไป อุณหภูมิร่างกายมิได้มีค่าเดียวแต่มีค่าเป็นช่วงตั้งแต่ร้อนที่สุดคือตับประมาณ ๓๘°ซ (๑๐๐°ฟ) ถึงอุณหภูมิที่เย็นที่สุดคือผิวหนัง ซึ่งเย็นกว่าภายในร่างกาย ๕.๕ – ๘.๓°ซ (๑๐ – ๑๕°ฟ)[๑] ในคนปกติโดยทั่วไป อุณหภูมิของร่างกายที่วัดไว้ทางปากมีค่าอยู่ระหว่าง ๓๖.๕ – ๓๗.๕°ซ (๙๗.๗° – ๙๙.๕°ฟ) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ๓๗°ซ (๙๘.๖°ฟ)[๒] แต่ถ้าวัดทางทวารหนักจะสูงกว่าทางปากประมาณ ๐.๓ – ๐.๕°ซ (๐.๕ – ๐.๙°ฟ) และวัดทางรักแร้จะต่ำกว่าทางปากประมาณ ๐.๖°ซ (๑°ฟ)[๓] อุณหภูมิร่างกายจะเปลี่ยนแปลงได้ตามสิ่งแวดล้อมหรือการออกกำลังกาย เช่น ถ้าออกกำลังกายมาก ๆ อุณหภูมิทวารหนักอาจสูงถึง ๔๐°ซ (๑๐.๔°ฟ) ได้[๔] ค่าอุณหภูมิปกติของร่างกายแต่ละคนแตกต่างกันไป ความแตกต่างที่อยู่ระหว่าง ๐.๕ – ๑°ซ หรือ ๒°ฟ

---

[๑] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.818.

[๒] Ella M. Thompson and Caroline Bunker Rosdahl, Textbook of Basic Nursing, (2nd.ed.; Philadelphia : J.B. Lippincott Co., 1973) p.210.

[๓] Elbert T. Phelps, Op.cit., p.320 - 321.

[๔] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.280.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถือว่าปกติ[๑] อุณหภูมิร่างกายมักจะต่ำตอนเช้ามืด และสูงสุดตอนบ่ายมาก ๆไปจนค่ำ[๒,๓,๔] ค่าอุณหภูมิที่ขึ้นลงไม่เท่ากันในช่วงเวลาของวันนี้เป็นการควบคุมโดยธรรมชาติ แต่ถ้าคนที่เปลี่ยนเวลาทำงานกลับกันเป็นนอนกลางวันทำงานกลางคืน การขึ้นลงของอุณหภูมิร่างกายก็จะเปลี่ยนกลับตามไปด้วย[๕] ค่าอุณหภูมิที่ขึ้นลงในวันหนึ่ง ๆอาจต่างกันได้ถึง ๓°ฟ[๖]

---

[๑] Cyril Mitchell Macbryde and Robert Stanley Blacklow, Signs and Symptoms ; Applied Pathologic Physiologic and Clinical Interpretation, (5th.ed.; Philadelphia : J.B. Lippincott Co., 1970) p.470.

[๒] Ella M. Thompson and Caroline Bunker Rosdahl, Op.cit., p.211.

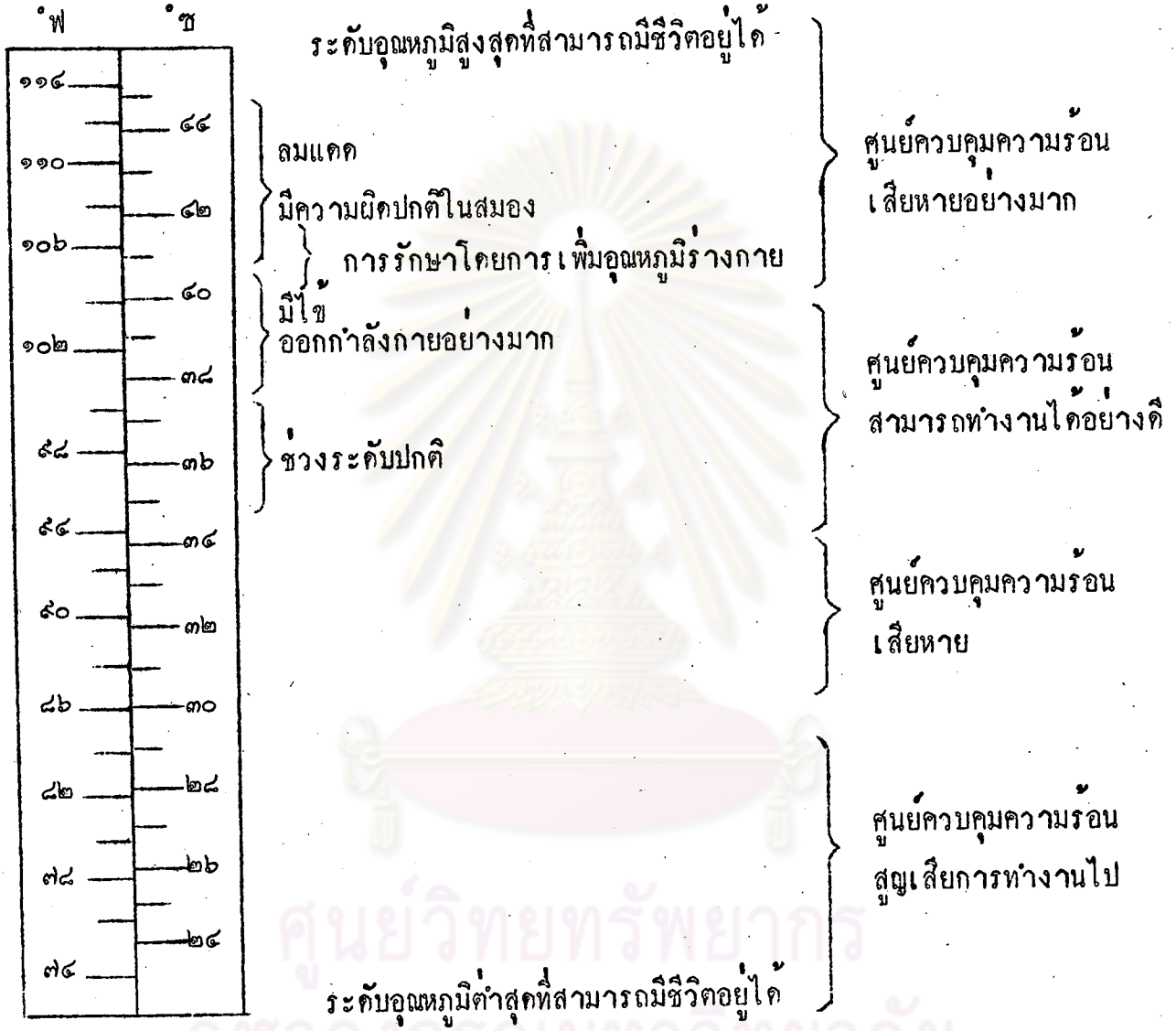
[๓] Margaret L. O' Dell, Op.cit., p.45 - 46.

[๔] W.F. Ganong, Op.cit., 1975. p.169.

[๕] Ewald E. Selkurt, Op.cit., p.681 - 682.

[๖] Chamberlain E. Noble and Ogilvie C.M. Op.cit., p.420 - 426.

ตารางที่ ๔ อุณหภูมิร่างกายและการควบคุมอุณหภูมิร่างกายในระดับต่าง ๆ[๑,๒]




---

[๑] Vernon B. Mountcastle, Op.cit., p.557.

[๒] Irene L. Beland and Joyce Y. Passos, Op.cit., p.825.

ความผิดปกติเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย

ดังได้กล่าวแล้วว่าศูนย์ควบคุมความร้อนของร่างกายอยู่ที่สมองส่วนฮัยโปธาลามัส ถ้าฮัยโปธาลามัสส่วนหน้า (ศูนย์ระบายความร้อน) เสียไป ร่างกายจะระบายความร้อนออกไม่ได้ แต่คงสร้างความร้อนได้ตามปกติ หากฮัยโปธาลามัสส่วนหลัง (ศูนย์รักษาความร้อน) เสีย ร่างกายจะทำตัวให้อบอุ่นเมื่ออากาศหนาวไม่ได้ แต่ระบายความร้อนได้ตามปกติ[๑]

ในกรณีที่ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายถูกถ่ายเทออกน้อย ไม่สมดุลย์กับความร้อนที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดอาการไข้ การมีไข้หมายถึงอุณหภูมิของร่างกายสูงกว่าปกติ อาจเนื่องจากมีความผิดปกติในสมองเอง หรือจากสารพิษซึ่งมีผลต่อศูนย์ควบคุมอุณหภูมิหรืออาจเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เนื้องอกในสมอง การที่เนื้อเยื่อของร่างกายชอกช้ำหรือตาย โรคภูมิแพ้ ภาวะขาดน้ำจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิรอบตัวสูง ใส่เสื้อผ้าหนา ผิวหนังขับความร้อนออกไม่ได้[๒] หลังรับประทานอาหารหรือในคนที่ออกกำลังกาย[๓] คนบางคนเมื่ออุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นถึง ๑๐๒°ฟ จะรู้สึกอ่อนเพลีย ง่วง ซึมและปวดทั่วตัว คนที่อุณหภูมิของร่างกายขึ้นไปสูงถึง ๑๐๖°ฟ มักจะ

---

[๑]อมรา มลิลา และคณะ, เรื่องเดิม., หน้า ๑๐๐ - ๑๐๑.

[๒]สมพนธ์ บุญยคุปต์ และสมศักดิ์ โล่ห์เลขา, การวินิจฉัยและการรักษาโรคติดเชื้อที่พบบ่อย เล่ม ๑, (กรุงเทพฯ : กรุงเทพเวชสาร, ๒๕๒๑) หน้า ๓๒๐.

[๓]Ferdinand J.A. Kreuzer, "Physiological Adjustments to Exercise," International Research in Sport and Physical Education, (Illinois : Charles Thomas Publisher, 1964) p.320.

ทำให้เกิดอาการชัก ถ้าไข้สูงขนาดนี้นาน ๆจะทำให้มีการทำลายของสมองอย่างถาวร[๑] ถ้าปล่อยให้อุณหภูมิขึ้นสูงไปเรื่อย ๆถึง ๑๑๐°ฟ จะทำให้เสียชีวิตได้ภายในไม่กี่ชั่วโมง ตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิลดลงถึง ๙๑°ฟ ผู้ป่วยจะหมดสติ และถ้ายังลดลงไปถึง ๘๓–๘๕°ฟ จะเกิดการเต้นของหัวใจผิดปกติ (Ventricular fibrillation)[๒]

เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิของร่างกาย

อุณหภูมิร่างกายวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ในคลินิคที่นิยมใช้คือ เทอร์โมมิเตอร์แก้ว (glass thermometer)[๓] ซึ่งมีสเกลทั้งองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้นี้เป็นแท่งแก้วกลวงปลายปิดทั้ง ๒ ข้าง มีกระเปาะบรรจุสารปรอทอยู่ที่ปลายข้างหนึ่ง ความร้อนจะทำให้ปรอทขยายตัว ซึ่งจะขยายตัวไปตามท่อเล็ก ๆซึ่งมีขีดบอกองศาเป็นระยะ ๆ ขีดขององศามีช่วงตั้งแต่ ๓๓.๙ องศาเซลเซียส (๙๓ องศาฟาเรนไฮต์) หรือ ๓๔.๔ องศาเซลเซียส (๙๔ องศาฟาเรนไฮต์) ไปจนถึง ๔๒.๒ องศาเซลเซียส (๑๐๘ องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งครอบคลุมค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่คนสามารถมีชีวิตอยู่ได้[๔]

---

[๑] W.F. Ganong, Op.cit., 1977. p.173.

[๒] Maxwell M. Wintrobe and Others, Harrison's Principles of Internal Medicine, (6th.ed.; New York : McGraw-Hill Co., Ltd., 1970) p.84.

[๓] Virginia Henderson and Gladys Nite, Principles and Practice of Nursing, (New York : Macmillan Publishing Co., Inc., 1978) p.448.

[๔] Ella M. Thompson and Caroline Bunker Rosdahl, Op.cit., p.212.

เทอร์โมมิเตอร์มีปลาย ๒ ชนิดคือ ชนิดกระเปาะกลมและกระเปาะยาว ชนิดกระเปาะกลมใช้สำหรับวัดทางทวารหนัก เพราะมีความปลอดภัยในการใส่เข้าไปวางไว้ ส่วนชนิดกระเปาะยาวใช้สำหรับวัดทางปาก

สารปรอท (Mercury) ที่บรรจุอยู่ภายในเทอร์โมมิเตอร์เป็นโลหะเหลวสีเงิน มีคุณสมบัติที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแม้เพียงเล็กน้อย จึงถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิ สารปรอทจะอยู่ในสภาพบริสุทธิ์เฉื่อย (inert) และไม่ทำอันตรายผู้ป่วยแม้เวลาแท่งแก้วหัก เพราะสารปรอทบริสุทธิ์จะไม่ถูกดูดซึม[๑]

การวัดอุณหภูมิของร่างกาย

การวัดและการป้องกันความผันผวนของอุณหภูมิร่างกายเป็นกิจกรรมที่อยู่ในความรับผิดชอบของพยาบาล ความรับผิดชอบดังกล่าวรวมถึงการประเมินสีผิวของผู้ป่วย อุณหภูมิและความชื้นของผิวหนังและช่องปาก ความรู้สึกร้อนหรือหนาว การขับเหงื่อ ความกระหายน้ำ การหนาวสั่น เป็นต้น

จุดศูนย์กลางควบคุมอุณหภูมิของร่างกายอยู่ที่บริเวณธัยโปธาลามัส อุณหภูมิของร่างกายอาจแบ่งกล่าวได้ ๓ อย่างคือ[๒]

๑. อุณหภูมิภายในของร่างกาย (core temperature)
๒. อุณหภูมิพื้นผิวของร่างกาย (Surface temperature)
๓. อุณหภูมิโดยเฉลี่ย (average temperature) ซึ่งเท่ากับปริมาณความร้อนทั้งสิ้นที่สะสมอยู่ในร่างกาย

---

[๑] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.211.

[๒] A.C. Guyton, Textbook of Medical Physiology, 1966. p.985.

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิ ณ.ที่หนึ่ง ๆของร่างกาย ได้แก่ การสร้างความร้อนของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น อุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนของกระแสเลือดผ่านบริเวณนั้น ๆ ปริมาณของฉนวนบริเวณนั้น และปัจจัยภายนอกใด ๆก็ตามที่มีผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณนั้น การออกกำลังกายอย่างหนัก อารมณ์รุนแรง รวมทั้งฮอร์โมนหลายตัว ได้แก่ ไทรอกซิน อิพิเนพฟริน นอร์อิพิเนพฟริน อะดรีนาลินและไปรเจสเตอร์โรน[๑] เป็นที่รู้กันว่าปัจจัยเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น

การประเมินอุณหภูมิของร่างกายคือ การหาอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของร่างกาย ซึ่งแสดงออกที่อุณหภูมิของเลือดในเส้นเลือดใหญ่ ๆ หลักเกณฑ์สำหรับการเลือกบริเวณใดบริเวณหนึ่งสำหรับวัดอุณหภูมิร่างกาย ได้แก่[๒]

๑. ความใกล้ชิดต่อเส้นเลือดแดงใหญ่
๒. ความสามารถในการป้องกันอิทธิพลจากภายนอกได้ เช่น การรับประทานอาหาร ดื่มและสูบบุหรี่
๓. ปราศจากการอักเสบ
๔. ให้ความเที่ยงตรงตามความต้องการ
๕. สภาพของผู้ป่วย
๖. อายุของผู้ป่วย
๗. เป็นบริเวณที่เข้าถึงได้ง่าย[๓]

---

[๑] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit.,p.205.

[๒] Carol Gohrke Blainey, "Site Selection in Taking Body Temperature," AJN, Vol.74, No.10 (Oct. 1974) p.1859.

[๓] Roberta Ericson, "Thermometer Placement for Oral Temperature Measurement in Felrils Adult, International Journal of Nursing Study, (Vol.13 New York : Pergamore Press, 1976) p.199.

อุณหภูมิร่างกายเป็นเครื่องช่วยหาสมุฏฐานของโลก คนไข้จะได้รับการวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยพยาบาลอย่างสม่ำเสมอโดยตลอด แต่บางครั้งก็ถูกวัดโดยแพทย์และนักศึกษา บริเวณที่ใช้วัดอุณหภูมิร่างกาย ได้แก่ บริเวณรักแร้ (axilla) ขาหนีบ (groin) ทวารหนัก (rectum) และทางปาก (oral)[๑] แมคเคลนและแกรก (McClain and Gragg) กล่าวว่า อุณหภูมิที่ได้จากทวารหนักจะแม่นยำที่สุด ซึ่งมักใช้วัดในผู้ป่วยเด็กเล็ก การวัดทางปากเป็นวิธีที่ทำบ่อยและสะดวกที่สุด อุณหภูมิจากรักแร้เชื่อถือได้น้อยที่สุด[๒] อีริคสัน (Ericson) กล่าวว่า[๓] การวัดอุณหภูมิใต้ลิ้นเป็นดัชนีที่เชื่อถือได้สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนภายในร่างกาย ระหว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นที่ศูนย์กลางรับอุณหภูมิ (central receptors) เช่น ในกรณีเอาตัวลงจุ่มน้ำออกกำลังกาย การให้ของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงทางเส้นเลือด หรือการเปลี่ยนแปลงช้า ๆ ที่เกี่ยวกับไข้ ความแปรปรวนของอุณหภูมิทวารหนักเวลามีไข้ก็เกิดขึ้นเหมือนอุณหภูมิทางปาก แต่มันมักจะเปลี่ยนแปลงไม่ทันอุณหภูมิภายในร่างกายที่เปลี่ยนไปเร็ว ๆ อุณหภูมิใต้ลิ้นได้ถูกแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างดีกับการวัดอุณหภูมิในตรง ๆ เช่น การวัดที่หลอดอาหาร (esophagus), รูหูด้านนอก (external auditory meatus) และเยื่อแก้วหู (tympanic membrane)

ได้มีการศึกษาถึงวิธีวัดอุณหภูมิร่างกายให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมานานหลายปีแล้ว แต่ก็ยังมีความเห็นแตกต่างกันอยู่ในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการวางเทอร์โมมิเตอร์ไว้ในร่างกายว่าควรจะใช้เวลานานเท่าใด มอนต์เตจและสเวนสัน (Montage and Swenson)

---

[๑] Elinor V. Fuerst and Luverne Woff, Fundamentals of Nursing, (Philadelphine : J.B. Lippincott Co., 1964) p.166.

[๒] M. Esther McClain and Shirkey Hawke Gragg, Op.cit., p.205.

[๓] Roberta Ericson, Op.cit., p.199.

บอกว่า การวัดอุณหภูมิทางปากใช้เวลานาน ๓ นาที วัดทางรักแร้ ๑๐ นาที[๑] เวอร์จิเนีย เอช วอล์คเกอร์ (Verginia H. Walker) สนับสนุนว่าการวัดอุณหภูมิทางปากควรใช้เวลานาน ๓ นาที[๒] และเกลนนาดี เอ นิโคลส์ กับคณะ (Glennadee A. Nichols and Others) เห็นด้วยว่าการวัดอุณหภูมิทางรักแร้จะต้องใช้เวลานาน ๑๐ นาที[๓]

สำหรับนิโคลส์นั้นมีความสนใจในเรื่องการวัดอุณหภูมิร่างกายมาก ในปี ค.ศ. ๑๙๖๗ และ ๑๙๖๘ ได้ทำการวิจัยร่วมกับฟิลลิส เจ เวอร์โฮนิค (Phyllis J. Verhonick) หลายครั้ง เพื่อหาระยะเวลาที่นานที่สุดและเหมาะสมที่สุดสำหรับการวัดอุณหภูมิทางปากและทางทวารหนัก ซึ่งจากการทดลอง ๒ ครั้ง ให้ผลเหมือนกันว่า[๔,๕] การวัดอุณหภูมิทางปากต้องใช้เวลานาน ๑๐ นาที เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและใช้เวลา ๗ นาทีเป็นอย่างต่ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum) สำหรับการวัดอุณหภูมิทางทวารหนักจะใช้เวลา ๔ นาทีเพื่อให้ได้อุณหภูมิสูงสุด และใช้เวลาเพียง ๒ นาทีเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม

---

[๑] Montage and Swenson, Fundamental in Nursing Care, (Philadelphia : J.B. Lippincott Co., 1961) p.207 - 208.

[๒] Verginia H. Walker, Nursing and Ritualistic Practice, (New York : The Macmillan Co., 1967) p.14.

[๓] Glennadu A. Nichols and Others, "Oral Axillary and Rectal Temperature Determinations and Relationships," Nursing Research, Vol.15 (Fall 1966) p.311.

[๔] "_____" and Phyllis J. Verhonick, "Time and Temperature," AJN. Vol.67, No.11 (Nov. 1967) p.2304 - 2306.

[๕] Phyllis J. Verhonick and Glennadee A. Nichols, "Temperature Measurement in Nursing Practice and Research," The Canadian Nurse, Vol.64, No.6 (June 1968) p.41 - 43.

ในประเทศไทยได้มีผู้สนใจทำวิจัยเรื่องนี้ด้วยเหมือนกัน ในปี พ.ศ. ๒๕๑๕ อาภรณ์ บุญวัฒน์ ได้ทำการวิจัยในเด็กหญิงปกติอายุ ๖ – ๑๒ ปี พบว่า[๑] เวลาที่ใช้วัดอุณหภูมิทางปาก ๕.๓ นาที และทางรักแร้ ๖.๘ นาที พ.ศ.๒๕๒๓ พยอม และอุไร ได้ทำการวิจัยเพื่อหาระยะเวลาที่น้อยที่สุดสำหรับวัดอุณหภูมิสูงสุดของร่างกายทางปากและทางรักแร้ พบว่า[๒] ระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดของร่างกายในคนปกติ โดยการวัดทางปากมีค่าเฉลี่ย ๓.๕๖ นาทีในเพศชาย และ ๓.๓๘ นาทีในเพศหญิง ส่วนการวัดทางรักแร้มีค่าเฉลี่ย ๔.๓๐ นาทีในเพศชาย และ ๓.๔๐ นาทีในเพศหญิง

จากผลการวิจัยดังกล่าวทั้งหมดจะเห็นได้ว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับวัดอุณหภูมิร่างกายทางปากมีความแตกต่างกันมากจากต่ำสุด ๓ นาทีถึงสูงสุด ๑๐ นาที อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถใช้เวลาวัดอุณหภูมิทางปากนานถึง ๑๐ นาทีได้ เนื่องจากจะต้องทำการวัดอุณหภูมิร่างกายทุก ๑๐ นาที เมื่อคำนึงถึงการพักของผู้ถูกทดลองและการทำงานของผู้ช่วยทำวิจัยซึ่งต้องรับผิดชอบผู้ถูกทดลอง ๓ คน ตลอดจนต้องมีเวลาในการทำความสะอาดปรอท อ่านและบันทึกค่าอุณหภูมิแล้ว ผู้ทำวิจัยจึงเลือกที่จะใช้เวลานาน ๕ นาทีสำหรับวัดอุณหภูมิร่างกาย

การวัดอุณหภูมิร่างกายทางปากกระทำได้โดยการสอดเทอร์โมมิเตอร์ไว้ใต้ลิ้น ข้อดีที่สำคัญของการใช้บริเวณใต้ลิ้นวัดอุณหภูมิภายในคือ การที่มันอยู่ชิดกับแขนงของเส้น

---

[๑]อาภรณ์ บุญวัฒน์, "การเปรียบระยะเวลาที่ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดของร่างกายทางปากและทางรักแร้ในเด็กหญิงไทยปกติ อายุระหว่าง ๖–๑๒ ปี," (วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. ๒๕๑๕) หน้า ๑๔.

[๒]พยอม วิริยา และอุไร ธัชยพงษ์, <u>รายงานการวิจัยเรื่องระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดของร่างกายทางปากและทางรักแร้</u>, (คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. ๒๕๒๓) หน้า ๖๗.

เลือดแดงมาเลี้ยงที่ลิ้น (lingual artery) ซึ่งเป็นแขนงของเส้นเลือดแดงเอ็กซเทอร์นัลแคโรอติค (external carotid) อีกต่อหนึ่ง แขนงของสับลิงกัวล์ (sublingual) จะทอดไปตามพื้นของช่องปาก ในขณะที่แขนงลิงกัวล์ลึก (deep lingual) จะทอดไปตามด้านล่างของลิ้น บริเวณใต้ลิ้นนี้สามารถวางเทอร์โมมิเตอร์ได้โดยง่ายที่กระพุ้งของเนื้อเยื่อที่ฐานของลิ้น ซึ่งอยู่เหนือเส้นเลือดแดงสับลิงกัวล์ (sublingual artery) พอดี[๑]

อย่างไรก็ตามอุณหภูมิภายในช่องปาก ก็จะได้รับความกระทบกระเทือนจากอาหารและน้ำที่ดื่ม หรือจากการทำงานของกล้ามเนื้อในการเคี้ยว ในปี ค.ศ. ๑๙๖๗ อี เอ วูดแมน และคณะ (E.A. Woodman and Others) ได้ทำการทดลองโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แก้วซึ่งมีความเที่ยงตรงภายใน ๐.๒°ฟ (คือมีความผิดพลาดไม่เกิน ๐.๒°ฟ) ผลการทดลองพบว่า[๒] ภายหลังดื่มน้ำเย็น ๒ นาทีแล้ววัดอุณหภูมิใต้ลิ้นจะได้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ๐.๗°ฟ และภายหลังการสูบบุหรี่ ๒ นาทีจะวัดอุณหภูมิใต้ลิ้นได้ค่าที่อาจสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง ๐.๒°ฟ ซึ่งต้านกับที่ ฟิลลิส เจ เวอร์โฮนิค กับแฮร์เรียต เอช เวอร์เลย์ (Phyllis J. Verhonick and Harriet H. Werley) ได้ทำการวิจัยไว้ในปี ค.ศ. ๑๙๖๓[๓] โดยได้ทำการทดลองซ้ำ ๆกัน ๑๒ ครั้ง พบว่าการสูบบุหรี่ไม่ได้ทำให้อุณหภูมิในช่องปากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในผู้ป่วยที่ไม่มีไข้

---

[๑] Carol Gohrke Blainey, Op.cit., p.1860.

[๒] E.A. Woodman and Others, "Sources of Unreliability in Oral Temperature," Nursing Research, Vol.16 (Summer 1967) p.278.

[๓] Phyllis J. Verhonick and Harriet H. Werley, "Experimentation in Nursing Practice in The Army," Nursing Outlook, Vol.11, No.3 (March 1963) p.205.

ต่อมาในปี ค.ศ. ๑๙๗๐ เบรนดา ฟอร์สเตอร์ และคณะ[๑] (Brenda Forster and Others) ได้ทำการทดลองโดยใช้ประชากร ๑๐ คนที่มีอุณหภูมิร่างกายปกติ และ ๕ คนมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ วิธีการทดลองได้ใช้เทอร์โมมิเตอร์ไฟฟ้า (electric thermometer) วางไว้ใต้ลิ้นทันทีที่ดื่มน้ำเย็น ผลการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ จะต่ำกว่าความเป็นจริง ๕.๒๕°ฟ ในกลุ่มที่มีไข้ และ ๕.๖๘°ฟ ในกลุ่มที่ไม่มีไข้ อุณหภูมิใต้ลิ้นของประชากรทั้งหมดจะกลับสู่ค่าเดิมก่อนดื่มน้ำเย็นภายใน ๑๕ นาที

สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อในการเคี้ยวก็มีผลต่ออุณหภูมิภายในช่องปากด้วยเช่นกัน การเคี้ยวอาหารอย่างหนักก่อนจะวัดอุณหภูมิ ก็ทำให้อุณหภูมิทางปากมีค่าผิดไป อย่างไรก็ตาม Verhonick ได้แสดงให้เห็นว่าผลจากการเคี้ยวของอาหารจะหมดไปภายใน ๓ นาที[๒]

อุณหภูมิภายในช่องปากอาจมีค่าแปรผันได้ถึง ๓°ฟ ตั้งแต่บริเวณเพดานด้านบนที่เย็นที่สุดจนถึงบริเวณใต้ลิ้นซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งบริเวณใต้ลิ้นด้านหลังซึ่งชิดกับโคนลิ้นนั้นเป็นบริเวณที่มีผู้วิจัยหลายท่านได้แสดงให้เห็นว่าเป็นจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด ในผู้ใหญ่ที่ไม่มีไข้ Erickson ได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิภายในช่องปาก ๓ แห่งคือ

๑. ใต้ลิ้นด้านหน้า
๒. ใต้โคนลิ้นด้านซ้าย
๓. ใต้โคนลิ้นด้านขวา

---

[๑] Brenda Forster and Others, "Duration of Effects of Drinking Iced Water on Oral Temperature," Nursing Research, Vol.19, No.2 (Mar-Apr. 1970) p.169 - 170.

[๒] Card Gohrke Blainey, Op.cit., p.1861.

ผลการทดลองพบว่า[๑] ความแตกต่างระหว่างใต้โคนลิ้นด้านหน้ากับใต้โคนลิ้นด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย ๐.๓๗°ฟ และความแตกต่างระหว่างใต้ลิ้นด้านหน้ากับใต้โคนลิ้นด้านขวามีค่าเฉลี่ย ๐.๓๔°ฟ จากการทดสอบค่า t-test พบว่ามีนัยสำคัญที่ระดับ ๐.๐๑ สำหรับค่าเฉลี่ยทั้งสอง แสดงว่าอุณหภูมิที่วัดบริเวณโคนลิ้นไม่ว่าด้านซ้ายหรือขวาจะสูงกว่าบริเวณใต้ลิ้นด้านหน้าอย่างมีนัยสำคัญ และนอกจากนั้นยังพบว่าการวัดอุณหภูมิในขณะปิดปากจะมีค่าสูงกว่าขณะเปิดปากเล็กน้อย ไม่ว่าจะวัดที่ตำแหน่งใดใต้ลิ้น

ดังนั้นในการวัดอุณหภูมิทางปากควรที่จะวัดโคนลิ้นด้านใดด้านหนึ่ง และให้ผู้ถูกวัดหุบปากให้สนิท

---

[๑] Roberta Erickson, Op.cit., p.199 - 206.