บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนด เมื่อแรกรับไว้รักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. ทารกเกิดก่อนกำหนด
2. การควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเกิดก่อนกำหนด
3. ภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนด
4. การดูแลเพื่อควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเกิดก่อนกำหนด

ทารกเกิดก่อนกำหนด

องค์การอนามัยโลกได้ให้ความหมายของทารกเกิดก่อนกำหนด (preterm infant) ไว้ว่าหมายถึงทารกที่มีอายุในครรภ์น้อยกว่า 37 สัปดาห์ โดยนับจากวันแรกของการมีประจำเดือนครั้งสุดท้ายและไม่คำนึงถึงน้ำหนักตัว (ประพุทธ ศิริปุณย์ และอุรพล บุญประกอบ, 2536; Kliegman, 1996; Korones, 1976; Silverman, 1996)

เบอร์รอจส์ (Burroughs, 1992) โจนส์ (Joines, 1993) เคนดิก และบาร์รอน (Kending & Barron, 1996) ได้ให้คำจำกัดความทารกเกิดก่อนกำหนดไว้ว่าหมายถึงทารกแรกเกิดที่มีอายุในครรภ์น้อยกว่า 37 สัปดาห์ โดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักตัว

กอร์รี่ แมคคินนีและเมอร์เรย์ (Gorrie, Mckinney & Murray, 1994) เลดวิก ลอนดอน และโอลด์ (Ladewig, London, & Olds, 1986) โอลด์ ลอนดอน และเลดวิก (Olds, London, & Ladewig, 1996) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่าหมายถึงทารกแรกเกิดที่มีอายุในครรภ์ตั้งแต่ 20 สัปดาห์ถึงน้อยกว่า 37 สัปดาห์

สรุปได้ว่าทารกเกิดก่อนกำเนิด หมายถึงทารกแรกเกิดที่มีอายุในครรภ์ตั้งแต่ 20 สัปดาห์ ถึงน้อยกว่า 37 สัปดาห์ โดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักตัว ซึ่งในปัจจุบันอัตราการเกิดทารกเกิดก่อนกำหนดประมาณร้อยละ 9 ของทารกแรกเกิดมีชีวิตและส่วนใหญ่มีน้ำหนักตัวเหมาะสมกับอายุในครรภ์ (Crawford & Morris, 1994; Gorrie, Mckinney, & Murray, 1994)

ลักษณะของทารกเกิดก่อนกำหนดที่ปรากฏโดยทั่วไปคือ อ่อนแอและบอบบาง การเจริญเติบโตด้านการหดตัวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อไม่ดี ทำให้แขนและขาเหยียดตลอดเวลา มีอาการอ่อนแรงเมื่อมีการเคลื่อนไหว ขนาดของศีรษะใหญ่เมื่อเทียบกับลำตัว ใบหูนิ่มและแบน เพราะไม่มีกระดูกอ่อนของใบหู ขาดไขมันใต้ผิวหนังทำให้ผิวหนังบาง มองเห็นเส้นเลือดชัดเจน และผิวหนังเป็นสีแดงซึ่งจะจางลงเมื่ออายุในครรภ์มากกว่า 32 สัปดาห์ เนื่องจากเริ่มมีไขมันใต้ผิวหนัง หัวนมและฐานหัวนมแบนราบ ไม่มีขนอ่อนและไขตามลำตัว ลายฝ่ามือและเท้าไม่ชัดเจนโดยเฉพาะทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีอายุในครรภ์น้อยกว่า 32 สัปดาห์ เมื่ออายุในครรภ์มากขึ้นลายฝ่าเท้าจะปรากฏบริเวณด้านบนของฝ่าเท้าก่อน ต่อจากนั้นก็จะปรากฏเส้นลึกชัดเจนจนเห็นลายฝ่าเท้าเต็มฝ่าเท้า สำหรับทารกเกิดก่อนกำหนดเพศชายลูกอัณฑะ (testis) อาจจะยังไม่ลงสู่ถุงอัณฑะ บางส่วนอาจอยู่ในช่องท้อง และถุงอัณฑะมีรอยย่นน้อย สำหรับทารกเกิดก่อนกำหนดเพศหญิง แคมใหญ่ (labia majora) จะปิดแคมเล็ก (labia minora) ไม่มิด (Dodd, 1996; Gorrie, McKinney, & Murray, 1994; Rothbarth & Pedigo, 1986) นอกจากนี้ยังพบว่าพัฒนาการของระบบประสาทยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพภายหลังคลอดได้ (Rothbath & Pedigo, 1986)

อายุในครรภ์ของทารกเกิดก่อนกำหนดประเมินได้โดยใช้ลักษณะภายนอกและการตรวจระบบประสาทและกล้ามเนื้อของทารก ส่วนใหญ่ใช้ตามวิธีของบาลลาร์ด (Ballard's score) เนื่องจากมีความถูกต้องและเที่ยงตรงมาก (Ballard, Khoury, Wedig, Wang, Ellers-Walsman, & Lipp, 1991; Dodd, 1996; Miklos & Creehan, 1996) เครื่องมือประเมินอายุในครรภ์นี้ใช้ลักษณะภายนอก 6 ประการ ได้แก่ ผิวหนัง ขนอ่อน ลายฝ่าเท้า เต้านม ตา/หู อวัยวะเพศชาย/หญิง และการตรวจทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อ 6 ประการ ได้แก่ ท่าทาง มุมที่ข้อมือ กำลังกล้ามเนื้อแขน มุมที่หลังเข่า ดึงแขนไปไหล่ตรงข้าม และการนำส้นเท้าจรดใบหู โดยมีค่าคะแนนตั้งแต่ -1 ถึง 5 ในแต่ละลักษณะจึงมีคะแนนรวมตั้ง -10 ถึง +50 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1

แสดงการตรวจลักษณะภายนอก (physical maturity) และการตรวจระบบประสาท และกล้ามเนื้อ (neuromuscular maturity) ตามวิธีของบาลลาร์ด

การตรวจลักษณะภายนอก

ลักษณะภายนอก	คะแนน							รวมคะแนน
	-1	0	1	2	3	4	5	
ผิวหนัง	บางใส มองเห็นหลอดเลือดไม่ชัดเจน	บางสีแดง มองเห็นหลอดเลือด	บาง สีชมพู เห็นหลอดเลือดใหญ่	มีผื่นหรือลอก	สีซีด ลอกแตกเป็นร่อง เห็นหลอดเลือด	ลอกเป็นแผ่นไม่เห็นหลอดเลือด	ลอกเป็นแผ่นหนาย่น	
ขนอ่อน	ไม่มี	บาง	มีมาก	บางลง	ไม่ชัด บางแห่งไม่พบ	ส่วนมากไม่พบ		
ลายฝ่าเท้า	นิ้วหัวแม่เท้าถึงส้นเท้า 40-50 มม. = <40=-2	ไม่มี	เห็นไม่ชัด	พบทางด้านปลายเท้า	พบเป็นบริเวณ 3/3 ของฝ่าเท้า	พบทั้งฝ่าเท้า		
เต้านม	ไม่เห็น	เห็นไม่ชัด	แบนราบ ไม่มีตุ่ม	เป็นตุ่ม 1-2 มม. มีบริเวณรอบ	ตุ่ม 3-4 มม. บริเวณนูนขึ้น	ตุ่ม 5-10 มม. บริเวณนูนชัดเจน		
ตา/หู	ลืมตาไม่ได้ หูอ่อนมาก = 1 อ่อนปานกลาง= -2	ลืมตาได้ หูอ่อนแบนราบ พับไปมาได้	โค้งเล็กน้อย งอไปมาได้ กลับคืนรูปร่างเดิมช้า	งอมากขึ้น อ่อนนุ่ม แต่กลับคืนรูปร่างเดิมได้	รูปร่างชัดเจน นุ่ม กลับคืนรูปร่างเดิมทันที	กระดูกอ่อนหนาและทรงรูปดี		
อวัยวะเพศ (ชาย)	ถุงอัณฑะแบนและไม่มีรอยย่น	อัณฑะไม่ลงถุง เห็นรอยย่นจางมาก	อัณฑะไม่ลงถุง แทบจะไม่มีรอยย่น	อัณฑะเริ่มลง มีรอยย่นเล็กน้อย	อัณฑะลงถุง มีรอยย่นชัดเจน	อัณฑะลงถุง มีรอยย่นลึก		
อวัยวะเพศ (หญิง)	เห็น labia และ clitoris ชัดเจน และแบนราบ	เห็น labia minora และ clitoris ชัดเจน	เห็น clitoris ชัดเจน และ minora ถูกปิดเล็กน้อย	เห็น labia majora และ minora พอ ๆ กัน	เห็น majora ชัด minora เล็กน้อย	majora คลุม clitoris และ minora ปิด		
รวมคะแนนการตรวจลักษณะภายนอกทั้งหมด								

ตารางที่ 1 (ต่อ)
การตรวจระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

ลักษณะระบบประสาทและกล้ามเนื้อ	คะแนน							รวมคะแนน
	-1	0	1	2	3	4	5	
ท่าทาง								
มุมที่ข้อมือ	>90°	90°	60°	45°	30°	0°		
กำลังกล้ามเนื้อแขน		180°	140°-180°	110°-140°	90°-110°	<90°		
มุมที่หลังเข่า	180°	160°	140°	120°	100°	90°	<90°	
ดึงแขนไปไหล่ตรงข้าม								
การนำส้นเท้าจรดใบหู								
คะแนนรวมทั้งหมดจากการตรวจระบบประสาทและกล้ามเนื้อ								

แหล่งที่มา. จาก Gestational age assessment. by Dodd, V., 1996, **Neonatal Network, 15** (1), p.28.

การตรวจทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อจะประเมินภายหลัง 30 ชั่วโมงหลังคลอด แต่ถ้าอายุในครรภ์น้อยกว่า 26 สัปดาห์ จะตรวจในช่วง 12 ชั่วโมงหลังคลอด สำหรับการตรวจลักษณะภายนอกจะประเมินในช่วง 2 - 3 ชั่วโมงหลังคลอด ส่วนใหญ่จะประเมินอายุในครรภ์ตามวิธีของบาลลาร์ดเสร็จสมบูรณ์ภายใน 12 ชั่วโมงหลังคลอด แต่ถ้าต้องการให้ผลที่ได้ถูกต้องแน่นอนควรประเมินในช่วง 10 - 36 ชั่วโมงหลังคลอด ยกเว้นทารกที่มีอายุในครรภ์น้อยกว่า 26 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการประเมินทั้ง 2 ลักษณะมารวมกัน แล้วเปรียบเทียบกับตารางบอกอายุในครรภ์ตามวิธีของบาลลาร์ด คะแนนรวมที่ได้จากการประเมินทั้งหมดของทารกเกิดก่อนกำหนด ตั้งแต่ -10 ถึง 32 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2
แสดงอายุในครรภ์จากค่าคะแนนรวมที่ได้จากการประเมินตามวิธีของบาลลาร์ด

คะแนนรวม	อายุในครรภ์ (สัปดาห์)
-10	20
-5	22
0	24
5	26
10	28
15	30
20	32
25	34
30	36
35	38
40	40
45	42
50	44

แหล่งที่มา. จาก Gestational age assessment. by Dodd, V., 1996, **Neonatal Network, 15** (1), p.28.

สรุปได้ว่าทารกเกิดก่อนกำหนด เมื่อประเมินอายุในครรภ์ตามวิธีของบาลลาร์ด ซึ่งประกอบด้วยการตรวจลักษณะภายนอก 6 ประการ และการตรวจทางระบบประสาท และกล้ามเนื้อ 6 ประการ จะมีคะแนนรวมที่ได้จากการประเมินทั้งหมดตั้งแต่ -10 ถึง 32 คะแนน

ทารกเกิดก่อนกำหนดแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ตามความแตกต่างของอายุในครรภ์ ดังนี้ (Ladewig, London, & Olds, 1986)

1. ทารกเกิดก่อนกำหนดที่คลอดเมื่อมีอายุในครรภ์น้อยกว่า 24 สัปดาห์ ทารกกลุ่มนี้มีความสมบูรณ์ของหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายน้อย และมักจะเสียชีวิตภายหลังคลอด

2. ทารกเกิดก่อนกำหนดที่คลอดเมื่อมีอายุในครรภ์ระหว่าง 24 สัปดาห์ถึง 30 สัปดาห์ ซึ่งพบได้ประมาณร้อยละ 1 (Moore, 1981) ทารกเกิดก่อนกำหนดในกลุ่มนี้อาจจะเริ่มมีพัฒนาการของถุงลมแต่ขาดสารลดแรงตึงผิวในถุงลม (pulmonary surfactant) ที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกิดภาวะหายใจลำบากอย่างรุนแรง (severe respiratory distress syndrome) ได้ แต่ในปัจจุบันทารกกลุ่มนี้ได้รับการดูแลรักษาอย่างใกล้ชิดโดยใช้เทคนิคการรักษาพยาบาลและเครื่องมือที่ทันสมัย เช่น การดูแลรักษาให้อยู่ในตู้อบ การใช้เครื่องช่วยหายใจ และการให้สารน้ำและอาหาร เป็นต้น ทำให้มีโอกาสรอดชีวิตมากขึ้น คือ อายุในครรภ์ 26, 27 และ 28 สัปดาห์ มีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 25, 50 และ 75 ตามลำดับ (Moore, 1981)

3. ทารกเกิดก่อนกำหนดที่คลอดเมื่อมีอายุในครรภ์อยู่ในช่วง 31 สัปดาห์ ถึง 35 สัปดาห์ ซึ่งพบได้ประมาณร้อยละ 6 - 7 ทารกกลุ่มนี้จะมีการเจริญเติบโตที่ยังไม่สมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางและความต้องการการดูแลช่วยเหลือไม่รุนแรง ทำให้มีโอกาสรอดชีวิตมากกว่าร้อยละ 90 (Pilliteri, 1995) โดยพบว่าถ้ามีอายุในครรภ์ 31 และ 32 สัปดาห์ จะมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 92 และ 95 ตามลำดับ (Moore, 1981)

4. ทารกเกิดก่อนกำหนดที่คลอดเมื่อมีอายุในครรภ์อยู่ในช่วง 36 สัปดาห์ ถึง 37 สัปดาห์ ซึ่งพบได้ประมาณร้อยละ 16 ลักษณะของทารกเหล่านี้จะคล้ายคลึงกับทารกแรกเกิดครบกำหนด จึงต้องการการดูแลและความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อย มีโอกาสรอดชีวิตสูงกว่ากลุ่มอื่น คือประมาณร้อยละ 98 (Moore, 1981)

อายุในครรภ์ของทารกเกิดก่อนกำหนดทั้ง 4 กลุ่มนี้ สามารถประเมินได้หลายวิธี ได้แก่ การคำนวณจากวันแรกของการมีประจำเดือนครั้งสุดท้ายของมารดา การประเมินโดยใช้ลักษณะภายนอกและการตรวจระบบประสาทของทารก และการตรวจอัลตราซาวด์ การประเมินโดยใช้

ประวัติประจำเดือนของมารดาอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ถ้ามารดาบอกประวัติประจำเดือนไม่ถูกต้อง และในกรณีที่มีประจำเดือนไม่สม่ำเสมอ สำหรับการประเมินอายุในครรภ์โดยใช้อัลตราซาวด์ซึ่งเป็นการตรวจหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุทารกในครรภ์และขนาดของทารกในครรภ์ ผลที่ได้จะแน่นอนกว่าการประเมินจากประวัติประจำเดือน เช่น เมื่ออายุทารกในครรภ์น้อยกว่า 12 สัปดาห์ 12 - 18 สัปดาห์ และ 18 - 28 สัปดาห์ ตรวจหาอายุในครรภ์โดยใช้วิธีอัลตราซาวด์พบว่ามีความถูกต้อง ± 5, ± 7 และ ± 12 วัน ตามลำดับ เป็นต้น (Dodd, 1996) ในประเทศอังกฤษและอีกหลายประเทศในทวีปยุโรป จะกำหนดให้มีการตรวจอัลตราซาวด์ในหญิงมีครรภ์อย่างน้อย 1 ครั้ง ในช่วงที่มาฝากครรภ์ตามปกติ (Manning, 1989)

นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการแบ่งทารกเกิดก่อนกำหนด ทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 2,500 กรัม คือทารกแรกเกิดก่อนกำหนด โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (Morris, 1994; Pilliteri, 1995)

1. ทารกเกิดก่อนกำหนด น้ำหนักตัวน้อยมาก ๆ (extremely-very-low-birth-weigth infants : EVLBW) มีน้ำหนักแรกเกิดอยู่ระหว่าง 500 กรัมถึง 1,000 กรัม

2. ทารกเกิดก่อนกำหนด น้ำหนักตัวน้อยมาก (very-low-birth-weight-infants : VLBW) ทารกเหล่านี้มีน้ำหนักแรกเกิดอยู่ระหว่าง 1,000 กรัมถึง 1,500 กรัม

3. ทารกเกิดก่อนกำหนด น้ำหนักตัวน้อย (low-birth-weight : LBW) ทารกเหล่านี้มีน้ำหนักตัวระหว่าง 1,500 กรัม ถึง 2,500 กรัม

ทารกเกิดก่อนกำหนดเหล่านี้ จำเป็นต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด เพื่อให้ทารกมีโอกาสรอดชีวิตมากขึ้นและไม่มีโรคแทรกซ้อนทางระบบประสาทตามมาภายหลัง

ทารกเกิดก่อนกำหนดจะมีปัญหาสุขภาพหลายประการที่จำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลืออย่างรวดเร็ว แต่ก่อนให้การช่วยเหลือจะต้องมีการประเมินการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมของทารก ซึ่งประเมินโดยใช้ค่าคะแนนแอพการ์ (Apgar score) (Fanaroff, Martin, & Miller, 1989) ที่คิดขึ้นโดยเวอร์จิเนีย แอพการ์ (Virginia Apgar) ด้วยการนำเอาลักษณะอาการต่าง ๆ ของทารกแรกเกิดมาใช้ในการประเมินสภาวะการขาดออกซิเจนในทารกแรกเกิดได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ การหายใจ สีผิว ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และการตอบสนองแบบรีเฟลกซ์ (ประพุทธ ศิริปุณย์, อุรพล บุญประกอบ, 2536; Fanaroff, Martin, & Millery, 1989; Riemann & Coughlin, 1996) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3
แสดงลักษณะอาการของทารกแรกเกิดที่ใช้ประเมินค่าคะแนนแอพการ์

ลักษณะอาการของทารก	คะแนน		
	0	1	2
อัตราการเต้นของหัวใจ	ไม่มี	น้อยกว่า 100 ครั้ง/นาที	มากกว่า 100 ครั้ง/นาที
การหายใจ	ไม่หายใจ	ช้า, ไม่สม่ำเสมอ	ร้องดี
สีผิว	ตัวเขียว, ซีด	เขียวตามปลายมือและเท้า	สีชมพู
ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ	อ่อนปวกเปียก	เคลื่อนไหวที่แขนขาเล็กน้อย	เคลื่อนไหวดี
การตอบสนองแบบรีเฟลกซ์	ไม่ตอบสนอง	หน้าเบะ (grimace)	ร้องเสียงดัง เคลื่อนไหวดี

แหล่งที่มา. จาก High-risk problems in the neonate (p.1151): by. Fanaroff, Martin, & Millery. In. Creasy & Resnik (Eds.). **Maternal-fetal medicine**. Principle and practice, 1989, Philadelphia: W. B. Saunders Company.

การประเมินคะแนนแอพการ์นั้นจะให้คะแนนตั้งแต่ 0, 1 และ 2 ในแต่ละลักษณะ คะแนนรวมสูงสุดจึงเท่ากับ 10 (Riemann & Coughlin, 1996) โดยจะประเมินหลังเกิด 1 นาที เพื่อหาข้อบ่งชี้ว่าจะแก้ไขทารกอย่างไร และประเมินเมื่อ 5 นาทีเพื่อประเมินผลของการแก้ไข แต่ถ้ายังไม่ดีขึ้นก็ควรประเมินเมื่อครบ 10 และ 15 นาที (ประพุทธ ศิริปุณย์ และอุรพล บุญประกอบ, 2536; Fanaroff, Martin, & Miller, 1989) การประเมินคะแนนแอพการ์เมื่อครบ 10 นาที กระทำเมื่อคะแนนแอพการ์ที่ 1 นาทีน้อยกว่า 7 ถ้าคะแนนแอพการ์ที่ 5 นาทีน้อยกว่า 7 ให้ประเมินซ้ำทุก 5 นาที จนครบ 20 นาที หรือจนกระทั่งคะแนนแอพการ์มากกว่า 7 จึงหยุดประเมิน (American Academy of Pediatrics & American college of Obstetricians and Gynecologist, 1992 cited in Riemann & Coughlin, 1996)

การแปลความหมายค่าคะแนนแอพการ์ในการประเมินภาวะการขาดออกซิเจนในทารกแรกเกิด (Fanaroff, Martin, & Miller, 1989) มีดังนี้

1. คะแนนรวมเมื่อเวลา 1 นาที ได้ 7 - 10 หมายถึง ทารกแรกเกิดอาการคงที่ ไม่มีภาวะขาดออกซิเจน

2. คะแนนรวมเมื่อเวลา 1 นาที ได้ 4 - 6 หมายถึง ทารกแรกเกิดขาดออกซิเจนปานกลาง

3. คะแนนรวมเมื่อเวลา 1 และ 5 นาที ได้ 0 - 3 หมายถึง ทารกแรกเกิดขาดออกซิเจนอย่างรุนแรง

ทารกเกิดก่อนกำหนดมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายยังไม่เต็มที่ ทำให้การทำหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ยังไม่สมบูรณ์ จึงเกิดปัญหาสุขภาพมากมายภายหลังคลอด โดยเฉพาะปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งคือภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ซึ่งทารกเกิดก่อนกำหนดต้องมีการปรับตัวเพื่อควบคุมอุณหภูมิกายให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

การควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเกิดก่อนกำหนด

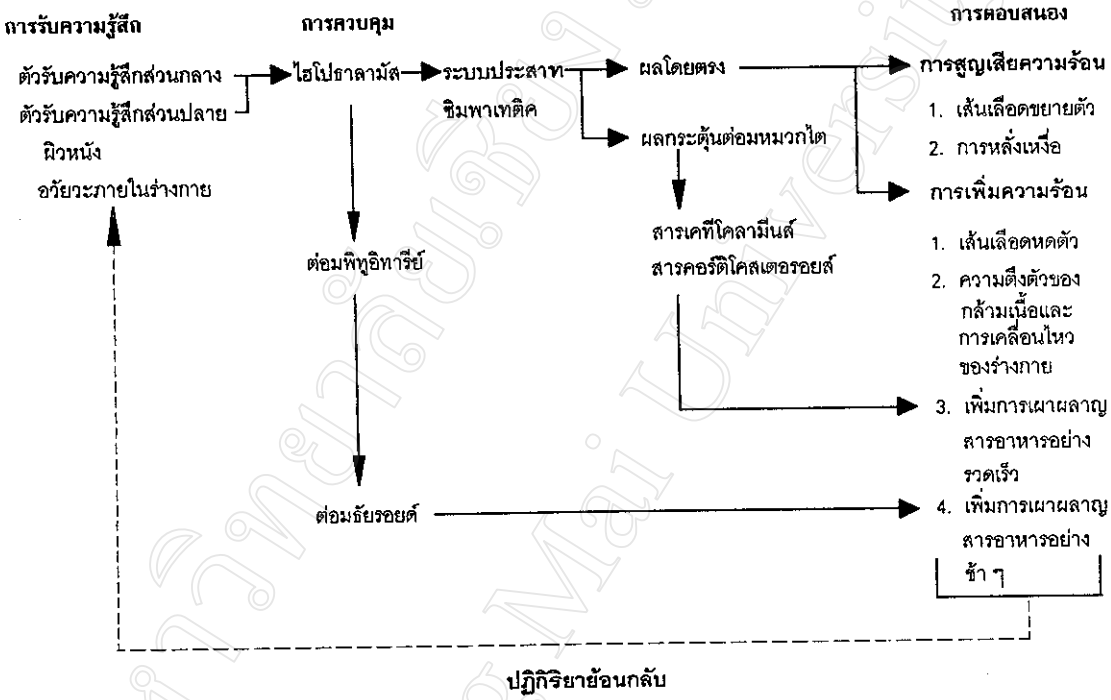
ระบบการควบคุมอุณหภูมิกายของทารกเกิดก่อนกำหนดยังทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำหน้าที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิกายในทารกถูกควบคุมโดยสมองส่วนไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) รับความรู้สึกของอุณหภูมิมาจากผิวหนังของร่างกายเป็นส่วนใหญ่ (Thomas, 1994) และมีกลไกการควบคุมอุณหภูมิกายดังนี้ (Baumgart, 1991; Hey & Scopes, 1987)

1. ตัวรับความรู้สึก (afferents หรือ affector arc) รับความรู้สึกจากสิ่งแวดล้อมที่เย็นจาก 2 ส่วนของร่างกาย คือ ผิวหนังและสมองส่วนไฮโปธาลามัส ซึ่งการรับความรู้สึกเย็นในทารกเกิดก่อนกำหนดจะเกิดที่ผิวหนังเป็นอันดับแรกเนื่องจากไวต่อการรับความรู้สึกเย็น โดยเฉพาะบริเวณใบหน้าจะเป็นตัวรับความรู้สึกเย็นที่สำคัญที่สุด เพราะมีเส้นประสาทคู่ที่ 5 (trigerminal nerve) มาเลี้ยง ส่วนตัวรับความรู้สึกเย็นในไฮโปธาลามัสจะเริ่มทำหน้าที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในร่างกายส่วนลึก (deep body temperature) เท่านั้น เพราะตัวรับความรู้สึกเย็นในสมองส่วนไฮโปธาลามัสจะไม่ไวต่อการรับความรู้สึกเย็นเท่ากับตัวรับความรู้สึกเย็นที่บริเวณผิวหนัง

2. ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายส่วนกลาง (central regulation) จะอยู่ในสมองส่วนไฮโปธาลามัส ทารกที่ไม่มีสมอง (anencephalic infant) จึงไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิกายให้คงที่ได้ ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายส่วนนี้จะทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ที่จุดหนึ่งเรียกว่าจุดกำหนด (set-point) ทารกเกิดก่อนกำหนดจะควบคุมอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (body core temperature) ประมาณ 37.5 องศาเซลเซียส โดยอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยตามสิ่งแวดล้อม แต่ถ้าอุณหภูมิกายมีการเปลี่ยนแปลงเกินกว่า ± 0.5 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิกายที่ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งไว้ ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายส่วนกลางก็จะสั่งการไปยังอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับกลไกการปรับอุณหภูมิของร่างกายให้มีการแก้ไขและปรับอุณหภูมิให้กลับสู่อุณหภูมิกายตามที่ตั้งไว้ ทำให้อุณหภูมิกายอยู่ในระดับปกติ แต่ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเกิดก่อนกำหนดส่วนนี้ทำหน้าที่ไม่ดี เนื่องจากทารกเหล่านี้มักจะมีภาวะขาดออกซิเจนตั้งแต่แรกเกิดอย่างรุนแรง และความผิดปกติอื่น ๆ ของระบบประสาทส่วนกลาง เช่น มีเลือดออกในสมอง การเจริญเติบโตของสมองผิดปกติ และความบอบช้ำของสมอง เป็นต้น

3. ตัวตอบสนองความรู้สึก (efferents หรือ effector arc) การตอบสนองความรู้สึกที่เย็นของทารกเกิดก่อนกำหนดจะถูกนำไปโดยระบบประสาทซิมพาเทติค (sympathetic nervous system) โดยทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดแดงในชั้นใต้ผิวหนัง ทำให้การไหลของเลือดที่อุ่นจากแกนกลางของร่างกายไปยังเส้นเลือดส่วนปลายที่ผิวหนังลดลง ทำให้ไขมันใต้ผิวหนังทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อนจากภายในร่างกายไปสู่ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะจะไม่มีการนำความร้อนผ่านไขมันใต้ผิวหนังออกไปสู่ผิวหนังได้ ทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนน้อยลง นอกจากนี้ยังทำให้มีการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาล เพื่อสร้างความร้อนโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี (chemical thermogenesis หรือ nonshivering thermogenesis) ซึ่งไขมันสีน้ำตาลจะมีอยู่มากบริเวณกล้ามเนื้อและเส้นเลือดที่อยู่รอบคอ รักแร้ ช่องว่างของทรวงอก กระดูกสะบัก ไต และต่อมหมวกไต (Bliss - Holtz, 1993) แต่ในทารกเกิดก่อนกำหนดจะมีไขมันสีน้ำตาลน้อยจึงทำให้สร้างความร้อนได้น้อย สุดท้ายคือทำให้เกิดการควบคุมความตึงตัวของกล้ามเนื้อลาย ท่าทางของทารก และกิจกรรมการเคลื่อนไหวเพื่อผลิตความร้อนในกล้ามเนื้อของกระดูกโดยการสลายกลัยโคเจน (glycogenolysis) ให้เป็นกลูโคสและนำไปใช้ในการผลิตความร้อนให้แก่ร่างกาย ส่วนกลไกการควบคุมโดยต่อมเหงื่อในทารกแรกเกิดยังไม่สมบูรณ์ การทำหน้าที่ในการระบายความร้อนไม่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในทารกเกิดก่อนกำหนดที่อายุครรภ์น้อยกว่า 30 สัปดาห์ ต่อมเหงื่อ

ยังไม่พัฒนา ทำให้ไม่สามารถใช้กลไกของต่อมเหงื่อในการควบคุมอุณหภูมิกายได้ (Blackburn & Loper, 1992; Brueggemeyer, 1993) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 การควบคุมอุณหภูมิภายในทารกแรกเกิด

แหล่งที่มา. จาก Thermoregulation in neonates. by Thomas, K., 1994 Neonatal Network, **13** (2), p. 15.

ทารกเกิดก่อนกำหนดจะเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ถ้าหากทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนออกจากผิวกายมากกว่าการผลิตความร้อน ซึ่งเกิดขึ้นได้เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ทารกเกิดก่อนกำหนดมีพื้นที่ผิวกายมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว โดยในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม จะมีพื้นที่ผิวกายเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวเท่ากับ 250 ตารางเซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก 1,500 กรัม และ 500 กรัม ซึ่งจะมีพื้นที่ผิวกายเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวเท่ากับ 870 และ 1,400 ตารางเซนติเมตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบว่า

ทารกเกิดก่อนกำหนดน้ำหนักตัวน้อย จะมีพื้นที่ผิวกายเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวมากกว่าผู้ใหญ่ จึงทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายได้มากกว่าผู้ใหญ่ 5 - 6 เท่า (Baumgart, 1991; Korones, 1976)

2. ทารกเกิดก่อนกำหนดมักจะนอนท่าเหยียดลำตัว แขน และขาตลอดเวลา ซึ่งมีผลทำให้การสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายได้มาก เนื่องจากการนอนท่านี้ทำให้มีพื้นที่ผิวกายสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมาก จึงเกิดการสูญเสียความร้อนได้มาก (Swyer, 1987) อายุของทารกในครรภ์จะมีอิทธิพลต่อการนอนงอตัว โดยถ้าอายุในครรภ์น้อยกว่า 28 สัปดาห์ ทารกจะมีกล้ามเนื้ออ่อนแรงและนอนเหยียดตลอดเวลา ทารกจะเริ่มงอตัว แขน และขา ได้ภายหลังอายุในครรภ์ได้ 28 สัปดาห์โดยทารกจะนอนงอตัว แขน และขา ได้มากขึ้น (Ladewig, London, & Olds, 1986)

3. ทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีอายุในครรภ์น้อยกว่า 32 สัปดาห์ ยังไม่มีไขมันใต้ผิวหนัง (Moore, 1981) ในการทำหน้าที่เป็นฉนวนในการป้องกันการสูญเสียความร้อนจากภายในร่างกายไปสู่ผิวหนัง ถ้าไม่มีหรือมีน้อยจะทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนออกจากแกนกลางของร่างกายได้ง่าย โดยสูญเสียออกไปทางระบบไหลเวียนเลือด ซึ่งเส้นเลือดของทารกเกิดก่อนกำหนดจะเห็นได้ชัดที่ผิวหนัง และสัมผัสสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยตรงโดยไม่มีไขมันใต้ผิวหนังปกคลุม ทำให้เส้นโลหิตนำความร้อนจากแกนกลางของร่างกายมายังผิวหนังได้มากขึ้น ดังนั้นทารกเกิดก่อนกำหนดจึงสูญเสียความร้อนได้ง่าย (Ladewig, London, & Olds, 1986)

4. ทารกเกิดก่อนกำหนดมีผิวหนังบางและขาดสารเคลือบผิวเคอราติน (keratinized epidermal) ซึ่งสารเคลือบผิวนี้ทำหน้าที่ขัดขวางการซึมผ่านของน้ำทางผิวหนังทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายโดยการระเหยของน้ำทางผิวหนังได้ (Thomas, 1994) ถ้าทารกมีน้ำหนักน้อยกว่า 1,000 กรัม จะสูญเสียความร้อนทางการระเหยของน้ำทางผิวหนังมากกว่าผู้ใหญ่ 8 - 10 เท่า จากการที่ผิวหนังขาดสารเคลือบผิวเคอราติน (Baumgart, 1991) ทั้งนี้ทารกเกิดก่อนกำหนดจะมีการสร้างสารเคลือบผิวเคอราตินเพิ่มขึ้นภายหลังอายุได้ 3 - 4 สัปดาห์หลังคลอด (Thomas, 1994)

5. ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมองทารกเกิดก่อนกำหนดมีการเจริญเติบโตยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ เมื่อร่างกายทารกเกิดก่อนกำหนดสัมผัสกับความเย็น ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิจึงไม่สามารถควบคุมให้มีอุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นได้ (Swyer, 1987; Thompson, 1995) และทารกเกิดก่อนกำหนดต้องเผชิญกับปัญหาสุขภาพหลายประการ มีการใช้ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติเพื่อปรับภาวะสมดุลของร่างกาย (Blake & Murray, 1993) ทำให้เนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอโดยเฉพาะเนื้อเยื่อของสมอง ทำให้ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดไม่มีประสิทธิภาพ จึงไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิกายให้อยู่ในระดับปกติได้ (Gorrie, McKinney, & Murray, 1994)

6. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ทารกขณะที่อยู่ในครรภ์มารดา จะมีน้ำคร่ำช่วยทำให้อุณหภูมิกายของทารกคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งทารกในครรภ์มีอุณหภูมิกายเฉลี่ยประมาณ 37.9 องศาเซลเซียส (Thomas, 1994) เมื่อแรกเกิดทารกต้องเผชิญกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเย็นกว่าอุณหภูมิกายของทารกแรกเกิดประมาณ 12 องศาเซลเซียส (Swyer, 1987) ทารกเกิดก่อนกำหนดจะสูญเสียความร้อนจากร่างกายไปยังสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการนำ การพา และการแผ่รังสีได้มากขึ้นจากความแตกต่างกันมากของอุณหภูมิกายเมื่อแรกเกิดและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และจากการที่ทารกเกิดก่อนกำหนดส่วนใหญ่จะมีปัญหาสุขภาพภายหลังคลอดหลายประการ ซึ่งต้องได้รับความช่วยเหลือด้วยการทำหัตถการหลายประการ เช่น การใช้เครื่องช่วยหายใจ การให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ การเจาะเลือดส่งตรวจ และการช่วยฟื้นคืนชีพ เป็นต้น การทำหัตถการต่าง ๆ เหล่านี้ต้องมีการเปิดเผยร่างกายทารกเกิดก่อนกำหนดสู่สิ่งแวดล้อมในหออภิบาลทารกแรก ซึ่งมีอุณหภูมิห้องต่ำกว่าอุณหภูมิกายของทารกเกิดก่อนกำหนดมาก โดยที่หออภิบาลทารกแรกเกิดส่วนใหญ่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิห้องเย็นกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมทั่วไป ทารกเกิดก่อนกำหนดจะสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากเนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกายและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมาก ประกอบกับมีการเปิดเผยร่างกายทารกเกิดก่อนกำหนดในการทำหัตถการต่าง ๆ ภายในเวลา 5 นาที อุณหภูมิของร่างกายก็จะลดลงทันที (Washington, 1978) และสำหรับทารกเกิดก่อนกำหนดที่คลอดในสถานบริการพยาบาลที่ไม่มีอุปกรณ์ในการรักษาที่เหมาะสม จำเป็นต้องส่งต่อมารับการรักษาในสถานบริการพยาบาลที่มีความพร้อมมากกว่า ทารกก็จะมีการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากขึ้นในระหว่างการเดินทาง ทำให้ทารกเหล่านี้มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้มากขึ้น

นอกจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว ความชื้นสัมพัทธ์ก็มีผลต่อการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายทารกเกิดก่อนกำหนดอีกด้วยกล่าวคือในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีการสูญเสียเสียความร้อนโดยการระเหยน้อยกว่าในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (Hey & Scopes, 1987) ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับทารกแรกเกิดอยู่

ในช่วง 50 - 80 เปอร์เซนต์ (Swyer, 1987) สำหรับทารกเกิดก่อนกำหนด ระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมที่ทำให้ทารกเหล่านี้สูญเสียความร้อนจากการระเหยน้อยที่สุดคืออยู่ในช่วง 40 - 60 เปอร์เซนต์ (Brueggemeyer, 1993)

จากปัจจัยดังกล่าวมีผลทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนจากภายในร่างกายไปยังผิวหนัง และยังมีการสูญเสียความร้อนจากผิวหนังไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกได้ง่าย ซึ่งการสูญเสียความร้อนจากผิวหนังไปสู่สิ่งแวดล้อมในทารกเกิดก่อนกำหนดมี 4 ทาง (Baumgart, 1991) ดังนี้

1. การพาความร้อน (convection) เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิรอบกายทารกเกิดก่อนกำหนดต่ำกว่าอุณหภูมิของร่างกาย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ 1) การพาตามธรรมชาติ (natural convection) ซึ่งเป็นการพาความร้อนจากผิวหนังไปสู่อากาศรอบกายโดยทั่วไป 2) การพาความร้อนโดยการมีกระแสลมพัดผ่านผิวกาย (forced convection) ปริมาณการสูญเสียความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิของผิวหนัง และความเร็วของแรงลม ทารกเกิดก่อนกำหนดส่วนใหญ่จะได้รับการดูแลในตู้อบ ถ้าหากได้รับการดูแลเป็นอย่างดีโดยการเปิดปิดตู้อบตามความจำเป็นแล้ว กระแสลมตามธรรมชาติจะพัดผ่านได้น้อยทำให้เกิดการพาความร้อนได้น้อย แต่ทารกเหล่านี้ก็ยังสูญเสียความร้อนโดยการพาในระหว่างที่ได้รับการรักษาอยู่ในตู้อบได้เมื่ออุณหภูมิภายในตู้อบต่ำกว่าอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนด (Thomas, 1994) โอคเคนและคณะ (Okken, Blijham, Franz, & Bohn, 1982) ศึกษาพบว่าทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลในตู้อบแบบธรรมดา (conventional incubator) ที่มีกระแสลมพัดผ่านอยู่ในตู้อบ จะมีการสูญเสียความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 1.65 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็น 1.8 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง การสูญเสียความร้อนโดยการพาในทารกเกิดก่อนกำหนดนี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (Thomas, 1994)

1) การที่ทารกเกิดก่อนกำหนดมีพื้นที่ผิวกายมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ถ้าพื้นที่ผิวกายมากก็จะสูญเสียความร้อนมาก

2) อัตราความเร็วและความแรงของกระแสลมที่พัดผ่านทารกเกิดก่อนกำหนด ยิ่งความเร็วของกระแสลมมากและแรงขึ้นก็จะสูญเสียความร้อนได้มาก

3) ความแตกต่างของอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดกับอุณหภูมิของอากาศรอบกาย ถ้าแตกต่างกันมากก็จะสูญเสียความร้อนมาก

4) ทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีรูปร่างผอมบางจะมีเนื้อเยื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนน้อย ทำให้สูญเสียความร้อนมากขึ้น

2. การระเหย (evaporation) เป็นการระเหยของน้ำผ่านทางผิวหนังของทารกเกิดก่อนกำหนด โดยน้ำ 1 มิลลิลิตร ที่ระเหยจากผิวกายจะสูญเสียความร้อนไป 0.58 กิโลแคลอรี่ การระเหยจะเพิ่มขึ้นเมื่อทารกตัวเล็กและมีอายุในครรภ์น้อย (Hummarlund, Stromberg, & Sedin, 1986) เช่น ในทารกเกิดก่อนกำหนดที่รูปร่างผอมบางมาก ๆ อาจจะสูญเสียความร้อนจากการระเหยมากกว่า 4 กิโลแคลอรี่ต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีอายุในครรภ์ 25-27 สัปดาห์ ถ้าหากทารกเกิดก่อนกำหนดได้รับการดูแลภายใต้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสี (radiant warmer) จะทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนจากการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นทางการหายใจและทางผิวหนัง (insensible water loss) (Jones, Rochefort, & Baum, 1976; Wu & Hodgman, 1974) ดังที่ฟานารอฟ และคณะ (Fanaroff, Wald, Gruber, & Klaus, 1972)) ศึกษาพบว่าทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า 1,250 กรัม จะสูญเสียน้ำจากการระเหยทางการหายใจและทางผิวหนัง 60 ถึง 120 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อวัน การที่ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนทางการระเหยได้มาก เกี่ยวข้องกับปัจจัยดังนี้ (Thomas, 1994)

1) ผิวหนังของทารกเกิดก่อนกำหนดขาดสารเคลือบผิวเคอราติน ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านทางผิวหนังได้มากขึ้น ทำให้เกิดการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น

2) การมีพื้นที่ผิวกายมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวทำให้มีพื้นที่ในการสูญเสียความร้อนออกทางผิวหนังจากการระเหยได้มากขึ้น โดยเฉพาะการสูญเสียความร้อนทางการระเหยจากศีรษะจะเกิดมากกว่าส่วนอื่น ๆ ถ้าหากไม่มีการป้องกัน เพราะพื้นที่ผิวกายบริเวณศีรษะมากเท่ากับร้อยละ 21 ของพื้นที่ผิวกายทั้งหมด (Reimann & Coughlin, 1996)

3) แรงดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และความชื้นสัมพัทธ์รอบกายทารก เมื่อมีการให้ความอบอุ่นแก่ทารกเกิดก่อนกำหนด แรงดันบรรยากาศรอบกายทารกจะลดลง ทำให้เกิดการระเหยของน้ำมากขึ้น แต่ถ้าเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ให้มากขึ้น จะทำให้แรงดันบรรยากาศเพิ่มขึ้น การระเหยของน้ำก็จะลดลงได้

3. การแผ่รังสี (radiation) เป็นการสูญเสียความร้อนออกจากผิวกายที่อบอุ่นของทารกเกิดก่อนกำหนดไปยังสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ กายที่มีอุณหภูมิเย็นกว่า เช่น การแผ่รังสีไปสู่ผนังเตียงนอน ผนังตู้อบ ผนังห้อง หรือสิ่งของอื่น ๆ ที่อยู่รอบกายทารก ที่มีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนด เป็นต้น การแผ่รังสีมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (Thomas, 1994)

1) การแผ่รังสีของผิวหนังทารกเกิดก่อนกำหนด ซึ่งจะมีการแผ่รังสีตลอดเวลา ถ้าหากมีการสวมเสื้อผ้าให้ทารกเกิดก่อนกำหนดจะลดการแผ่รังสีออกจากร่างกายได้เนื่องจากการสวมเสื้อผ้าเป็นการเพิ่มเครื่องป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสี

2) ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนด และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ กาย ถ้าอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดสูงกว่าก็จะเกิดการแผ่รังสีไปยังสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่

3) พื้นที่ผิวกายของทารกเกิดก่อนกำหนด ที่เปิดเผยต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับทารกเกิดก่อนกำหนดที่นอนหงายและนอนตะแคงจะมีการแผ่รังสีร้อยละ 30 และ 17 ตามลำดับ

4) ระยะห่างระหว่างผิวกายทารกเกิดก่อนกำหนดกับผิวของสิ่งแวดล้อมรอบกาย ยิ่งใกล้กันมากก็จะสูญเสียความร้อนจากผิวกายไปยังสิ่งแวดล้อมโดยการแผ่รังสีมาก

ดังนั้นทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลรักษาในตู้อบจะมีการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีได้ เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกตู้อบเย็นกว่าภายในตู้อบ เพราะมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในหออภิบาลทารกแรกเกิด ทำให้อุณหภูมิของผนังตู้อบเย็นกว่าอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนด จึงเกิดการแผ่รังสีจากผิวกายทารกไปยังผนังตู้อบได้ (Bruck, 1968; Swyer, 1991) การสูญเสียความร้อนจะมากขึ้นจากการที่ทารกเกิดก่อนกำหนดนอนหงายและเปลือยกายอยู่ภายในตู้อบ โดยเฉพาะตู้อบชนิดผนังครอบชั้นเดียว (single wall incubator) (Lougheed, Lougheed, & Reinhart, 1997) ถ้ามีแสงอาทิตย์ส่องผ่านมายังตู้อบ ทารกเกิดก่อนกำหนดจะได้รับอันตรายจากการได้รับความร้อนมากเกินไป เพราะทารกเกิดก่อนกำหนดไม่สามารถแผ่รังสีผ่านทะลุผนังตู้อบได้ และผนังตู้อบเป็นกระจกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษยอมให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านไปยังทารกได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซนต์ ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงได้รับความร้อนมาก ทำให้ได้รับอันตรายจากความร้อนที่มากเกินไปได้

4. การนำความร้อน (conduction) เป็นการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศหรือการสัมผัสกับวัตถุที่เย็นกว่า โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (Thomas, 1994)

1) อัตราการนำความร้อนของผิวที่สัมผัส ถ้าผิวกายทารกเกิดก่อนกำหนดสัมผัสกับวัตถุที่เป็นโลหะ ซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่ดี เช่น เครื่องชั่งน้ำหนักที่ไม่ได้รองด้วยผ้าหรือกระดาษก่อนทำการชั่งน้ำหนัก หรือการใช้หูฟังในการประเมินสภาพทารกเกิดก่อนกำหนดโดยไม่ได้มีการทำให้อบอุ่นก่อนนำมาใช้ เป็นต้น จะทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนได้

มากกว่าการที่ผิวกายทารกเกิดก่อนกำหนดสัมผัสกับวัตถุที่ทำด้วยพลาสติก ไม้ หรือผ้า เนื่องจากสิ่งของเหล่านี้เป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี

2) ขนาดของพื้นที่ผิวกายทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีการสัมผัสกับวัตถุนั้น ยิ่งมีการสัมผัสที่มากก็จะทำให้สูญเสียความร้อนโดยการนำได้มาก เช่น โดยทั่วไปเมื่อทารกนอนหงายพื้นที่ผิวกายทารกที่สัมผัสกับเตียงนอน ประมาณร้อยละ 10 เป็นต้น การสูญเสียความร้อนโดยการนำก็จะเกิดบริเวณพื้นที่ผิวกายส่วนที่สัมผัสกับเตียงนอนนี้

3) ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสกัน ถ้าทารกเกิดก่อนกำหนดสัมผัสกับวัตถุที่มีอุณหภูมิอบอุ่นกว่า การสูญเสียความร้อนโดยการนำจะลดลง

ทารกเกิดก่อนกำหนดมีการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายได้หลายทางดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้สัดส่วนของการสูญเสียความร้อนโดยทางใดมากน้อยกว่ากันขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ดังในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงอัตราการสูญเสียความร้อนของทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนัก 2 กิโลกรัม อายุ 1 สัปดาห์ ที่ไม่สวมเสื้อผ้าและอยู่ในตู้อบที่มีระดับความชื้นสัมพัทธ์ปานกลาง

ตารางที่ 4

แสดงอัตราการสูญเสียความร้อนของทารกเกิดก่อนกำหนดน้ำหนัก 2 กิโลกรัม อายุ 1 สัปดาห์

การสูญเสียความร้อน	อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม		
	30° ซ	33°ซ	36° ซ
การแผ่รังสี	19(43%)	12(40%)	7(24%)
การพา	15 (37%)	9(33%)	5(19%)
การระเหย	7(16%)	7(24%)	17(56%)
การนำ	2(4%)	1(3%)	0(1%)
การสูญเสียทั้งหมด	43	29	29

แหล่งที่มา. จาก The care of babies in incubators (p.203). by Hey. E. In D. Hull & D. Gairdner (Eds.). **Recent advances in paediatrics, 1971**, London: Churchill.

เมื่อทารกเกิดก่อนกำหนดสัมผัสกับความเย็นและมีการสูญเสียความร้อนอย่างมาก ออกจากร่างกายด้วยวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดต้องปรับตัวเพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ในระดับปกติ โดยการสร้างพลังงานความร้อนให้มากขึ้น แต่ความสามารถในการสร้างความร้อนในทารกเกิดก่อนกำหนดมีจำกัดเพราะมีการสะสมกลัยโคเจนน้อย ทำให้แหล่งพลังงานที่ใช้สลายเป็นกลูโคสมีน้อย จึงไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเผาผลาญสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานความร้อน โดยปกติทารกจะมีการสะสมกลัยโคเจนให้มากเพียงพอช่วงที่อยู่ในครรภ์ในไตรมาสที่ 3 (Ladewig, London, & Olds, 1986) ดังนั้นทารกที่เกิดก่อนกำหนดจึงมีกลัยโคเจนสะสมน้อย และไขมันสีน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการสร้างความร้อนก็ยังสร้างไม่สมบูรณ์ เนื่องจากไขมันสีน้ำตาลจะเริ่มสะสมในร่างกายเมื่อมีอายุในครรภ์ 26 ถึง 30 สัปดาห์ (Gorrie, McKinney, & Murray, 1994; Shirwen, Scolovena, & Weinlarten, 1991) และจะพัฒนาต่อไปจนสมบูรณ์เมื่อมีอายุในครรภ์ 2 สัปดาห์ก่อนคลอด (Brueggemeyer, 1993) นอกจากนี้ยังพบว่าทารกเกิดก่อนกำหนดมีการหลั่งสารเนอร์เอปิเนฟริน (norepinephrin) ไม่เพียงพอต่อการสลายไขมันสีน้ำตาลเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน เนื่องจากระบบประสาทยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การทำหน้าที่จึงยังไม่สมบูรณ์ (Williams & Lancarter, 1976) ทำให้มีการสร้างพลังงานความร้อนได้น้อยกว่าการสูญเสียความร้อน ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ (Brueggemeyer, 1993)

ภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนด

ภาวะอุณหภูมิกายต่ำเป็นภาวะที่พบได้บ่อยในทารกเกิดก่อนกำหนดช่วงสัปดาห์แรกของชีวิต โดยเฉพาะเมื่อแรกรับไว้รักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิด ซึ่งเป็นช่วงที่ทารกเกิดก่อนกำหนดได้รับความหนาวเย็นจากอากาศหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกครรภ์มารดา (Engler & Rushton, 1996) ทำให้สูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากกว่าความสามารถในการผลิตความร้อน จนเป็นเหตุให้อุณหภูมิภายในร่างกาย (core temperature) ลดต่ำลงจากปกติ (จุไร อภัยจิรรัตน์, 2532; DeLapp, 1983; Washington, 1978) ซึ่งประเมินได้จากอุณหภูมิกาย โดยค่าปกติของอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดอยู่ในช่วง 36.5 - 37.5 องศาเซลเซียส (97.7 - 99.5°F) เมื่อวัดทางทวารหนักและรักแร้ หรืออยู่ในช่วง 36.0 - 36.5 องศาเซลเซียส (96.8 - 97.7°F) เมื่อวัดทางผิวหนังหน้าท้อง (เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, 2536; American Academy of Pediatrics and the American College of

Obstetrician and Gynecologist, 1983 cited in Thomas, 1994) จากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบร้อยละ 45.0 (Loughead, Loughead, & Reinhart, 1997) ในประเทศตุรกีพบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นทารกเกิดก่อนกำหนดทุกคนมีภาวะอุณหภูมิกายต่ำเมื่อแรกรับไว้รักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิด (Sarman, Can, & Tunell, 1989) สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาในทารกแรกเกิดครบกำหนด พบว่าเมื่ออายุเฉลี่ยหลังคลอด 20 นาที มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำร้อยละ 50.0 และเมื่อย้ายไปถึงห้องเด็กอ่อนพบว่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 86.0 (วีณา จีระแพทย์, 2538) แต่ยังไม่มีการศึกษาในทารกเกิดก่อนกำหนด ระดับอุณหภูมิกายของทารกเกิดก่อนกำหนดแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5
แสดงระดับของภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนด

ระดับของภาวะอุณหภูมิกายต่ำ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
ภาวะอุณหภูมิกายปกติ (normothermia)	เท่ากับหรือมากกว่า 36.5
ภาวะอุณหภูมิกายต่ำเล็กน้อย (mild hypothermia)	36.0 - 36.4
ภาวะอุณหภูมิกายต่ำปานกลาง (moderate hypothermia)	32.0 - 35.9
ภาวะอุณหภูมิกายต่ำอย่างรุนแรง (deep hypothermia)	ต่ำกว่า 32

แหล่งที่มา. จาก **Thermal control of the newborn : A Practical guide.** (p.3). by WHO., 1993, Geneva : World Health Organization.

ดังนั้นภาวะอุณหภูมิกายต่ำจึงหมายถึง ภาวะที่อุณหภูมิกายต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส เมื่อวัดทางรักแร้และทวารหนัก หรือต่ำกว่า 36.0 องศาเซลเซียส เมื่อวัดทางผิวหนังหน้าท้อง ค่าอุณหภูมิกายที่วัดทางทวารหนักเป็นค่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย โดยจะต่ำลงเมื่อทารกสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่เย็นเป็นเวลานาน ทำให้ไม่สามารถพบภาวะอุณหภูมิกายต่ำในระยะแรกได้ และการวัดอุณหภูมิทางทวารหนักยังมีภาวะเสี่ยงสูงต่อการเกิดแผลทะลุบริเวณ

ลำไส้ตรงและลำไส้ใหญ่ กระตุ้นการถ่ายอุจจาระ และอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายจะลดลงจากค่าปกติเมื่อทารกไม่สามารถผลิตความร้อนเข้ามาทดแทนการสูญเสียความร้อนทำให้วินิจฉัยภาวะอุณหภูมิกายต่ำล่าช้าได้ (Bliss-Holtz, 1991; Keeling, 1992) การวัดอุณหภูมิทางรักแร้ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีที่สุดของอุณหภูมิกายของทารก และเหมาะสมสำหรับการใช้วัดอุณหภูมิภายในทารกเกิดก่อนกำหนด (Whaley & Wong, 1991; WHO, 1993) เนื่องจากเป็นการวัดอุณหภูมิภายนอกซึ่งอุณหภูมิที่ผิวหนังจะมีการเปลี่ยนแปลงง่ายตามสิ่งแวดล้อมและค่าอุณหภูมิที่วัดทางรักแร้ใช้แทนการวัดอุณหภูมิทางทวารหนักในทารกเกิดก่อนกำหนดได้ (Keeling, 1992; Torrance, 1968) เพราะการวัดอุณหภูมิทางรักแร้ในทารกแรกเกิดก่อนกำหนด ค่าที่วัดได้จะไม่สูงกว่าค่าอุณหภูมิกายที่เป็นจริงจากการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาลที่รักแร้ เนื่องจากไขมันสีน้ำตาลจะเริ่มสะสมเมื่อทารกมีอายุในครรภ์ 26-30 สัปดาห์ และจะมีเพียงพอในการผลิตความร้อนเมื่อมีอายุในครรภ์มากกว่า 36 สัปดาห์ขึ้นไป ดังนั้นในทารกเกิดก่อนกำหนดจะยังไม่มีไขมันสีน้ำตาลในจำนวนที่เพียงพอที่จะเพิ่มความร้อนบริเวณรักแร้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่าอุณหภูมิที่วัดสูงกว่าค่าอุณหภูมิกายที่เป็นจริงได้ ถ้าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าอุณหภูมิทางรักแร้จะได้รับผลกระทบจากการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาล แต่ถ้าค่าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายต่ำกว่าปกติคือเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ทางรักแร้จะไม่สูงกว่าค่าอุณหภูมิกายที่เป็นจริงจากการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาล (Bliss-Holtz, 1992; Ziegler, O' Domell, Nelson, & Foman, 1976) สำหรับการประเมินอุณหภูมิกายในทารกแรกเกิดก่อนกำหนดที่มีระดับอุณหภูมิกายต่ำ และต้องได้รับการดูแลให้ความอบอุ่นนั้นควรได้รับการประเมินอุณหภูมิกายทางรักแร้อย่างน้อยทุก 30 นาที (WHO, 1993)

ผลของภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนด

เมื่อเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ทารกเกิดก่อนกำหนดจะมีการปรับตัวโดยการสร้างพลังงานความร้อนขึ้นเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิกายให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ การสั่นของกล้ามเนื้อ (shivering thermogenesis) และปฏิกิริยาเคมี (chemical thermogenesis หรือ nonshivering thermogenesis) แต่ในทารกเกิดก่อนกำหนดไม่สามารถใช้วิธีการสั่นของกล้ามเนื้อในการสร้างความร้อนได้ เนื่องจากอวัยวะของร่างกายทำหน้าที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องอาศัยปฏิกิริยาเคมีจากการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาลในการสร้างความร้อน โดยเมื่ออุณหภูมิกายลดต่ำ

ลงจากปกติ ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายที่สมองจะกระตุ้นให้มีการหลั่งสารนอร์เอปิเนฟริน ทำให้เกิดการทำงานของไลเปส เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเซลล์ไขมันสีน้ำตาล โดยไทรกลีเซอไรด์ (triglycerides) จะถูกสลายเป็นกลีเซอรอล (glycerol) และ nonsterified fatty acid (NEFA) ซึ่ง NEFA อาจถูกเผาผลาญได้เป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ หรือถูกสร้างเป็นไทรกลีเซอไรด์ใหม่ โดยใช้กลูโคสที่อยู่นอกเซลล์ การที่ NEFA ถูกเผาผลาญและการสร้างไทรกลีเซอไรด์ใหม่จะทำให้เกิดความร้อนในร่างกายจำนวนมาก (เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, 2536; Brueggemeyer, 1993; Hey & Scopes, 1987) ถ้าอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดต่ำเป็นเวลานาน อัตราการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาลก็เพิ่มขึ้นจนไขมันสีน้ำตาลที่มีปริมาณน้อยในร่างกายหมดไป ร่างกายต้องนำพลังงานจากกลัยโคเจนที่สะสมไว้มาใช้และจะหมดไปอย่างรวดเร็ว ประกอบกับทารกเกิดก่อนกำหนดยังมีภาวะขาดสารอาหารจากการรับอาหารไม่ได้ในช่วงแรกของชีวิต ทำให้ทารกเกิดภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดต่ำได้ (Brueggemeyer, 1993; Hey & Scopes, 1987; Korones, 1976)

นอกจากนี้การเผาผลาญไขมันสีน้ำตาลจะต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากในการสร้างพลังงานความร้อน โดยถ้าอุณหภูมิกายลดต่ำลงถึง 35 องศาเซลเซียส ร่างกายจะต้องใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของภาวะปกติ และถ้าอุณหภูมิกายลดต่ำลงอยู่ที่ 33.4 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า เพื่อสร้างพลังงานความร้อน (Nalepka, 1976) ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดลงมากกว่า 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส ทารกจะใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 25-33 เพื่อให้ได้พลังงานความร้อนที่เพียงพอต่อร่างกาย (Bell, Gray, Weinstein, & Oh, 1980) แต่ทารกเกิดก่อนกำหนดมักจะมีภาวะเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน เพราะระบบหายใจยังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ ซึ่งศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมองส่วนไฮโปธาลามัสจะไม่มีประสิทธิภาพถ้าความดันออกซิเจนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 มิลลิเมตรปรอท (Korones, 1976) ทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ร่างกายก็ต้องใช้ออกซิเจนในปริมาณมาก เนื้อเยื่อของร่างกายก็จะขาดออกซิเจนเพิ่มขึ้น และปริมาณเลือดที่มาเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมีน้อยเนื่องจากการหลั่งสารนอร์เอปิเนฟรินออกมาเพื่อใช้ในการเผาผลาญไขมันสีน้ำตาล มีผลทำให้เส้นเลือดส่วนปลายหดตัว (peripheral vasoconstriction) ส่งเสริมให้เนื้อเยื่อขาดออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเกิดการเผาผลาญโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) เพื่อให้ได้พลังงานความร้อนออกมาทำให้เกิดภาวะกรดจากการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน (metabolic acidosis) ภาวะกรดในร่างกายนี้จะมีผลยับยั้งการสร้างสารลดแรงตึงผิวในปอด ทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดเกิดภาวะหายใจลำบากอย่างรุนแรง (severe ideopathic respiratory distress syndrome) นอกจากนี้

นอร์เอปิเนฟรินยังมีผลทำให้หลอดเลือดที่ปอด (pulmonary antery) หดตัวทำให้ความดันในหัวใจห้องขวาเพิ่มขึ้นปริมาณเลือดเข้าสู่หัวใจห้องซ้ายลดลง เกิดเลือดไหลลัดวงจรผ่านฟอราเมน โอวาเล (foramen ovale) และเส้นเลือดดัคทัส อาร์เทอริโอซัส (ductus arteriosus) เลือดที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยถูกส่งไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายขาดออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นอีก (เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, 2536; จุไร อภัยจิรรัตน์, 2532; Brueggemeyer, 1993; Gorrie, McKinney, & Murray, 1994; Loughead, Loughead, & Reinhart, 1997; Swyer, 1987; Tiller, 1993) เป็นอันตรายถึงชีวิตได้ และการเพิ่มอัตราการเผาผลาญสารอาหารเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ทารกเกิดก่อนกำหนดจะต้องใช้พลังงานมาก โดยเฉลี่ยร้อยละ 42 ของจำนวนพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในร่างกาย ซึ่งมากกว่าจำนวนพลังงานที่ใช้ในการสร้างส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในร่างกาย (Thomas, 1994) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6
แสดงการใช้พลังงานในทารกเกิดก่อนกำหนด

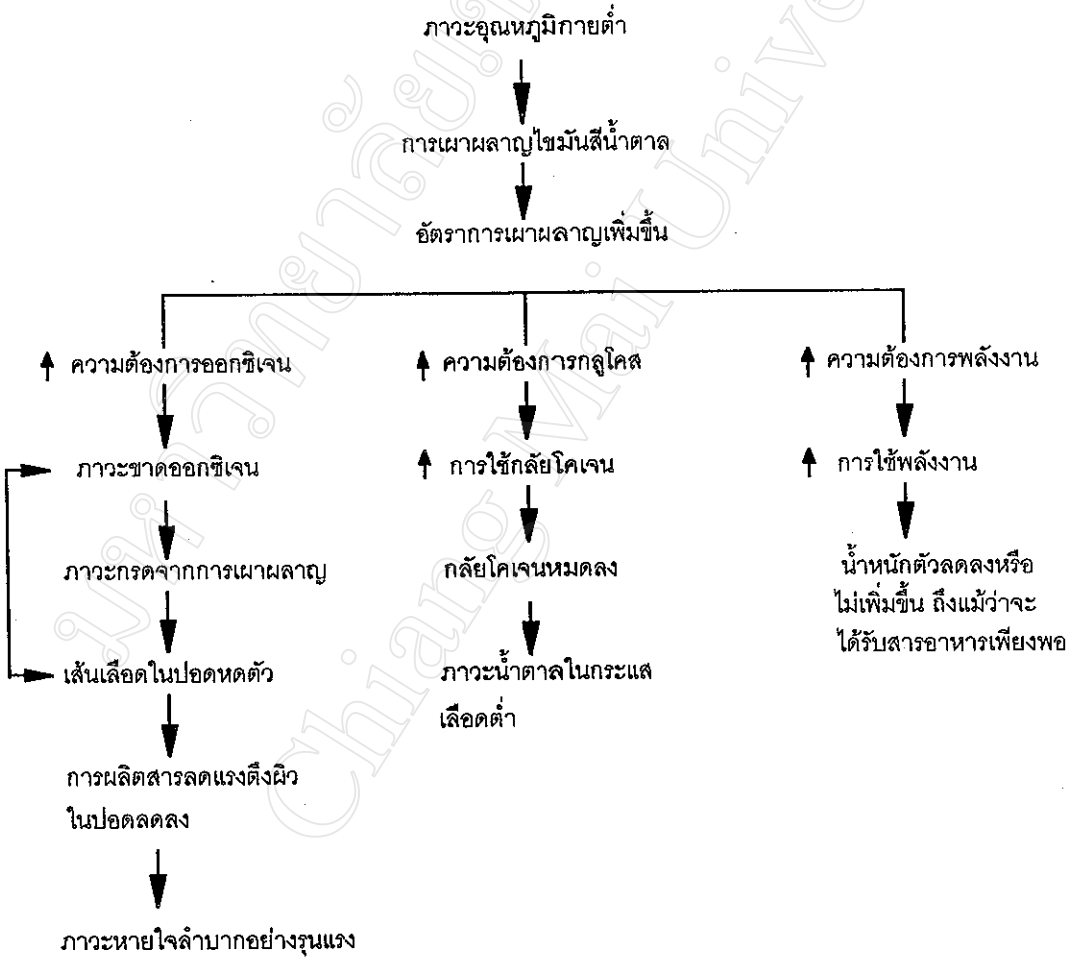
หน้าที่ของร่างกาย	อัตราการใช้พลังงาน (เปอร์เซนต์)
การคงสภาพและการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย	42
การสร้างส่วนประกอบในเนื้อเยื่อของร่างกายใหม่	38
การสูญเสียทางอุจจาระและปัสสาวะ	10
กิจกรรมการเคลื่อนไหว	6
การสังเคราะห์เนื้อเยื่อของร่างกาย	4

แหล่งที่มา. จาก Thermoregulation in neonates. by Thomas, K., 1994, **Neonatal Network, 13** (2), p.16

ดังนั้นถ้าทารกเกิดก่อนกำหนดมีภาวะอุณหภูมิกายต่ำ จะต้องการพลังงานมากในการควบคุมอุณหภูมิกาย มีผลทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดมีการเจริญเติบโตล่าช้าได้ ซึ่งกลาสและคณะ (Glass, Silverman, & Sinclair, 1968) ศึกษาพบว่าทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีการเจริญเติบโตช้ากว่ากลุ่มที่ได้รับการดูแลในสิ่งแวดล้อมที่มี

อุณหภูมิสูงในช่วง 1 - 3 สัปดาห์แรกของชีวิต เนื่องจากทารกเกิดก่อนกำหนดกลุ่มนี้ต้องใช้พลังงานในการสร้างความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิกายให้เหมาะสม ซึ่งแสดงว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเกิดน้ำหนักตัวลดภายหลังเกิด และการเจริญเติบโตของทารกแรกเกิดด้วย (Dodman, 1987; Sinclair, 1976)

การตอบสนองต่อภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกเกิดก่อนกำหนดจะเกิดผลเสียมากมายดังที่กล่าวมา ซึ่งสรุปได้ดังแผนภูมิที่ 2



แผนภูมิที่ 2 ผลของภาวะอุณหภูมิกายต่ำในทารกแรกเกิด

แหล่งที่มา. จาก **Perinatal nursing** (p.298). by Miklos, A.B. & Creehan, P.A. In. Simpson, K. R., & Creehan, P. A., 1996, Philadelphia: Lippincott Raven.

จากผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวถ้าหากไม่ได้รับการแก้ไขจะมีผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายดังนี้ (Brake & Murray, 1993; Brink, 1990; Engler & Rushton, 1996)

1. ระบบหัวใจและหลอดเลือด เนื่องจากมีการหลั่งสารนอร์เอปิเนฟรินในระยะแรก ทำให้หัวใจเต้นเร็วเป็นครั้งคราว ถ้าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายน้อยกว่า 34 องศาเซลเซียส จะทำให้หัวใจห้องบนเต้นผิดจังหวะ (atrial fribillation) การเต้นของหัวใจจะดีขึ้นเมื่อทารกเกิดก่อนกำหนดได้รับการให้ความอบอุ่นที่เหมาะสม ทำให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มขึ้น

2. ผลต่อระบบการทำงานของไต ในภาวะอุณหภูมิกายปกติไตจะเป็นอวัยวะที่ใช้ปริมาณออกซิเจนมากที่สุด เมื่อเกิดภาวะอุณหภูมิต่ำระดับออกซิเจนในร่างกายลดลง ไตจะได้รับความกระทบกระเทือนเป็นอวัยวะแรก มีปัสสาวะออกมาก ถึงแม้ว่าร่างกายจะมีการขาดน้ำ ความดันโลหิตต่ำหรือความเข้มข้นในเลือดสูง เพราะเกิดความผิดปกติในการดูดกลับของน้ำและโซเดียมที่ท่อไต

3. ผลต่อระบบการไหลเวียนของเลือด เมื่อหัวใจทำงานผิดปกติทำให้ระบบการไหลเวียนของเลือดล้มเหลวอย่างรุนแรง การช่วยฟื้นคืนชีพจะไม่ได้ผลถ้าหากทารกเกิดก่อนกำหนดมีภาวะอุณหภูมิกายต่ำอย่างรุนแรง ต้องมีการให้ความอบอุ่นตลอดเวลาที่ช่วยฟื้นคืนชีพ แต่ในระหว่างที่ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายจะมีภาวะความดันโลหิตต่ำจากเส้นเลือดส่วนปลายขยาย

4. ผลต่อระบบประสาท จะมีความผิดปกติตามระดับของภาวะอุณหภูมิกายต่ำโดยถ้ามีภาวะอุณหภูมิกายต่ำเล็กน้อยถึงปานกลางจะทำให้มีอาการสับสนและมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลง ถ้าหากอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายลดต่ำลงไปอีก จะมีอาการง่วงซึมและหมดสติได้ ถ้าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส จะไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้น มีอาการเกร็งเหยียด รูม่านตาขยาย

5. ผลต่อระบบหายใจ ร่างกายจะมีอัตราการเผาผลาญสูงทำให้ต้องการใช้ออกซิเจนเพิ่มเติม ทำให้ระดับออกซิเจนในเลือดต่ำลงและนอร์เอปิเนฟรินทำให้เส้นเลือดหดตัว การแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดลดลง ทำให้มีการหายใจหอบลึกในช่วงแรก แต่ต่อมาการหายใจจะตื้น อัตราการหายใจจะช้าลง จนอาจหยุดหายใจได้เนื่องจากภาวะขาดออกซิเจนอย่างรุนแรง ศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองถูกกดจากภาวะสมองขาดออกซิเจน

6. ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันโรค ในตับและม้ามจะได้ความกระทบกระเทือนจากภาวะการขาดออกซิเจน ทำให้เกิดภาวะภูมิต้านทานต่ำ ระดับนิวโทรฟิลลดลง ถึงแม้แบคทีเรียจะเจริญ

เติบโตช้าในช่วงที่อุณหภูมิต่ำ แต่ระบบภูมิคุ้มกันโรคลดลงและไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการติดเชื้อได้ง่าย

7. ผลต่อระบบการเผาผลาญในร่างกาย การเพิ่มความร้อนในร่างกายจะมีการสลายกลัยโคเจนมาใช้ ทำให้ในช่วงแรกมีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูงชั่วคราว ต่อมาเมื่อกลัยโคเจนหมดลงอย่างรวดเร็ว ร่างกายเกิดภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดต่ำ และการสร้างความร้อนจะมีกรดแลคติคเพิ่มขึ้น เกิดภาวะกรดจากการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีผลต่อการทำงานของหัวใจเพิ่มขึ้น และการไหลเวียนของเลือดล้มเหลวอย่างรุนแรง การเปลี่ยนแปลงนี้จะพบมากเมื่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกายอยู่ในช่วง 34-35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส อัตราการเผาผลาญจะต่ำกว่าระดับมาตรฐานของความต้องการของร่างกาย และถ้าลดลงอีกทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส การเผาผลาญในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายก็จะต่ำลงไปอีก

8. การเผาผลาญของยา ในภาวะอุณหภูมิกายต่ำปานกลางถึงรุนแรง อัตราการเผาผลาญในร่างกายลดลงมาก ปฏิกิริยาชีวเคมีในร่างกายช้าลง ทำให้การบริหารยาไม่มีประสิทธิภาพ อาจเกิดพิษของการบริหารยาได้เนื่องจากระดับเลือดกลับเข้าสู่หัวใจน้อย มีภาวะขาดน้ำ ตับทำหน้าที่ผิดปกติ และการกรองและการดูดกลับของน้ำที่ท่อไตผิดปกติ

9. ผลต่อระบบการแข็งตัวของเลือด เมื่ออุณหภูมิแกนกลางของร่างกายต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำให้เลือดหนืดและเกิดการแข็งตัวของเลือดมากขึ้น จนระบบการแข็งตัวของเลือดผิดปกติจากภาวะเม็ดเลือดต่ำ (Thrombocytopenia)

10. ผลต่อการเจริญเติบโต การสร้างความร้อนภายในร่างกาย มีการเผาผลาญสารอาหารมากเพื่อให้ได้พลังงาน เพื่อคงไว้ซึ่งภาวะอุณหภูมิกายอยู่ในระดับปกติ พลังงานเหล่านี้มากกว่าการนำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อใหม่ และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย ทำให้การเจริญเติบโตล่าช้า ถึงแม้ว่าจะได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอแล้วก็ตาม

ผลของการเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำดังกล่าวจะรุนแรงถึงชีวิตได้ ถ้าหากทารกเกิดก่อนกำหนดได้รับการดูแลไม่เหมาะสม โดยการป้องกันการสูญเสียความร้อนและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย จากการศึกษาอัตราตายของทารกเกิดก่อนกำหนดเมื่อได้รับการดูแลในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่าทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงจะมีอัตราตายต่ำกว่าทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณภูมิต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7

แสดงการศึกษาอัตราตายของทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการดูแลให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและต่ำ

การศึกษา	อุณหภูมิสูง		อุณหภูมิต่ำ	
	จำนวน	ตาย (%)	จำนวน	ตาย (%)
ซิลเวอร์แมน, เฟอร์ทิคและเบอร์เกอร์ (1958)	91	16	91	32
บูโทว์และเคลน (1964)	89	42	69	54
เดย์และคณะ (1964)	60	23	65	37
เพิร์ลสเตนและคณะ (1976)	105	22	105	35
รวมทั้งหมด	245	26	330	40

แหล่งที่มา. จาก **Neonatal - perinatal medicine** (p. 401). by Perlstein, P.H. In. Fanaroff, A.A., & Martin, R.J., 1992, St. Louis : Mosby Year Book.

ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการดูแลให้ความอบอุ่นแก่ทารกเกิดก่อนกำหนดที่พบได้ คือ อาจเกิดการหยุดหายใจ (เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, 2536; Bobake & Jensen, Brueggemeyer, 1993; Perlstein, Edwards, & Sutherland, 1970; Porth & Kaylor, 1978) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบกายอย่างรวดเร็วทำให้เส้นเลือดส่วนปลายบริเวณผิวหนังขยายแรงต้านทานของหลอดเลือดภายในร่างกายลดลง ความดันโลหิตและปริมาณเลือดไหลกลับเข้าสู่หัวใจลดลงอย่างรวดเร็ว เกิดภาวะช็อค (Stevens, 1993) ทำให้อวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะสมองขาดเลือดไปเลี้ยง เกิดภาวะเนื้อเยื่อขาดออกซิเจนเพิ่มขึ้น ศูนย์ควบคุมการหายใจถูกกดจากภาวะการขาดออกซิเจนและภาวะกรดจากการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจเพิ่มขึ้น (Moore, 1981) ดังนั้นทารกเกิดก่อนกำหนดจึงควรได้รับการดูแลควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ โดยการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกายให้เหมาะสมกับทารกเกิดก่อนกำหนด

การดูแลเพื่อควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเกิดก่อนกำหนด

การดูแลเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำ สามารถกระทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายด้วยการเช็ดตัวให้แห้ง ถอดเสื้อผ้าที่เปียกชื้นออกจากร่างกายแล้วห่อตัวด้วยผ้าอุ่น โดยเฉพาะทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีภาวะอุณภูมิกายต่ำระดับปานกลางและระดับรุนแรงต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะอาจเสียชีวิตได้จากภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ทำให้การรักษาทารกเกิดก่อนกำหนดเหล่านี้ไม่ได้ผล (Brink, 1990)

วิธีการให้ความอบอุ่นร่างกายทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำมี 3 วิธี ดังนี้ (Brink, 1990)

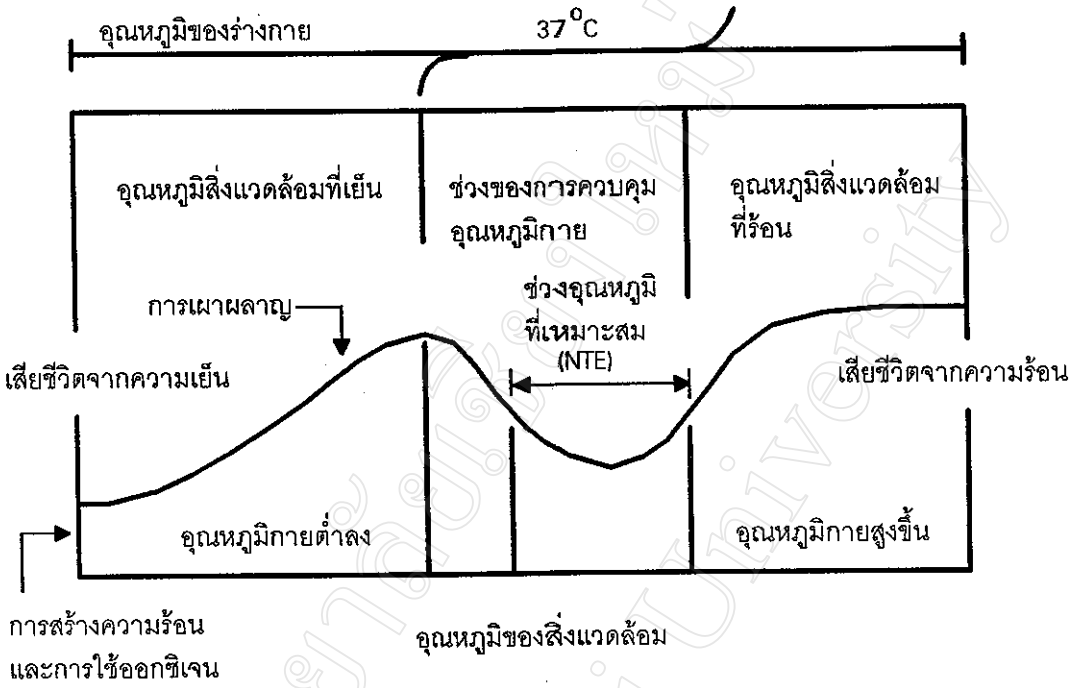
1. การให้ความอบอุ่นอย่างช้า ๆ (passive external rewarming or slow rewarming) เป็นการให้ความอบอุ่นแก่ทารกเกิดก่อนกำหนดเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย และทารกมีเวลาในการปรับตัวเพื่อที่จะใช้กลไกการควบคุมอุณหภูมิกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การให้ความอบอุ่นอย่างนี้จะทำให้อุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.4 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง วิธีการคือปรับอุณหภูมิตู้อบให้อยู่ที่ 36.0 องศาเซลเซียส ใช้เครื่องครอบพลาสติกวางครอบทารก หลังจากทารกอยู่ในตู้อบนาน 15 นาที แล้วอุณหภูมิกายยังคงที่หรือค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ให้คงอุณหภูมิตู้อบไว้ที่ 36.0 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิกายยังลดลงอีก ให้เพิ่มอุณหภูมิตู้อบเป็น 37.0 องศาเซลเซียส หาสาเหตุการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายและแก้ไข ภายหลังจากทารกอยู่ในตู้อบนาน 15 นาที ถ้าอุณหภูมิกายยังลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้น เพิ่มอุณหภูมิตู้อบเป็น 38.0 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิกายยังไม่เพิ่มขึ้น ให้ห่อตัวหรือใช้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีส่องตู้อบ หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ให้วัดอุณหภูมิกายทุก 15 นาที จนอุณหภูมิกายเท่ากับหรือมากกว่า 36.5 องศาเซลเซียส จึงลดอุณหภูมิตู้อบและปรับให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับน้ำหนักและอายุ (neutral thermal environment) ต่อไป ผลเสียของการให้ความอบอุ่นอย่างช้า ๆ นี้คือทำให้เกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำเป็นเวลานาน อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอันตรายถึงชีวิตจากภาวะตัวเย็นได้ (WHO, 1993)

2. การให้ความอบอุ่นอย่างรวดเร็ว (active external rewarming or rapid rewarming) เป็นการประยุกต์โดยการนำความร้อนและกลไกการแผ่รังสีมาใช้กับผิวกายทารก ซึ่งมักจะใช้ในทารกที่มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำเล็กน้อยถึงปานกลาง แต่ถ้ามีภาวะอุณหภูมิกายต่ำอย่างรุนแรง

ควรจะเลือกใช้วิธีนี้เพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย โดยมีวิธีการคือวางทารกใต้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีที่สามารถควบคุมอุณหภูมิกายทางผนังหน้าท้องไว้ (servocontrol) ปรับปุ่มอุณหภูมิกายทางผิวหนังไว้ที่ 36.5 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิกายทุก 30 นาทีจนอุณหภูมิกายเท่ากับหรือมากกว่า 36.5 องศาเซลเซียส จึงย้ายทารกเข้าไว้รักษาในตู้อบ โดยปรับอุณหภูมิตู้อบให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับน้ำหนักและอายุ แต่ต้องระมัดระวังเพราะอาจทำให้ทารกหยุดหายใจ ความดันโลหิตต่ำ และช็อคได้จากการที่เส้นเลือดส่วนปลายของร่างกายขยายตัวอย่างรวดเร็ว (Blackburn & Loper, 1992) ในปัจจุบันการให้ความอบอุ่นอย่างรวดเร็วเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับทารกที่มีภาวะอุณหภูมิกายต่ำอย่างรุนแรง โดยปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีที่ 37.0 - 38.0 องศาเซลเซียสหรือปรับอุณหภูมิตู้อบที่ 33.0 - 36.0 องศาเซลเซียส เพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายและลดการสูญเสียความร้อน ดูแลให้ได้รับสารน้ำให้เหมาะสมกับทารกเพื่อทดแทนการที่หลอดเลือดส่วนปลายขยายอย่างรวดเร็วและเพิ่มพลังงานแก่ทารก ดูแลให้ได้รับออกซิเจนในระหว่างให้ความอบอุ่นอย่างรวดเร็วนี้เพื่อป้องกันการหยุดหายใจจากการที่เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอด้วย (WHO, 1993)

3. การให้ความอบอุ่นภายในร่างกาย (active central rewarming) เป็นการให้ความอบอุ่นภายในร่างกาย เช่น ให้ความอบอุ่นก๊าซในช่วงหายใจเข้าของทารก การให้สารน้ำที่อุ่นทางหลอดเลือดดำและการสวนล้างกระเพาะอาหารหรือกระเพาะปัสสาวะด้วยน้ำอุ่น เป็นต้น การให้ความอบอุ่นชนิดนี้มีอัตราเสี่ยงสูง ดังนั้นควรพิจารณาถึงประโยชน์และผลเสียก่อนการนำมาใช้

ทารกเกิดก่อนกำหนดมีความสามารถจำกัดในการปรับตัวเพื่อให้อุณหภูมิกายคงที่ ส่งผลให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยการจัดให้ได้รับการดูแลอยู่ในอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับน้ำหนักและอายุ (the neutral thermal environment = NTE) ซึ่งอุณหภูมิในช่วงที่เหมาะสมนี้จะทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดมีอัตราการเผาผลาญต่ำ มีการสร้างความร้อนหรือใช้ออกซิเจนน้อยที่สุด (เกรียงศักดิ์ จีระแพทย์, 2536; Blake & Murray, 1993; Hey & Scopes, 1987) แสดงในแผนภูมิที่ 3



แผนภูมิที่ 3 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมต่อการสร้างความร้อนและการใช้ออกซิเจน

แหล่งที่มา. จาก **Handbook of neonatal intensive care.** (p.101). by Blake, W.W., & Murray, J.A. In. Merenstein, G. B.,& Gardner, S. L., 1993, St. Louis: Mosby Year Book.

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในหออภิบาลทารกแรกเกิดไม่เหมาะสมสำหรับทารกเกิดก่อนกำหนด เนื่องจากอุณหภูมิจะเย็นมากกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป จากการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นเมื่อแรกรับทารกเกิดก่อนกำหนดไว้รักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิดจะต้องดูแลให้ทารกอยู่ภายในตู้อบ (Klaus & Fanaroff, 1993) ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในตู้อบให้เหมาะสมต่อทารกเกิดก่อนกำหนด (Bell & Rios, 1983) ซึ่งสามารถควบคุมความชื้นและลดการเคลื่อนตัวของอากาศโดยมีผนังตู้กั้น ทำให้มีอัตราการเผาผลาญเพื่อสร้างความร้อนหรือมีการใช้ปริมาณออกซิเจนน้อยที่สุดได้ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับทารกเกิดก่อนกำหนดจะแตกต่างกันตามน้ำหนักและอายุทารกภายหลังคลอด ดังนั้นเมื่อต้องปรับอุณหภูมิของตู้อบให้พิจารณาปรับอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8
การปรับอุณหภูมิตู้อบที่เหมาะสมกับอายุและน้ำหนักของทารกแรกเกิด

อายุและน้ำหนัก (ก.)	อุณหภูมิ (°ซ) (พิสัย)	อายุและน้ำหนัก (ก.)	อุณหภูมิ (°ซ) (พิสัย)
0-6 ชั่วโมง		72-96 ชั่วโมง	
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0
1200-1500	33.9-34.4	1200-1500	33.0-34.0
1501-2500	32.8-33.8	1501-2500	31.1-33.2
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	32.0-33.8	เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	29.8-32.8
6-12 ชั่วโมง		4-12 วัน	
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	ต่ำกว่า 1500	33.0-34.0
1200-1500	33.5-34.4	1501-2500	31.0-33.2
1501-2500	32.8-33.8	1เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	31.4-33.8	4-5 วัน	
12-24 ชั่วโมง		5-6 วัน	29.5-32.6
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.4	6-8 วัน	29.4-32.3
1200-1500	33.3-34.4	8-10 วัน	29.0-32.2
1501-2500	31.8-33.8	10-12 วัน	29.0-31.8
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	31.0-33.7	12-14 วัน	
24-36 ชั่วโมง		ต่ำกว่า 1500	32.6-34.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	1501-2500	31.0-33.2
1200-1500	33.1-34.2	เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	29.0-30.8
1501-2500	31.6-33.6	2-3 สัปดาห์	
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.7-33.5	ต่ำกว่า 1500	32.2-34.0
36-48 ชั่วโมง		1501-2500	30.5-33.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	3-4 สัปดาห์	
1200-1500	33.0-34.1	ต่ำกว่า 1500	31.6-33.6
1501-2500	31.4-33.5	1501-2500	30.0-32.7
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.5-33.3	4-5 สัปดาห์	
48-72 ชั่วโมง		ต่ำกว่า 1500	31.2-33.0
ต่ำกว่า 1200	34.0-35.0	1501-2500	29.5-32.2
1200-1500	33.0-34.0	5-6 สัปดาห์	
1501-2500	31.2-33.4	ต่ำกว่า 1500	30.6-32.3
เกิน 2500 (และ> 36 สัปดาห์)	30.1-33.2	1501-2500	29.0-31.8

แหล่งที่มา. จาก Handbook of neonatal intensive care. (p.108-109). by Blake, W.W., & Murray, J.A. In. Merenstein, G. B., & Gandner, S. L., 1993, St. Louis: Mosby Year Book.

การปรับอุณหภูมิของตู้อบ (manual control incubator) ตามตารางอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 8 อาจทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ เนื่องจากทารกเกิดก่อนกำหนดที่อยู่ในตู้อบส่วนใหญ่จะต้องนอนเปลือยกาย เพื่อความสะดวกในการสังเกตอาการผิดปกติได้อย่างรวดเร็วมื่อเริ่มมีอาการ และสะดวกต่อการทำหัตถการต่าง ๆ แต่ตู้อบที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นตู้อบชนิดผนังชั้นเดียว (single wall incubator) ซึ่งไม่สามารถควบคุมการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีได้ดีเท่ากับตู้อบชนิดผนังสองชั้น (double wall incubator) ทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีมากขึ้น และอุณหภูมิภายในตู้อบจะลดลงถ้าหากอุณหภูมิภายนอกตู้อบเย็นกว่าหรือวางตู้อบใกล้กับกำแพงห้องที่เย็น จึงยากต่อการปรับอุณหภูมิภายในตู้อบให้เหมาะสมกับทารก เพราะถ้าหากอุณหภูมิภายในตู้อบและอุณหภูมิภายนอกตู้อบแตกต่างกัน 7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในตู้อบที่แท้จริงจะต่ำลง 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นการปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมตามตารางในกรณีที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิในตู้อบและสิ่งแวดล้อมภายนอกเกิน 7 องศาเซลเซียส ควรปรับอุณหภูมิภายในตู้อบเพิ่มขึ้นด้วย เพื่อให้อุณหภูมิภายในตู้อบเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับทารกเกิดก่อนกำหนด (Klaus & Fanaroff, 1993)

นอกจากการควบคุมอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมโดยการปรับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมให้ได้ตามน้ำหนักและอายุทารกภายหลังคลอดแล้ว ยังมีการใช้อุณหภูมิผิวหนังของทารกในการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายในตู้อบ (skin servocontrol incubator) เพราะอุณหภูมิของผิวหนังมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอันดับแรกเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เย็นลง ทำให้ผู้ดูแลทราบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกายของทารกได้อย่างรวดเร็ว แต่การติดเครื่องรับอุณหภูมิที่ผิวหนัง (skin probe) ต้องแนบกับผิวหนัง เพราะอาจทำให้ค่าของอุณหภูมิผิดพลาดได้จากการที่เครื่องรับอุณหภูมิบันทึกค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของผิวหนังที่เป็นจริง ทำให้กลไกการทำงานของตู้อบปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทารกอาจได้รับอันตรายจากอุณหภูมิภายในตู้อบที่สูงเกินไปได้ เช่น เกิดแผลไหม้ เกิดการหยุดหายใจ และเกิดภาวะความดันโลหิตต่ำอย่างรวดเร็ว เป็นต้น การควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมโดยใช้อุณหภูมิผิวหนังนี้ จะควบคุมโดยอาศัยสัญญาณจากเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ผิวหนังและปรับอุณหภูมิของตู้อบจนทำให้อุณหภูมิกายทารกเกิดก่อนกำหนดอยู่ในช่วงปกติ โดยมักจะปรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิของผิวหนังไว้ที่อุณหภูมิ 36.2 - 36.8 องศาเซลเซียส (Klaus & Fanaroff, 1993)

การปรับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับทารกดังกล่าว อาจจะไม่เหมาะสำหรับทารกที่มีอายุและน้ำหนักต่างกันที่ได้รับการดูแลรักษาภายในห้องเดียวกัน แต่

ก็เป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับสถานบริการพยาบาลที่ยังขาดแคลนตู้อบ หากทารกยังมีอุณหภูมิกายต่ำให้ใช้ผ้าห่มและใช้หลอดไฟหรือเครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีในการส่องให้ความร้อนเพิ่มเติมแก่ทารกที่อยู่ในตู้อบในบางราย (Hey & Scopes, 1987) แต่ต้องติดตามอุณหภูมิอย่างใกล้ชิด เพราะทารกอาจได้รับความร้อนมากเกินไปได้ ในกรณีที่ใช้การควบคุมอุณหภูมิของตู้อบโดยอาศัยอุณหภูมิของผิวหนังของร่างกาย ไม่ควรให้ความร้อนจากเครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีหรือเครื่องส่องไฟส่องไปยังตัวรับอุณหภูมิที่ติดไว้ที่ผิวหนังโดยตรง ต้องมีแถบอลูมิเนียมปิดทับตัวรับอุณหภูมิไว้ด้วย และไม่ควรกดทับตัวรับอุณหภูมิเพราะอาจทำให้ผิวหนังบริเวณที่กดทับมีอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่บันทึกได้จึงสูงกว่าค่าที่เป็นจริง ตู้อบก็จะปรับอุณหภูมิภายในตู้อบให้ต่ำลง ทารกก็จะเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ (Medoff Cooper, 1994)

หากทารกเกิดก่อนกำหนดที่ได้รับการรักษาอยู่ในตู้อบยังมีภาวะอุณหภูมิกายต่ำ แม้ว่าจะเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้อบให้สูงเต็มที่และไม่มีการสูญเสียความร้อนทั้ง 4 วิธีแล้ว สามารถแก้ไขโดยใช้เครื่องครอบชนิดทำด้วยพลาสติก (plastic shield) ครอบเหนือลำตัวทารก (Klaus & Fanaroff, 1993) หรืออาจใช้พลาสติกทนความร้อน (plastic wrap) คลุมตัว แขน และขา ซึ่งจะช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการระเหยและการพาได้ (Hey & Scopes, 1987)

นอกจากการใช้ตู้อบในการควบคุมอุณหภูมิกายทารกแรกเกิดก่อนกำหนดแล้ว ยังมีการนำเครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสี (radiant warmer) มาใช้ในระยะเวลาสั้น ๆ 2 - 3 ชั่วโมง (WHO, 1993) โดยจะใช้ในกรณีที่ทารกตัวใหญ่กว่ามาตรฐานที่จะนอนในตู้อบได้ และทารกเหล่านี้ยังคงต้องการควบคุมอุณหภูมิกายให้อยู่ในช่วงปกติ (Brueggemeyer, 1993) เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสีนี้ จะแผ่รังสีอินฟาเรด (infrared energy) เพื่อให้ความร้อนแก่ผิวหนัง ทำให้เลือดที่อยู่ใต้ผิวหนังได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น นำความร้อนไปยังอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย นอกจากนี้ยังป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายด้วยวิธีการแผ่รังสี เพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกายและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมน้อยลง (Merenstein & Gardner, 1993) แต่อาจมีการสูญเสียความร้อนจากการหาความร้อนและการระเหยได้มากขึ้น เนื่องจากกระแสลมพัดผ่านได้ง่ายและมีการสูญเสียน้ำเพิ่มทางการหายใจและทางผิวหนังมากขึ้นถึงร้อยละ 50 - 200 (Blackburn & Loper, 1992) ซึ่งมากกว่าทารกที่อยู่ในตู้อบถึงร้อยละ 40 - 50 เมื่อเปรียบเทียบกัน (Merenstein & Gardner, 1993) ดังนั้นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษถ้านำมาใช้กับทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนักตัวน้อยมาก ซึ่งจะป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการระเหยได้ยาก

สำหรับหออภิบาลทารกแรกเกิด โรงพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี มีทารกเกิดก่อนกำหนดเข้ามารับการรักษาเฉลี่ยเดือนละ 17 ราย โดยทารกเกิดก่อนกำหนดเหล่านี้จะได้รับการดูแล

รักษาให้อยู่ภายในตู้อบและภายใต้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสี โดยพิจารณาความเหมาะสมตามลักษณะของทารก สถานการณ์ และตามดุลยพินิจของการรักษาพยาบาล ทารกเกิดก่อนกำหนดที่น้ำหนักตัวน้อยกว่า 1,800 กรัม ส่วนใหญ่จะได้รับการดูแลให้อยู่ในตู้อบ ส่วนทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนักเท่ากับและมากกว่า 1,800 กรัม จะพิจารณาให้อยู่ในตู้อบตามความจำเป็น แต่ส่วนใหญ่ได้รับการดูแลภายใต้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสี เมื่อทารกได้รับการดูแลในตู้อบแล้วปรับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในตู้อบตามน้ำหนักและอายุทารกภายหลังคลอด โดยมีการประเมินอุณหภูมิกายของทารกทางทวารหนักทุก 4 ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิกายของทารกคงที่หรือค่อย ๆ เพิ่มขึ้น อุณหภูมิตู้อบก็จะปรับไว้เท่าเดิม แต่ถ้าอุณหภูมิกายทารกลดลงเรื่อย ๆ จะปรับอุณหภูมิของตู้อบเพิ่มขึ้น ประเมินอุณหภูมิกายของทารกทางทวารหนักทุก 4 ชั่วโมง แล้วหาสาเหตุของการสูญเสียความร้อนและแนวทางการแก้ไข ถ้าอุณหภูมิกายยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องจะเพิ่มอุณหภูมิตู้อบจนถึง 37.0 - 38.0 องศาเซลซียส ถ้าหากอุณหภูมิกายทารกยังไม่ดีขึ้นก็จะใช้ผ้าห่อตัว ครอบด้วยเครื่องครอบที่ทำด้วยพลาสติก และส่องไฟให้ความอบอุ่นแก่ทารกที่อยู่ภายในตู้อบ ประเมินอุณหภูมิกายทุก 1 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิกายเพิ่มขึ้นเท่ากับหรือมากกว่า 36.5 องศาเซลเซียสเมื่อวัดอุณหภูมิทางทวารหนักจึงปรับอุณหภูมิตู้อบลดลงให้อุณหภูมิตู้อบอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามอายุและน้ำหนักทารก และประเมินอุณหภูมิกายของทารกทุก 4 ชั่วโมงต่อไป

ในกรณีที่ทารกเกิดก่อนกำหนดน้ำหนักตัวน้อยมาก บางรายจะใช้การควบคุมอุณหภูมิโดยผิวหนัง (skin servocontrol incubator) จะติดเครื่องรับอุณหภูมิไว้ที่ผนังหน้าท้องด้านซ้ายส่วนบนและตั้งปุ่มปรับอุณหภูมิผิวหนังอยู่ที่ 36.5 องศาเซลเซียส อ่านค่าอุณหภูมิที่บันทึกทางผิวหนังบนจอบันทึกอุณหภูมิทุก 1 ชั่วโมง และวัดอุณหภูมิกายทารกทางทวารหนักทุก 4 ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิกายยังต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียสเมื่อวัดทางทวารหนัก ก็หาสาเหตุของการสูญเสียความร้อนและทำการแก้ไข จนกว่าอุณหภูมิกายทารกจะเท่ากับหรือมากกว่า 36.5 องศาเซลเซียสเมื่อวัดทางทวารหนัก จึงประเมินอุณหภูมิกายทางผิวหนังและทวารหนักทุก 4 ชั่วโมงต่อไป

ในรายที่ได้รับการดูแลภายใต้เครื่องให้ความอบอุ่นชนิดแผ่รังสี ส่วนใหญ่จะปรับอุณหภูมิของเครื่องไว้ที่ 37.0 - 38.0 องศาเซลเซียส หรือปรับสูงขึ้นถ้าอุณหภูมิกายต่ำกว่า 35.0 องศาเซลเซียสเมื่อวัดทางทวารหนัก และทำการห่อตัวทารกรวมทั้งครอบเครื่องครอบชนิดทำด้วยพลาสติกด้วยทุกราย เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการพาและการแผ่รังสี ประเมินอุณหภูมิกายทุก 4 ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิกายต่ำลงเรื่อย ๆ ก็จะปรับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น หาสาเหตุของการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย และแนวทางการแก้ไขเพื่อเพิ่มอุณหภูมิกายขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงมากกว่าหรือเท่ากับ 36.5 องศาเซลเซียส

สรุป

ทารกเกิดก่อนกำหนด หมายถึง ทารกแรกเกิดมีชีวิตที่มีอายุในครรภ์ตั้งแต่ 20 สัปดาห์ถึงน้อยกว่า 37 สัปดาห์ ประเมินอายุในครรภ์ตามวิธีของบาลลาร์ด โดยมีคะแนนรวมที่ได้จากการประเมินทั้งหมดตั้งแต่ -10 ถึง 32 คะแนน ทารกเหล่านี้จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายไม่เต็มที่ ทำให้การทำหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ยังไม่สมบูรณ์ จึงเกิดปัญหาสุขภาพมากมายภายหลังเกิด ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งคือภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ซึ่งหมายถึงภาวะที่ทารกเกิดก่อนกำหนดได้รับความหนาวเย็นจากอากาศหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกครรภ์มารดา ทำให้ทารกมีการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากกว่าความสามารถในการผลิตความร้อน จนทำให้อุณหภูมิกายในแกนกลางของร่างกายลดต่ำลงโดยประเมินได้จากการวัดอุณหภูมิกาย ถ้าต่ำกว่า 36.5 องศาเซลเซียส เมื่อวัดทางรักแร้หรือทวารหนัก หรือต่ำกว่า 36.0 องศาเซลเซียสเมื่อวัดทางผิวหนังหน้าท้องหมายถึงมีการเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ทารกเกิดก่อนกำหนดจะมีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดอุณหภูมิกายต่ำได้ง่ายเนื่องจากมีพื้นที่ผิวกายมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว มักจะนอนท่าเหยียดแขนและขาตลอดเวลา มีไขมันใต้ผิวหนังน้อย ผิวหนังบาง ขาดสารเคลือบผิวเคอราติน ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิกายในสมองยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ และเมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกครรภ์มารดาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทำให้ทารกเกิดก่อนกำหนดสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากจากการพาการระเหย การแผ่รังสี และการนำ ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงต้องมีการปรับตัวเพื่อควบคุมอุณหภูมิกายให้คงที่ แต่ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิกายให้คงที่ในทารกเกิดก่อนกำหนดมีข้อจำกัดทำให้ผลิตความร้อนได้น้อยจึงไม่เพียงพอต่อการควบคุมอุณหภูมิกายให้เป็นปกติได้จึงภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ผลจากการปรับตัวเมื่อเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนต่อร่างกายหลายประการ ได้แก่ เนื้อเยื่อขาดออกซิเจน ภาวะกรดจากการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน ภาวะหายใจลำบากอย่างรุนแรง ภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดต่ำ และภาวะน้ำหนักตัวลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้นถึงแม้จะให้สารอาหารเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกายแล้วก็ตาม หากทารกเกิดก่อนกำหนดไม่ได้รับการดูแลควบคุมอุณหภูมิกายให้เป็นปกติก็จะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ การดูแลทารกเกิดก่อนกำหนดให้มีอุณหภูมิกายเป็นปกติกระทำได้ โดยการควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม เพื่อให้มีการเผาผลาญสารอาหาร และใช้ปริมาณออกซิเจนน้อยที่สุดซึ่งวิธีการคือการให้การดูแลทารกเกิดก่อนกำหนดให้อยู่ภายใต้ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายในตู้อบให้เหมาะสมแก่ทารกเกิดก่อนกำหนดได้ อัตราการรอดชีวิตของทารกเกิดก่อนกำหนดก็จะเพิ่มขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในปัจจุบันทารกเกิดก่อนกำหนดมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้น แต่ก็มีปัญหาสุขภาพหลายประการ โดยเฉพาะภาวะอุณหภูมิกายต่ำเนื่องจากระบบการควบคุมอุณหภูมิกายในทารกเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายมากกว่าความสามารถในการผลิตความร้อน ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงต้องมีการปรับตัวต่อภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาสุขภาพจากการปรับตัวต่อภาวะนี้ เช่น ภาวะกรดจากการเผาผลาญโดยไม่ใช้ออกซิเจน ภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดต่ำ ภาวะหายใจลำบากอย่างรุนแรง และภาวะการเจริญเติบโตล่าช้า เป็นต้น ถ้าปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นเวลานานและได้รับการดูแลรักษาที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ทารกเหล่านี้เป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ทารกเกิดก่อนกำหนดจึงต้องได้รับการดูแลรักษาเพื่อป้องกันการเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำ ซึ่งทารกเหล่านี้ต้องใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิกายให้อยู่ในระดับปกติ การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาว่าทารกเกิดก่อนกำหนดมีอุบัติการณ์การเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำเป็นเท่าใด และเมื่อได้รับการดูแลรักษาในหออภิบาลทารกแรกเกิดต้องใช้เวลาโดยเฉลี่ยนานเท่าใดในการปรับตัวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิกายให้เท่ากับหรือมากกว่า 36.5 องศาเซลเซียส