

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมานำเสนอ ดังนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. พริกไทย
2. การอบอุณหักร่างกาย
3. การเสียดความร้อนจากร่างกาย
4. การออกกำลังกายในอากาศเย็น
5. Exercise in the Cold

พริกไทย

พริกไทย เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Black Pepper พริกไทยเป็นพืชจำพวกเถาเลื้อย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* ในวงศ์ *Piperaceae* ซึ่งมีเพื่อนร่วมสกุลที่มีชื่อเสียงรู้จักกันดี คือ พลูด (Piper betel) ที่ใช้กินกับหมาก

ในสมัยล่าอาณานิคม พริกไทยเป็นสินค้าสำคัญระหว่างอินเดียและยุโรป มันถูกใช้เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนสินค้าคล้ายขนสัตว์ในปัจจุบัน ในสมัยกรีกและโรมันพริกไทยเป็นเครื่องราชบรรณาการ ความต้องการบริโภคพริกไทยและเครื่องเทศมีสูงจนพ่อค้าตะวันตกพยายามเดินทางมาตะวันออก และค้นพบเส้นทางเดินเรือในที่สุด

ถิ่นกำเนิดของพริกไทยอยู่แถบชายฝั่งมะละกา ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย และต่อมาได้แพร่กระจายสู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันได้แก่ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และพม่า เมื่อประมาณสามพันกว่าปีมาแล้ว และกลายเป็นพืชพื้นเมืองที่ทรงคุณค่าทางเศรษฐกิจจนทุกวันนี้

ประมาณปี พ.ศ.1800 เมื่อการค้าทางทะเลเจริญขึ้น อินโดนีเซียได้ส่งพริกไทยและเครื่องเทศอื่นๆ เป็นพืชสินค้าแลกเปลี่ยนกับจีนและยุโรป การบริโภคพริกไทยยังแพร่กระจายยิ่งขึ้นอีก มีหลักฐานว่าการค้าพริกไทยของประเทศไทยเริ่มขึ้นเมื่อประมาณกว่าสามร้อยปีมาแล้ว โดยไทยทำการค้ากับอังกฤษในลักษณะแลกเปลี่ยนเครื่องเทศกับสินค้าเทคโนโลยี

ในช่วงปี พ.ศ.2400 ชาวฮอลันดาแสวงหาพริกไทยป้อนสู่ตลาดโลก ส่งผลให้มีการปลูกพริกไทยแพร่หลายในภูมิภาคนี้ ขณะที่ทางอเมริกาใต้เช่นบราซิลซึ่งมีภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน ก็นำพริกไทยไปทดลองปลูกด้วยเช่นกัน ท้ายที่สุดผลผลิตออกมามากจนล้นตลาด ราคาพริกไทยตกต่ำเหลือเพียงหาบละ 5-6 บาท

ขณะเดียวกันพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี เจ้าเมืองตรัง ได้นำยางพาราจากมาเลเซียมาเผยแพร่แก่ชาวสวนพริกไทย ทำให้ประชาชนพื้นดินพริกไทยทิ้งหันไปปลูกยางพาราแทน พริกไทยเริ่มขาดตลาดและมีราคาสูงขึ้น ถึงช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 พริกไทยราคาลงฮวบลงห้าพันบาท

ปัจจุบัน แหล่งปลูกพริกไทยที่สำคัญของโลกอยู่ที่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย มาดากัสการ์ และศรีลังกา โดยที่ปริมาณการผลิตทั่วโลกเท่ากับ 90,000 ตัน และ 70% ได้จากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

พริกไทยเป็นไม้เถาอายุยืนถึง 40 ปี และสูงถึง 10 เมตร มีรากอากาศที่สามารถเกาะไปกับต้นไม้หรือต้นไม้อื่น ใบพริกไทยสีเขียวเข้มเป็นมันคล้ายใบพลู สามารถนำมาเป็นไม้ประดับได้ดีทีเดียว เม็ดหรือผลพริกไทยค่อนข้างกลม เรียงตัวเบียดกันหนาแน่นบนช่อดอก อาจเรียงแบบแถวคู่หรือเดี่ยว ผลพริกไทยอ่อนจะเป็นสีเขียวอ่อนและจะเข้มขึ้นตามอายุผล เมื่อเข้าเดือนที่ห้าผิวเม็ดจะเริ่มแก่เป็นมัน เปลือยเป็นสีเขียวปนเหลือง ส้ม และแดงในที่สุด ผลสุกจะขี้ให้เปลือกหลุดได้ง่าย ข้างในผลคือเมล็ดแข็ง เมล็ดขนาดใหญ่จะมีกลิ่นฉุนน้อยกว่าเมล็ดขนาดเล็ก พันธุ์พริกไทยที่ดีได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองของจันทบุรี พันธุ์ปะเหลียนจังหวัดตรัง พันธุ์พื้นเมืองกระบี่ พันธุ์ใบยาว พันธุ์มาเลเซีย พันธุ์ซาราวัค และพันธุ์ศรีลังกา พริกไทยดำมีรสเผ็ดและหอมกว่าพริกไทยขาว

พริกไทยถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในแง่อาหารและยา ในอาหารพริกไทยถูกนำมาใช้ตั้งแต่เป็นผลอ่อนจนถึงผลสุก พริกไทยอ่อนนิยมใช้ปรุงในผัดเผ็ดเพื่อดับกลิ่นคาวได้ชะงัด คนใต้รู้ดีเม็ดพริกไทยอ่อนใส่ในจานขนมจีน ร้อนแรงหอมฉุนอย่าบอกใคร แต่หาซื้อพริกไทยอ่อนค่อนข้างยาก เพราะเก็บไว้ได้ไม่นาน คนโบราณรู้วิธีใช้พริกไทยผงเป็นสารถนอมอาหารมานานแล้ว

พริกไทยสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ถนอมอาหารไม่ให้เน่าบูดได้นานพอควร ในโรงงานอุตสาหกรรมทำเนือบด นิยมใส่พริกไทยเพื่อให้อาหารสดนานก่อนถึงมือผู้บริโภค

ในทางยา คนโบราณใช้พริกไทย 15 เม็ดบดผสมเหล้าโรงรับประทานขับลม พริกไทยช่วยบรรเทาอาการนอนไม่หลับ ขับเสมหะ หอบ ไอ สะอึก เป็นยาบำรุงธาตุ ภูพินแก้รำมะนาด ผสมในยาอายุวัฒนะ

ในทางการแพทย์แผนปัจจุบัน เราพบว่าพริกไทยช่วยกระตุ้นการไหลของน้ำลายและน้ำย่อยช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร กระตุ้นให้กล้ามเนื้อในกระเพาะและลำไส้เคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอทำให้อาหารถูกย่อยง่ายขึ้นนอกจากนี้พริกไทยยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้

ในทางเภสัชกรรม เราพบว่าพริกไทยมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 1-3% โอลีโอเรซิน (Oleoresin) 12-14% ซึ่งประกอบด้วยสารสำคัญที่ทำให้มีกลิ่นฉุนและรสร้อน คือ ไพเพอรีน (Piperine)

ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย มีการทดลองหลายครั้งเพื่อหาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย คณะผู้วิจัยพบว่าสารสกัดจากพริกไทยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Penicillin G resistant strain of Staphylococcus aureus ซึ่งเชื่อกันว่าสามารถพบได้บนทางเดินหายใจ ดังนั้นความรู้ของคนโบราณที่ใช้พริกไทยเป็นยาแก้ไอ ขับเสมหะ จึงนับว่าน่าสนใจทีเดียว

สรุป พริกไทยถูกใช้เป็นอาหารและยามาแต่โบราณ พริกไทยดำมีสารฟอสฟอรัสและฤทธิ์แรงกว่าพริกไทยขาว บัดนี้มีการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่า พริกไทยช่วยให้ระบบย่อยอาหารทำงานดีขึ้น ช่วยจับสารก่อมะเร็งในอาหารและช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การอบอุ่นร่างกาย

จุดมุ่งหมายของการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมร่างกายให้พร้อมที่จะออกกำลังกาย เริ่มต้นด้วยการเคลื่อนไหวเบาๆ ใช้มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อช่วงแคบๆ ด้วยจังหวะการเคลื่อนไหวช้าๆ โดยใช้กลุ่มกล้ามเนื้อใหญ่เป็นหลัก เมื่อร่างกายได้รับแรงกระตุ้นจะมีการใช้พลังงานมากขึ้น ปริมาณเลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มออกซิเจนและสารอาหารไปเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น กระบวนการเผาผลาญจะผลิตพลังงาน (Metabolism) ในเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิกล้ามเนื้อสามารถยืดหดตัวได้มากและเร็วขึ้น เหงื่อเริ่มออกเมื่ออุณหภูมิเพิ่มประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส ขบวนการดังกล่าวนี้คือ การกระตุ้นร่างกายให้ปรับตัวพร้อมที่จะทำงานในสภาวะที่เกินกว่าปกติที่ร่างกายเคยทำอยู่ เป็นการเตรียมความพร้อมของระบบต่างๆ ภายในร่างกายให้ปรับตัวกับงานหรือความหนักที่ร่างกายจะต้องออกแรงกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เหตุผลของการอบอุ่นร่างกาย

กิจกรรมการเคลื่อนไหวที่หนักกว่าปกติหรือทำให้ร่างกายต้องทำงานหนักขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหนักมากขึ้นเท่าใดยิ่งต้องใช้พลังงานมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นร่างกายต้องได้รับอากาศมากขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจจึงเพิ่มมากขึ้นตามความหนักของงานหรือกิจกรรมที่ทำ

มีการเพิ่มอัตราการหายใจและไหลเวียนเลือดรวมทั้งกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) เพื่อผลิตพลังงานให้กับกล้ามเนื้อ ร่างกายสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนี้ได้แต่จะต้องค่อยเป็นค่อยไป และต่อเนื่องกันจนกระทั่งระบบการทำงานของอวัยวะในร่างกายสามารถปรับตัวได้ในที่สุด

ในการเคลื่อนไหวร่างกายโดยเฉพาะกิจกรรมที่ยากๆ หรือซับซ้อน บางครั้งร่างกายใช้ปฏิกิริยาอัตโนมัติ (Conditioned reflex) โดยที่เราไม่รู้ตัว ปฏิกิริยาอัตโนมัตินี้จะใช้ไม่ได้ถ้าหากร่างกายเกิดต้องออกกำลังหรือทำงานหนักทันทีทันใด โดยที่มิได้มีการเตรียมตัวด้วยการอบอุ่นร่างกายให้พร้อมก่อน ด้วยเหตุนี้การที่จะให้ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายสามารถปฏิบัติงานได้อย่างดีนั้น จึงจำเป็นต้องมีการอบอุ่นร่างกายก่อนทุกครั้ง อันจะช่วยให้อัตราการไหลเวียนเลือดและการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้เลือดไหลเวียนไปสู่กล้ามเนื้อมากขึ้น การฝึกขาดของกล้ามเนื้อข้อพลิกข้อแพลงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวที่ไม่คาดคิดจะเกิดขึ้นได้ยากหรือมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก หากไม่เปิดโอกาสให้ร่างกายได้ปรับตัวกับสภาวะความเครียดที่เกิดขึ้น จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บได้ง่าย ร่างกายรู้สึกอ่อนเพลียและเหนื่อยเร็วเนื่องจากเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกายไม่เพียงพอการอบอุ่นร่างกายจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

ด้านสรีรวิทยา

- ช่วยปรับอุณหภูมิของร่างกาย
- ช่วยลดความเหน็ดของกล้ามเนื้อ
- ช่วยให้ข้อต่อและกระดูกสันหลังพร้อมที่จะรับการเคลื่อนไหว
- ช่วยกระตุ้นให้ระบบประสาทพร้อมที่จะปฏิบัติหน้าที่
- ช่วยกระตุ้นให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในสภาวะที่มีการเคลื่อนไหวและในสภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนไหว

ด้านจิตวิทยา

- ช่วยกระตุ้นให้ร่างกายและจิตใจอยู่ในสภาวะที่จะพร้อมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ช่วยเพิ่มความมั่นใจให้นักกีฬา
- ช่วยกระตุ้นให้เกิดมโนภาพและจินตภาพในการเคลื่อนไหว
- ช่วยกระตุ้นระบบประสาทกลไกให้ทำงานในสภาวะที่เหมือนจริง

การเสียดความร้อนจากร่างกาย

การเสียดความร้อนจากร่างกายอาศัยวิธีการต่างๆ คือ การนำ (conduction) การพา (convection) การแผ่รังสี (radiation) และการระเหย (evaporation) การจะเสียดความร้อนโดยวิธีใดมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศภายนอก ที่สำคัญคืออุณหภูมิของอากาศภายนอก

การนำความร้อน

การไหลของความร้อนจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งเรียกว่า การนำ (conduction, D) อัตราที่ความร้อนเสียไปคำนวณได้จากสมการ

$$D = K(T_1 - T_2)$$

K = ค่าการนำความร้อนจำเพาะ (specific thermal conductivity)

T₁ - T₂ = ความแตกต่างในอุณหภูมิ

การเสียดความร้อนออกจากร่างกายโดยวิธีนี้เป็นไปได้ได้น้อย เพราะผิวหนังและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว นอกจากผิวหนังของคนจะสัมผัสกับโลหะซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่ดี แต่ตามปกติขณะที่คนนั่งหรือนอนนั้น โดยทั่วไปมีการสวมเสื้อผ้าจึงเป็นฉนวนกั้นความร้อน และอีกประการหนึ่งเก้าอี้หรือเตียงก็มักมีคุณสมบัติเป็นฉนวน ดังนั้นการเสียดความร้อนด้วยวิธีนี้จึงมีน้อยมาก

การพาความร้อน

ถ้าอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม ความร้อนจะผ่านจากร่างกายไปสู่อากาศเมื่ออากาศถูกทำให้ร้อนจะลอยสูงขึ้น อากาศเย็นก็จะไหลเข้ามาแทนที่ใหม่เช่นนี้เรื่อยไป จึงทำให้ความร้อนเสียไปได้จากผิวกาย การเสียดความร้อนโดยวิธีนี้เรียกว่า การพา (convection) ถ้าคนที่ไม่ได้สวมเสื้อผ้าเลย นั่งอยู่ในห้องที่อากาศไม่มีการเคลื่อนไหว ก็ยังเสียดความร้อนได้ประมาณ 12% โดยการพาจากร่างกายไปสู่อากาศที่อยู่โดยรอบ แล้วหลังจากนั้นเมื่ออากาศร้อนขึ้นก็จะพาความร้อนให้เคลื่อนที่ไป ถ้าการเคลื่อนไหวของอากาศนั้นเพียงแต่เกิดจากความร้อนของร่างกาย เรียกว่า การพาตามธรรมชาติ (natural convection) แต่ถ้าเกิดจากอิทธิพลภายนอก เช่น กระแสลมหรือพัดลม เรียกว่าการพาโดยแรงจากภายนอก (Forced convection)

การเสียดความร้อนโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ

1. ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวกาย กับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม
2. เนื้อที่ผิวกายที่เปิด (ซึ่งน้อยกว่าเนื้อที่ผิวกายทั้งหมด เพราะร่างกายบางส่วน เช่น รักแร้ และด้านในของต้นขา ไม่ได้ถูกอากาศที่ไหลเวียน)

อัตราที่กระแสลมจะนำอากาศเข้าไปสัมผัสกับผิวภายในการถ่ายเทความร้อน เรียกปัจจัยนี้ว่าสัมประสิทธิ์การพา ซึ่งยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน รวมทั้งความเร็วในการเคลื่อนไหวของอากาศ ความหนาแน่น ความหนืดและรูปร่างของผิวหนัง

การแผ่รังสี (radiation)

การเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี หมายถึงการเสียความร้อนในรูปของ infrared heat ray ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง มีความยาวคลื่น 5-20 ไมครอน (ยาวกว่าคลื่นแสง 10-30 เท่า) มวลสารทั้งหมดที่ไม่ได้อยู่ใน zero absolute temperature จะแผ่รังสีความร้อนออกมา คนที่ไม่มีเสื้อผ้าปกปิดร่างกายเลย และอยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิธรรมดาจะเสียความร้อน โดยการแผ่รังสีถึงร้อยละ 60 ถ้าอุณหภูมิแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิกาย นอกจากความร้อนในร่างกายจะแผ่ออกไปภายนอกไม่ได้แล้ว ร่างกายยังดูดความร้อนเข้าไว้อีกด้วย

การระเหย (evaporation)

เมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซต้องใช้พลังงาน พลังงานความร้อนเรียกว่า ความร้อนแฝง (latent heat) ในช่วงอุณหภูมิที่ผันแปรไปตามภาวะทางสรีรวิทยา ความร้อนแฝงมีค่า 580 กิโลแคลอรี/ลิตร การเสียความร้อนโดยวิธีนี้นับเป็นกลไกสำคัญในการเสียความร้อนของร่างกายการเสียน้ำออกจากร่างกายโดยการซึมผ่านผิวหนังนั้นมีน้อยมาก คือมีเพียง 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพราะน้ำซึมผ่านหนังกำพร้า (epidermis) ได้น้อยมาก

อากาศหายใจออกมีไอน้ำเกือบอิ่มตัวแล้ว แม้แต่เมื่อมีการระบายอากาศหายใจมาก น้ำระเหยได้จากเยื่อบุนอก (epithelium) ของทางเดินอากาศหายใจ ทำให้เสียความร้อนแฝงไปประมาณ 9 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง เมื่อหายใจปกติ ถ้าการระบายอากาศเพิ่มขึ้นจะเสียไปมากกว่านี้

1) Insensible perspiration

ภาวะที่น้ำระเหยออกจากร่างกายทางผิวหนังและทางระบบหายใจ โดยมองไม่เห็นและได้รู้สึกจึงเรียกว่าเป็น insensible perspiration การระเหยโดยวิธีนี้สามารถทำให้น้ำระเหยจากร่างกายได้ประมาณวันละ 600 มล. และทำให้สูญเสียความร้อนจากร่างกายไปด้วยอัตรา 12-16 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง แต่การระเหยด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ร่างกายควบคุมไม่ได้ เพราะจะต้องสูญเสียออกไปตลอดเวลาโดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิของร่างกาย

ในภาวะที่อยู่ในอากาศแวดล้อมซึ่งมีอุณหภูมิปกติ การเสียความร้อนโดยการระเหยทางผิวหนังและทางระบบทางเดินอากาศหายใจมีบทบาทน้อยเพียงร้อยละ 15 ของการเสียความร้อนทั้งหมด

2) Sensible perspiration

การระเหยของน้ำจากผิวหนังโดยการสร้างเป็นเหงื่อ ซึ่งเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ แล้วเหงื่อจึงระเหยต่อไปอีก จึงเรียกวินี้ว่า sensible perspiration (sweating)

ร่างกายมีกลไกที่สำคัญในการทำให้ความร้อนเสียไปจากผิวหนังโดยการระเหยของเหงื่อซึ่งเป็นการขับน้ำออกทางผิวหนังโดยกลไกแอสคิฟ โดยวิธีนี้ร่างกายจะเสียความร้อนไปได้มากและเป็นกลไกชนิดเดียวที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิกาย

ปริมาณน้ำที่เสียไปโดยการระเหยขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งน้ำออกจากร่างกาย และความสามารถของภาวะแวดล้อมที่จะนำไอน้ำออกไป ถ้าอากาศแวดล้อมแห้งและเคลื่อนไหวได้รวดเร็ว ความร้อนที่เสียไปขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งเหงื่อเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ

$$He = 580 (RH_2O)$$

$$He = \text{อัตราการเสียความร้อนโดยการระเหย (กิโลแคลอรี/ชั่วโมง)}$$

$$RH_2O = \text{อัตราการหลั่งน้ำและค่าคงที่ 580 กิโลแคลอรี เป็นค่าความร้อนแฝงของการระเหยเป็นไอน้ำ}$$

แต่ถ้าอากาศชื้นและไม่ค่อยเคลื่อนไหว การเสียความร้อนถูกจำกัดโดยความสามารถของอากาศแวดล้อมที่จะนำน้ำออกไป ดังนั้นจะได้สมการ

$$He = KeAw (PsH_2O - PaH_2O)$$

$$PsH_2O, PaH_2O = \text{ความดันไอน้ำที่ผิวกายและที่อากาศแวดล้อม}$$

$$Aw = \text{พื้นที่ของผิวกายที่ขึ้นเพื่อการระเหย}$$

$$Ke = \text{สัมประสิทธิ์การระเหย}$$

3) การหลั่งเหงื่อ (sweat secretion)

การหลั่งเหงื่อ เป็นกลไกที่สำคัญที่ร่างกายใช้ขับความร้อนออกจากร่างกายโดยการระเหย ร่างกายมีต่อมเหงื่อประมาณ 2-5 ล้านต่อม ต่อมเหงื่อประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ส่วนที่เป็นตัวต่อม ซึ่งเป็นท่อขดทำหน้าที่หลั่งเหงื่อ, และ (2) ส่วนที่เป็นท่อตรง ซึ่งนำเหงื่อออกมาสู่ผิวหนัง

เหงื่อถูกหลั่งออกมาจากต่อมที่เป็นท่อขด ซึ่งทำหน้าที่หลั่งเหงื่อในระยะต้นที่เรียกว่า primary secretion หรือ precursor secretion หลังจากนั้นความเข้มข้นของสารต่างๆ ถูกเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเหงื่อผ่านท่อตรง เพื่อนำเหงื่อออกมาสู่ภายนอก

precursor secretion นั้นเป็นการหลั่งของเยื่อต่อมที่ทำให้เหงื่อหลั่งออก โดยกลไกแอสคิฟที่อาศัยการกระตุ้นของ Cholinergic sympathetic nerve fibers ส่วนประกอบของ precursor secretion นี้คล้ายกับพลาสมา ยกเว้นที่ไม่มีพลาสมาโปรตีน โดยมีความเข้มข้นของ Na^+

142 mEq/ลิตร และ Cl^- 104 mEq/ลิตร เมื่อเหงื่อไหลผ่านท่อที่มีลักษณะตรงของต่อม ส่วนประกอบต่างๆ ก็จะถูกปรับปรุงไป คือ มีการดูด Na^+ และ Cl^- กลับไปเป็นส่วนใหญ่ ความเข้มข้นของการดูดกลับนั้นขึ้นอยู่กับอัตราการหลั่งเหงื่อ

เมื่อต่อมเหงื่อถูกกระตุ้น โดยประสาทเพียงเล็กน้อยทำให้เหงื่อไหลผ่านท่ออย่างช้าๆ จึงทำให้ Na^+ และ Cl^- ถูกดูดกลับไปเกือบหมด เป็นผลให้ความเข้มข้นลดลงเหลือเพียง 5 mEq/ลิตร ทำให้ความดันออสโมติกลดต่ำลงด้วย น้ำจึงถูกดูดตามไปจึงทำให้เหงื่อเข้มข้นขึ้น ดังนั้นสารอื่นจึงมีความเข้มข้น ซึ่งได้แก่ ยูเรีย, กรดแลคติก, และ K^+

เมื่อต่อมเหงื่อถูกกระตุ้นอย่างแรง โดยประสาทซิมพาเทติก ทำให้เหงื่อมีการสร้างมาก และมีอัตราการไหลอย่างรวดเร็วไปตามท่อ การดูดซึม Na^+ และ Cl^- เป็นไปได้น้อย ดังนั้น Na^+ และ Cl^- จึงมีความเข้มข้นมาก อาจเหลือความเข้มข้นถึง 60 mEq/ลิตร ซึ่งน้อยกว่าในพลาสมาเพียงครึ่งหนึ่งและน้ำก็ถูกดูดกลับน้อยด้วย จึงทำให้สารอื่นมีความเข้มข้นไม่มาก เช่น ยูเรียมีความเข้มข้นเพียง 2 เท่า ของใน พลาสมา, กรดแลคติกมีความเข้มข้นประมาณ 4 เท่า ส่วน K^+ ประมาณ 1.2 เท่า

การออกกำลังกายในอากาศเย็น

การออกกำลังกายในอากาศเย็น จะทำให้มีการเสียความร้อนจากร่างกายได้มากขึ้น และยิ่งเมื่อออกกำลังกายในน้ำก็จะยิ่งเสียความร้อนมากขึ้นไปอีก และในทางตรงกันข้ามร่างกายจะได้รับความเย็นจากน้ำเข้าไป เพราะน้ำนำความร้อนหรือความเย็นได้ดีกว่าอากาศ 3-4 เท่า แม้เมื่อออกกำลังกายหนักปานกลางในอากาศเย็นก็อาจไม่เพียงพอที่จะต่อต้านการได้รับความเย็นจากน้ำเข้าไป

การออกกำลังกายอย่างเบาหรือหนักปานกลางในน้ำเย็นนั้นพบว่าการใช้ O_2 ของร่างกายเพิ่มขึ้น อุณหภูมิกายลดลง ตัวอย่างเช่น การว่ายน้ำที่มีอุณหภูมิ 18°C . ต้องใช้ O_2 มากกว่าการว่ายน้ำที่อุณหภูมิ 26°C . 500 มล./นาที ทั้งนี้เพราะต้องนำ O_2 ไปใช้เพื่อทำให้ร่างกายอุ่นเพื่อต่อสู้กับการสูญเสียความร้อนอย่างรวดเร็วไปให้น้ำเย็น

ไขมันของร่างกาย

ปริมาณไขมันที่มีอยู่ในร่างกายจะมีผลต่อการออกกำลังกายในอากาศเย็น นักว่ายน้ำระยะไกลมักมีไขมันใต้ผิวหนังมาก ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฉนวนป้องกันความเย็นจากน้ำ จึงสามารถว่ายน้ำในระยะไกลได้ในอากาศเย็น อย่างไรก็ตามก็ตีความเครียดจากความเย็นที่ได้รับนั้นไม่ได้ขึ้นกับอุณหภูมิแวดล้อมแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ยังขึ้นอยู่กับระดับของเมตะบอลิซึมและความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนจากไขมันอีกด้วย โดยเฉพาะในน้ำที่เย็นกว่า 25°C . คนอ้วนสามารถแช่อยู่ในน้ำที่ระดับค่ออย่างสบายที่ 26°C . และมีเหงื่อออกทางหน้าผากในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก ดังนั้น

บุคคลดังกล่าวอาจออกกำลังกายอย่างหนักได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 18°ซ. แต่สำหรับคนผอมนั้นจะไม่สบายทั้งในขณะที่พักและในขณะที่ออกกำลังกายที่อุณหภูมิ 18°ซ. อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่เหมาะสมโดยทั่วไปคือระหว่าง 26-30° ซ. ที่จะทำให้มีการขับความร้อนออกได้ดีในขณะที่ออกกำลังกาย และถ้าเป็นคนอ้วนซึ่งออกกำลังกายอย่างหนักในระยะสั้น ย่อมต้องการอุณหภูมิของน้ำที่เย็นกว่านี้

ความหนาวลม

คงมีประสบการณ์ว่าแม้เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมจะไม่เย็นมาก แต่เมื่อมีลมพัดแรงจะทำให้รู้สึกหนาวมากได้ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศอุ่นที่อยู่ล้อมรอบร่างกายถูกลมพัดพาออกไป และถูกแทนที่โดยอากาศเย็นอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงทำให้ร่างกายต้องเสียความร้อนไปมาก

ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงได้มีผู้ที่คิดค้นนี้เกี่ยวกับความหนาวจากการหนาวลม ที่เรียกว่า Wind Chill Index โดยแสดงผลของความเร็วมต่อความหนาวที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิแวดล้อม 30°ฟ. แต่มีลมพัดแรง 25 ไมล์/ชม. จะหนาวเท่ากับอากาศแวดล้อม 0°ฟ. หรือเมื่ออุณหภูมิแวดล้อม 10°ฟ. แต่มีลมแรง 25 ไมล์/ชม. จะทำให้รู้สึกหนาวเท่ากับ -29°ฟ.

ในการออกกำลังกายในอากาศเย็นที่ต้องการมีการเคลื่อนไหว จะทำให้รู้สึกหนาวเพิ่มขึ้น เช่นการวิ่งด้วยความเร็ว 8 ไมล์/ชม. ด้านลมที่มีความเร็ว 12 ไมล์/ชม. จะเทียบได้กับลมมีความเร็ว 20 ไมล์/ชม.

ใน Wind Chill Index นี้ได้แบ่งออกเป็น 3 เขตด้วยกัน เขตที่อยู่ทางซ้ายมือเป็นเขตที่มีอันตรายน้อย เขตที่อยู่กลางเป็นเขตที่มีอันตราย โดยจะเริ่มที่อุณหภูมิ 23°ฟ. อันตรายจะเกิดขึ้นบริเวณใบหู, จมูก, และนิ้วมือ ส่วนในเขตที่อยู่ทางขวาสุดนั้นเป็นเขตที่มีอันตรายมากและสามารถทำให้เกิดอันตรายได้ในเวลาไม่กี่นาที

ทางเดินอากาศหายใจเมื่ออากาศเย็น

อากาศแวดล้อมที่เย็นไม่มีอันตรายต่อทางเดินหายใจ แม้แต่ในอากาศที่เย็นมาก ก็จะทำให้ทางเดินหายใจเย็น เมื่อเข้าไปถึงหลอดลม จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 26.5 - 32.2° ซ. อย่างไรก็ตามเมื่อออกกำลังกายในอากาศเย็น จะทำให้สูญเสียน้ำและความร้อนออกไปจากทางเดินอากาศหายใจได้มากจึงทำให้ปากแห้ง, แสบคอ และเกิดภาวะร่างกายเสียน้ำ อย่างไรก็ตาม สามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มความอบอุ่นที่บริเวณคอหรือสวมหน้ากากคลุมจมูกและปาก เพื่อเพิ่มความอบอุ่นและความชื้นของอากาศเข้าไป

Exercise in the Cold

It is rare, except when survival is at stake, for people to exercise with low body temperatures. The combination of the increased metabolism of exercise and extra clothing minimize the chances of hypothermia during exercise or sports performance. However, cold exposure can be a factor in physical performance when environmental conditions present the potential for heat loss.

Movement in the Cold

The two biggest handicaps of exercising in the cold are the numbing of exposed flesh and the awkwardness and extra weight of protective clothing. Manipulative motor skills requiring finger dexterity, such as catching and throwing, are tremendously impaired in the cold because the cold effectively anesthetizes sensory receptors in the hands. Also, exposed flesh, particularly on the face, is susceptible to frostbite, which can become a serious medical problem.

Shivering or an increase in pre-shivering muscle tone may also decrease muscle efficiency. Both conditions increase the metabolic cost of exercise, which increases the perception of effort. Also, because shivering occurs in agonists and antagonists, normal movement patterns can be impaired. To compensate, more motor units may be recruited, which would also increase the difficulty of performing precise movements.

Clothing Clothing is an important consideration during physical activity in the cold. The insulation value of the clothing must be balanced with the increased metabolic heat production of exercise. If too much clothing is worn, the individual risks becoming a "tropical person" in a cold environment (i.e., even though it is cold, the person gets overheated from wearing too many clothes). Heat illnesses have occurred in overclothed persons exercising in extremely cold climates.

Clothes protect against the cold because they increase the body's insulation. Clothing traps warm air next to the skin and decreases heat loss by conduction and convection. The *clo unit* is a measure of the thermal insulation provided by clothing. One clo provides enough insulation to keep a resting person comfortable at 20° C, <50% relative humidity, and wind velocity of 6 m min⁻¹.

The best clothing for exercise in the cold allows for the evaporation of sweat while providing added protection from the cold. Clothing should be worn in layers so that it may be removed as the metabolic heat production increases during exercise. Select clothing that provides protection from the cold during rather than before exercise. Additional clothing should be available after exercise to prevent hypothermia. After exercise, metabolic rate decreases but the rate of heat loss remains high. Clothing manufacturers have made tremendous progress in recent years in developing lightweight clothing that provides sufficient insulation and freedom of movement during exercise.

Cardiopulmonary Responses to the Cold

Oxygen Consumption Maximal oxygen uptake is unaffected in the cold. However, submaximal Vo_2 increases in the cold, particularly at lower intensities of exercise (Table 22-1). Differences between submaximal exercise Vo_2 in cold and neutral thermal environments disappear as exercise approaches maximal intensity. Submaximal exercise Vo_2 is higher in the cold because heat loss is greater than it is in a comfortable environment. Increases in skin and muscle blood flow, which occur during exercise in any environment, increase the thermal gradient between the surface of the body and the cold environment. Consequently, more heat is lost through convection and conduction. For the same reason, exercising with wet clothing, particularly in the wind, increases Vo_2 15 to 20% more than the same exercise practiced in a comfortable environment.

<u>Physiological Response to Exercise in the Cold</u>	
Physiological Response	Physiological Effect or Mechanism
Increased submaximal exercise Vo_2	Greater heat loss
Decreased exercise capacity in water	Greater heat loss
Increased ventilation during submaximal exercise	Increased sympathetic stimulation
Reduced skin blood flow	Peripheral vasoconstriction
Lower lipid mobilization	Reduced blood flow to adipocytes
Increased glycogen use	Increased carbohydrate metabolism
Increased lactate concentration	Increased CHO metabolism and decreased lactate clearance
Increased central blood volume	Peripheral vasoconstriction

Decreased heart rate during submaximal exercise	Increased central blood volume
Decreased muscle strength*	Decreased muscle enzyme activity
Release of leptin from adipose tissue	Increased sympathetic stimulation

* Some studies have found increased muscle strength.

Shivering can persist during exercise, which can increase VO_2 . Some researchers have hypothesized that the higher VO_2 during submaximal exercise in the cold may also be due to increased nonshivering thermogenesis. This could be caused, in turn, by increased secretion of catecholamines or leptin.

Swimming in cold water can cause marked deterioration in exercise capacity and VO_2 peak (in this case, VO_2 peak is the maximal oxygen consumption measured during swimming; Figure 22-7). Heat conductance is about 25 times greater in water than in air. Body fat is an important factor in determining heat loss in cold water. Greater amounts of body fat increase insulation and the transfer of heat to the water. Long-distance channel swimmers typically have high fat percentages; this slows the rate of heat loss during their prolonged swims. It is unclear if this characteristic represents an adaptation to the cold or is simply a conscious effort on the part of the swimmer to increase insulation by increasing body fat.

Exercise can partially or totally replace the heat production of shivering during exposure to a cold environment. The peripheral blood vessels vasodilate during physical activity, which effectively decreases the body's insulation to the cold. Heat production from exercise and shivering must be adequate to maintain heat balance, or hypothermia will result.

Exercise followed by cold exposure raises postexercise thresholds for vasoconstriction and shivering. In other words, people who exercise and then are exposed to the cold shiver and vasoconstrict at a higher core temperature than if they had not exercised.

Ventilation Ventilation increases in the cold. Particularly when cold exposure is sudden (e.g., falling from a boat into cold water). Abrupt exposure causes a gasping reflex. In the water, this may be responsible for the sudden disappearance syndrome-drowning caused by taking a gasping breath in cold water during sudden exposure. This "inspiratory gasp" during exposure to cold water is accompanied by hyperventilation, tachycardia, peripheral vasoconstriction, and hypertension. Increased ventilation also decreases CO_2 in the blood vessels and can cause

confusion and unconsciousness. Taken together, these physiological responses are very dangerous and account for many cases of drowning each year.

The difference between ventilatory response to cold and to normal temperature progressively narrows with increased exercise intensity. Also, elevated ventilatory response, at rest and during exercise, decreases with repeated exposure to cold. This may represent an habituation or acclimatization (cause unknown) to cold exposure.

Heart Cold exposure causes peripheral vasoconstriction, which increases central blood volume. Consequently, blood pressure increases due to an increased afterload of the heart and, sometimes, an increased preload. Some, but not all, studies have found decreased heart rate and increased stroke volume. Stroke volume changes may be accompanied by increased ventricular end-diastolic and systolic volumes. Changes in cardiac performance with cold exposure are more common in males than females. This is probably because of higher subcutaneous fat in women, which provides better peripheral insulation against the cold.

The incidence of arrhythmias increases in the cold. Cold increases afferent impulses to the hypothalamus and cardiovascular control center, and increases adrenal secretion of epinephrine, all of which can increase the incidence of cardiac arrhythmias. Scuba diving in cold water may increase the incidence of fatal arrhythmias. Ventricular fibrillation is a leading cause of death in people with hypothermia.

Muscle Strength

Muscle strength and peak power output decrease as muscle temperature decreases. The enzyme activity necessary for energy transformations and muscle contractions are most efficient at temperatures slightly above those seen in normal resting muscle. Muscle strength and power decrease with the decreased muscle enzyme that occurs with cooling. However, some researchers have found the cooling the muscles actually increases strength.

Increased motor unit recruitment may be necessary to compensate for lower capacity. Muscle blood flow is less at rest and during submaximal exercise in cooled muscle. Increased motor unit recruitment and decreased blood flow may increase lactate production and decrease lactate clearance, which could speed the rate of fatigue. Other factors impairing muscle

performance in cold include increased muscle viscosity and decreased ATP metabolism and muscle contractile velocity.

Metabolic Changes

Cold exposure increases the use of carbohydrates as substrate. During light exercise, muscle glycogen decreases faster in the cold than if does in warmer air. During maximal exercise, glycogen depletion is independent of air temperature. Prolonged exposure to cold (e.g., being lost in the wilderness) often leads to hypoglycemia, which suppresses shivering and causes core temperature to drop.

Increased carbohydrate metabolism augments the rate of lactate formation. At a given exercise intensity, venous lactate is higher in the cold. A possible explanation for this is that cold causes decreased muscle blood flow during submaximal exercise, which decreases the rate of lactate clearance. Also, cold exposure increases catecholamine secretion, which stimulates lactate production.

Fat metabolism is depressed in the cold even though catecholamine concentrations increase (these hormones stimulate lipolysis in adipose tissue and speed intravascular breakdown of triglycerides). The probable reason for depressed fat metabolism in the cold is that blood flow to subcutaneous fat cells decreases. Some researchers have also found a decrease in the respiratory exchange ration (V_{CO_2}/V_{O_2} , an indirect measure of the predominance of the or carbohydrate metabolism), which would suggest an increase in fat metabolism. However, most evidence points to decreased fat metabolism during cold exposure.

Cold exposure also increases protein degradation, as measured by increased urea nitrogen excretion. Urea nitrogen, excreted principally in the urine, is a good measure of protein breakdown.

Problems with cold exposure may be compounded with fatigue, sleep loss, and underfeeding-conditions common in wartime or cold weather survival (e.g., poor elderly people living in marginal conditions). These conditions impair the body's ability to regulate its temperature in the cold and increase the risk of hypothermia. Likewise, repeated cold exposures decrease the body's ability to maintain its normal temperature because fatigue blunts the metabolic heat production capacity. It may be that the shivering response decreases with repeated cold exposure.

Acclimatization and Habituation to Cold

People exposed to environmental stresses such as heat, cold, and altitude usually make physiological and psychological adjustments (i.e., acclimatization and habituation) to improve their comfort. *Acclimatization* is physiological compensation to environmental stress occurring over a period of time. *Acclimation* is a related term meaning the adaptive changes occurring within the organism in response to experimentally induced changes in the environment (i.e., laboratory-induced changes). Habituation is the lessening of the sensation associated with a particular environmental stress or. Simply stated, in acclimatization and acclimation, definite physical alterations improve physiological function. In habituation, the person learns to live with the stress or.

It is difficult to demonstrate acclimatization in people who are not chronically exposed to cold. Although scientists have studied people in primitive societies who were chronically exposed to cold, studying cold exposure in more "civilized" societies is more difficult and provides less useful information about cold acclimatization. People who live in very cold areas, such as northern Canada, northern Scandinavia, or Siberia, protect themselves from low temperatures with winter clothing and shelter. Physiologically, they do not get the same chance for cold acclimatization as they would if they were less protected.

There are three basic tests of acclimatization to cold in humans: shivering threshold, hand and feet temperature, and the capacity to sleep. The first test is the threshold skin temperature that results in shivering. Cold-acclimatized people maintain heat production with less shivering. Shivering occurs later in subjects exposed to several weeks of cold temperatures. These subjects increase the secretion of thyroid hormones and their tissues become more sensitive to norepinephrine. This results in uncoupled oxidative phosphorylation-heat is released without the production of ATP. Lepton release from adipose tissue may also increase, which stimulates the sympathetic nervous system. Another mechanism affecting shivering threshold may be thickness of subcutaneous fat. Chronic exposure to cold may increase skinfold thickness. The mechanism for this change is not known.

The second test of acclimatization is the capacity to prevent large decreases in temperature in the hands and feet. In unacclimatized people, hand and foot temperatures drop progressively during cold exposure. Acclimatized people, however, are able to maintain almost

normal hand and foot temperatures. Acclimatization results in improved intermittent peripheral vasodilatation to make the hands and feet more comfortable. Habituation also seems to play a part. Some individuals seem to lose or learn to tolerate the pain sensations associated with cold feet and hands, even when there is little improvement in circulation or temperature.

The third test is the ability to sleep in the cold. Unacclimatized humans will shiver so much that it is impossible to sleep. Some studies show that it is possible to acclimatize enough to sleep, but these findings have not been consistently replicated. The ability to sleep in the cold seems to depend on the extent of nonshivering thermogenesis induced by increased secretion of norepinephrine. Some peoples, such as the Aborigines of Australia, are exceptions to this. They are capable of sleeping in the cold with little or no clothing without an increase in metabolism. They have a superior capacity to vasoconstrictor peripheral blood vessels, which allows skin temperature to decrease without shivering.

Physical conditioning seems to be beneficial in acclimatization to the cold, just as it is in the heat and at altitude. Physical conditioning results in a higher body temperature in sleep tests in the cold. Consequently, the individual can sleep better and is more comfortable. The role of training in cold tolerance is not completely understood and remains controversial.

Cold Injury

Hypothermia As noted in Figure 22-1, the hypothalamus ceases to control body temperature at extremely low core temperatures. Hypothermia depresses the central nervous system, which results in an inability to shiver, sleepiness, and eventually, coma. The lower temperature also results in a lower cellular metabolic rate, which further decreases temperature.

Hypothermia has profound effects on the cardiovascular system: Central blood volume decreases, while peripheral resistance and blood viscosity increase. Central blood volume decreases due to plasma sequestration, inadequate fluid intake, and cold diuresis. The heart rate decreases, and the heart is much more susceptible to life-threatening arrhythmias, such as ventricular fibrillation. Hypothermia can result from exposure to cold water, lack of protective clothing in the cold, leanness, high wind chill, use of alcohol or drugs in the cold and the use of snow to relieve thirst.

Hypothermia is also possible during endurance exercise competitions (i.e., marathons) conducted in the cold. A person can become hypothermic if the rate of heat production during exercise is exceeded by the rate of heat loss. Glycogen depletion increases the risk of hypothermia because it leads to hypoglycemia and reduced central nervous system function.

Frostbite Frostbite is caused by ice crystal formation within tissues and typically occurs to exposed body parts such as the earlobes, fingers, and toes. The risk of frostbite increases when the temperature drops below -60C. It can cause permanent circulatory damage, and sometimes the frostbitten part is lost due to gangrene.

การออกกำลังกายในอากาศเย็น (แปล)

ไม่ง่ายเลยสำหรับบุคคลทั่วไปที่จะออกกำลังกายในขณะที่อุณหภูมิร่างกายลดต่ำลง การที่อัตราการเผาผลาญพลังงานเพิ่มสูงขึ้นและการสวมเสื้อผ้าหนาๆ จะช่วยลดโอกาสการเป็น Hypothermia ระหว่างการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาในอากาศหนาวเย็น อย่างไรก็ตามการที่ต้องอยู่ในอากาศหนาวก็อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพทางกายได้ เมื่อสภาพอากาศแวดล้อมมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนอย่างรวดเร็ว

การเคลื่อนไหวในอากาศเย็น

ข้อเสียเปรียบที่สำคัญ 2 ข้อสำหรับการออกกำลังกายในอากาศเย็น ก็คือ

- อาการชาของส่วนเปิดบนร่างกาย
- ความรุ่มร้อนและน้ำหนักที่มากของเสื้อผ้าป้องกันความเย็น

ทักษะเฉพาะทางหลายอย่างที่ต้องการความคล่องตัวของนิ้วมือ เช่น การจับและโยน ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่ออยู่ในอากาศหนาวเย็น เพราะว่าความเย็นจะส่งผลกระทบต่อประสาทรับความรู้สึกทำให้มือหมดความรู้สึกเช่นเดียวส่วนเปิดทั่วร่างกาย โดยเฉพาะผิวหนังซึ่งไวต่อการถูกความเย็นกัดในที่สุดอาจกลายเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญได้

เครื่องแต่งกาย

เครื่องแต่งกายเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงมากในการทำกิจกรรมท่ามกลางอากาศหนาวเย็น ค่าการกักเก็บความร้อนของเสื้อผ้าต้องสมดุลกับการผลิตความร้อนระหว่างออกกำลังกาย เพราะว่าถ้าความร้อนมากเกินไปก็เสี่ยงที่จะกลายเป็น "Tropical person" ถึงแม้จะอยู่ในอากาศหนาวเย็นคนที่สวมเสื้อผ้ามากเกินไปก็อาจจะเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนเกินขนาดได้

เสื้อผ้าสามารถป้องกันความเย็นได้เพราะว่ามันทำหน้าที่เป็นเสมือนฉนวนห่อหุ้มร่างกาย กักเก็บความร้อนไว้ใกล้ผิวหนังและลดการสูญเสียความร้อนจากการนำและพาความร้อน

เสื้อผ้าที่ดีที่สุดสำหรับการออกกำลังกายในอากาศหนาวเย็น ต้องยอมให้เหงื่อระเหยผ่านได้ ขณะเดียวกันก็สามารถป้องกันความเย็นได้ แต่มันก็จะลดประสิทธิภาพลงตามปริมาณความร้อนซึ่งเกิดจากการเผาผลาญขณะออกกำลังกาย ดังนั้นควรเลือกเสื้อผ้าที่สามารถป้องกันความเย็นได้ตลอด การออกกำลังกายไม่ใช่แค่เพียงก่อนออกกำลังกาย แต่ก็ควรจะมีเสื้อผ้าสำรองไว้เพื่อป้องกันการเป็น Hypothermia เพราะหลังการออกกำลังกายอัตราการเผาผลาญจะลดลงแต่ระดับการสูญเสียความร้อนยังสูงอยู่

ระบบหายใจในอากาศเย็น

การใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออยู่ในอากาศเย็น แต่อย่างไรก็ตาม Submaximal VO_2 กลับเพิ่มสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเกิดการสูญเสียความร้อนมากกว่าสภาวะอากาศปกติ ปริมาณเลือดที่ไหลเวียนในผิวหนังและกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นจะเกิดได้ในทุกสภาวะอากาศ เพิ่มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวของร่างกายกับอุณหภูมิแวดล้อม

ความร้อนของร่างกายส่วนมากจะสูญเสียไปโดยการนำและพาความร้อนออกจากร่างกาย ด้วยเหตุนี้ถ้าเราออกกำลังกายขณะเสื้อผ้าเปียกและมีลมพัด จะทำให้เพิ่ม VO_2 ขึ้นอีก 15-20% ของการออกกำลังกายในอากาศปกติ

การตอบสนองทางกายเมื่อออกกำลังกายในอากาศเย็น	
การตอบสนอง	ผลกระทบ
เพิ่ม Submaximal VO_2	สูญเสียความร้อนมาก
ลดความทนทานของการออกกำลังกายในน้ำ	สูญเสียความร้อนมาก
เพิ่มการหายใจขณะออกกำลังกาย	เพิ่มการกระตุ้นประสาท Sympathetic
การไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังลดลง	เกิดการหดตัวของหลอดเลือด
เพิ่มการใช้ไกลโคเจน	เพิ่มอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต
เพิ่มความเข้มข้นของกรด Lactate	เพิ่มการเผาผลาญ CHO และ ลดการสลายกรด Lactate
เพิ่มความดันโลหิต	การหดตัวของหลอดเลือด
ชีพจรลดลงขณะออกกำลังกาย	เพิ่มความดันโลหิต
ลดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ลดการทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อ

การว่ายน้ำในน้ำเย็นส่งผลต่อความทนทานและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างชัดเจน การนำความร้อนออกจากร่างกายเมื่อออกกำลังกายในน้ำสูงกว่าในอากาศถึง 25 เท่า ไขมันก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการสูญเสียความร้อนในน้ำ นักว่ายน้ำระยะไกลมักจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายสูง ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนขณะว่ายน้ำ

การออกกำลังกายสามารถทดแทนการผลิตความร้อนจากการสั่นได้บางส่วนหรือทั้งหมด เส้นเลือดจะมีการขยายตัวเมื่อมีกิจกรรมทางกายซึ่งจะลดความต้านทานความเย็นของร่างกายลง ความร้อนซึ่งเกิดจากการออกกำลังกายและการสั่นจะต้องเพียงพอที่จะรักษาสมดุลความร้อนในร่างกาย มิฉะนั้นอาจเป็น Hypothermia ได้

การระบายอากาศในอากาศเย็นจะมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อได้รับความเย็นแบบทันทีทันใด ยกตัวอย่างการตกจากเรือลงในน้ำเย็น โดยทำให้เกิดการหอบซึ่งเป็นปฏิกิริยาโต้ตอบอัตโนมัติ การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจะทำให้ CO₂ ในกระแสเลือดลดลงอีกทั้งยังเป็นสาเหตุของอาการมึนงงและหมดสติ ซึ่งเป็นอันตรายมากและเป็นสาเหตุของการจมน้ำตายหลายๆ รายในแต่ละปี

ความแตกต่างของการระบายอากาศ ในอากาศเย็นและอากาศปรกติสามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย

หัวใจ ความเย็นเป็นสาเหตุที่ทำให้เส้นเลือดหดตัวซึ่งจะทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น จากการศึกษพบว่า ชีพจรจะลดลงแต่ปริมาณการสูบฉีดโลหิตจะเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้มักเกิดกับผู้ชายมากกว่าผู้หญิง

ความเย็นจะเพิ่มแรงกระตุ้นไปที่สมองส่วนไฮโปทาลามัสและศูนย์รวมประสาทควบคุมระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เพิ่มการหลั่งฮอร์โมน Epinephrine ทำให้หัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงและกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อจะลดลงตามอุณหภูมิของกล้ามเนื้อที่ลดลง เอนไซม์ซึ่งช่วยในการสลายพลังงานและการหดตัวของกล้ามเนื้อจะทำงานได้ดีในอุณหภูมิปรกติ ความเย็นจะทำให้เอนไซม์ในกล้ามเนื้อลดลงส่งผลให้ความแข็งแรงและพลังกำลังของกล้ามเนื้อลดลง

การเพิ่มการเคลื่อนไหวและการลดลงของการไหลเวียนเลือดจะเป็นสาเหตุที่ทำให้กรดแลคติกเพิ่มขึ้นขณะที่การสลายกรดแลคติกลดลงทำให้เกิดการเมื่อยล้าเร็วขึ้น ปัจจัยเสริมที่ทำให้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อลดลง ก็คือ การเพิ่มความหนักของกล้ามเนื้อ, อัตราการเผาผลาญ ATP และความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง

การเปลี่ยนแปลงอัตราการเผาผลาญ

อุณหภูมิที่หนาวเย็นจะเพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรต ขณะที่ออกกำลังกายเบาๆ ในอากาศหนาวเย็น ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะสลายไปเร็วกว่าการออกกำลังกายด้วยความหนักเท่ากันในอากาศร้อน แต่ถ้าออกกำลังกายอย่างหนัก อุณหภูมิที่ต่างกันจะไม่ส่งผลต่ออัตราการสลายไกลโคเจน

การเพิ่มอัตราการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต จะเพิ่มระดับกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ แม้ในระดับความหนักของกิจกรรมที่เท่ากัน ระดับกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่ออยู่ในอากาศเย็น

กระบวนการเผาผลาญไขมันก็ลดลงเช่นเดียวกันในอากาศเย็น และในอากาศเย็นจะมีการเผาผลาญโปรตีนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดกรดยูริก ซึ่งจะขับถ่ายออกจากร่างกายพร้อมกับปัสสาวะ ดังนั้นจึงเป็นตัวบ่งชี้ได้ดีถึงการเผาผลาญโปรตีน

ปัญหาที่พบในสภาวะอากาศเย็น ก็คือ ความเมื่อยล้า การนอนไม่หลับ ภาวะขาดอาหาร สิ่งเหล่านี้จะทำให้ความสามารถทางกายลดลงและเพิ่มโอกาสการเป็น Hypothermia

ความคุ้นเคยและความเคยชินต่ออากาศเย็น

คนที่ต้องเผชิญกับความเครียดจากสภาพแวดล้อม เช่น ความร้อน ความเย็น ความสูงของภูมิประเทศ ต้องสร้างความคุ้นเคยทางร่างกายและจิตใจ เพื่อความสบายของตนเอง

การทำความคุ้นเคย ก็คือ การปรับสภาพของร่างกายให้เข้ากันได้กับสภาพแวดล้อม

การสร้าง ความเคยชิน คือการปรับจิตใจให้รับสภาพได้ มีอยู่ 3 วิธี ที่จะทดสอบความคุ้นเคยกับอากาศเย็น ก็คือ

- การสั่นของร่างกาย
- อุณหภูมิมือและเท้า
- การนอนหลับ

การบาดเจ็บจากอากาศเย็น

Hypothermia

สมองส่วนไฮโปทาลามัส เป็นส่วนควบคุมอุณหภูมิร่างกายในขณะที่อุณหภูมิแกนของร่างกายลดต่ำลงสุดขีด Hypothermia จะลดการทำงานของศูนย์กลางประสาท ทำให้ร่างกายไม่เกิดอาการสั่น หลับ จนเกิดอาการเข้าขั้นโคม่า การลดต่ำลงของอุณหภูมิ เป็นผลมาจากอัตราการเผาผลาญที่ลดลง Hypothermia มีผลกระทบต่อระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้ความดันโลหิตลดลง ความต้านทานในหลอดเลือดและความหนืดของเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งจรรลดต่ำลง Hypothermia เกิดขึ้น

ได้โดยการอยู่ในน้ำเย็น ,เครื่องแต่งกายป้องกันความเย็นไม่เพียงพอ ลมแรง การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือการใช้ยา และการใช้หิมะเพื่อดับกระหาย

Hypothermia เกิดขึ้นได้ระหว่างการแข่งขันที่ต้องใช้ความอดทน เช่น มาราธอน ผู้ที่เป็น Hypothermia เกิดจากการที่ร่างกายผลิตความร้อนน้อยกว่าความร้อนที่ร่างกายสูญเสียไป การที่ไกลโคเจนลดลง จะเพิ่มอัตราเสี่ยงที่จะเป็น Hypothermia เพราะว่ามันนำไปสู่การขาดน้ำตาลในเลือด และลดการทำงานของประสาทศูนย์กลาง

หิมะกัด

เกิดจากการที่มีผลึกน้ำแข็ง เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อบนส่วนเปิดของร่างกายเช่น ใบหู นิ้วมือ นิ้วเท้า ความเสี่ยงที่จะเกิดหิมะกัดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า -60 องศาเซลเซียส มันสามารถทำให้เกิดความเสียหายอย่างถาวร เพราะส่วนที่โดนหิมะกัดเนื้อเยื่อจะตาย

Wind Chill Index ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งถึงความหนาววมที่อาศัยข้อมูลจากทั้งอุณหภูมิอากาศ แวดล้อมกับความแรงของลม

Wind Speed, mph	Ambient temperature, *F**															Calm
	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	
Calm	Equivalent temperature, *F															Calm
5	40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	5
10	37	33	27	21	16	12	6	1	-5	-11	-15	-20	-26	-31	-35	10
15	28	21	16	9	4	-2	-9	-15	-21	-27	-33	-38	-46	-52	-58	15
20	22	16	11	1	-5	-11	-18	-25	-32	-40	-45	-51	-57	-65	-70	20
25	18	12	3	-4	-10	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-60	-67	-76	-81	25
30	16	7	0	-7	-15	-22	-29	-37	-44	-52	-59	-67	-74	-83	-88	30
35	13	5	-2	-11	-18	-26	-33	-41	-48	-56	-63	-71	-78	-87	-92	35
40	10	1	-6	-15	-21	-29	-37	-45	-52	-60	-67	-75	-82	-91	-96	40
Little Danger					Danger					Great Danger						

Convective heat loss at wind speeds above 40 mph has little additional effect on body cooling

กรอบแนวความคิด

1. ทำการแนะนำตัวร่วมกับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ และข้อตกลงต่างๆ ในการทดลอง และให้กลุ่มตัวอย่าง กรอกแบบฟอร์ม ประวัติ และพาผู้ทำการทดสอบไปตรวจสอบสุขภาพโดยแพทย์
2. ทำการทดลองเป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน ให้กลุ่มตัวอย่าง ควบคุมอาหาร ก่อนทดลอง และวัดอุณหภูมิก่อนและหลังการทดลอง
3. นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง

