

การออกแบบระบบควบคุมการแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณฝ่ามือเพื่อการฟื้นฟู
สมรรถนะของนักกีฬา

A NEW DESIGN OF PALM HEAT EXCHANGE SYSTEM FOR PERFORMANCE
RECOVERING OF ATHLETES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-EN-M-045-096

การออกแบบระบบควบคุมการแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณฝ่ามือเพื่อการฟื้นฟู
สมรรถนะของนักกีฬา

A NEW DESIGN OF PALM HEAT EXCHANGE SYSTEM FOR PERFORMANCE
RECOVERING OF ATHLETES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556
KMITL-2013-EN-M-045-096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A NEW DESIGN OF PALM HEAT EXCHANGE SYSTEM FOR PERFORMANCE
RECOVERING OF ATHLETES



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น KMITL-2013-EN-M-045-096 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะที่ออกหรือศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบระบบควบคุมการแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณฝ่ามือ
เพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา

Thesis Title A New Design of Palm Heat Exchange System for Performance
Recovering of Athletes

นักศึกษา นางสาวหทัยา อิศสระประสาธน์

รหัสประจำตัว 54612604

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2013-EN-M-045-096

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุพันธุ์	ตั้งจิตกุลสมัน
ดร.ภัทรพงษ์	ผาสุขกิจ
ผศ.ดร.รุ่งชัย	ชวนไชยะกุล
ดร.สุรเดช	ตรีไตรลักษณ์
ผศ.ดร.กิติพล	ชิตสกุล

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบควบคุมการแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณฝ่ามือเพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา
นักศึกษา	นางสาวหทัย อีสสระประสาธน์
รหัสประจำตัว	54612604
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. กิติพล ชิตสกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมความร้อนร่างกายแบบใหม่เพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา โดยอาศัยหลักการการลดอุณหภูมิร่างกายของนักกีฬาอย่างรวดเร็วเนื่องจากอุณหภูมิร่างกายที่สูงมากยิ่งขึ้นในระยะเวลาการออกกำลังกาย หรือการแข่งขัน เป็นปัจจัยจำกัดขีดความสามารถของนักกีฬา ระบบควบคุมความร้อนร่างกายที่ได้ออกแบบขึ้นใหม่ใช้ การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิความร้อนออกจากร่างกายบริเวณฝ่ามือทั้งสองข้างผ่านโลหะที่ควบคุมอุณหภูมิคงที่ระหว่าง 10-18 องศาเซลเซียส โดยกระบวนการควบคุมแบบ พีไอดี ให้มอเตอร์ปั้มน้ำเย็นขนาดเล็กทำงาน พาความเย็น ควบคุมค่าอุณหภูมิของโลหะได้ตลอดการใช้งาน นอกจากนี้ระบบดังกล่าวยังมีการออกแบบให้มีการใช้งานและหิ้วพาได้ง่ายและยังสามารถแสดงค่าอุณหภูมิของโลหะเป็นเวลาจริง (Real Time) และยังสามารถวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ได้อีกด้วย

การทดสอบสมรรถนะของระบบควบคุมความร้อนร่างกายที่ออกแบบใหม่ กับวัตถุทดลองที่ไม่ใช่ นักกีฬา และใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะทางกีฬา ระบบสามารถใช้งานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ และ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ใช้ระบบควบคุมความร้อนมีอัตราการลดลงของการเต้นของหัวใจเร็วกว่ากลุ่มไม่ใช้เฉลี่ย 22.2% การทดสอบระบบกับนักกีฬามวยปล้ำในกติกการแข่งขันจริง และใช้ตัวชี้วัดมากขึ้นเช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ และ การใช้กำลังงานของกล้ามเนื้อซึ่งไม่ใช่ใช้ออกซิเจน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถช่วยฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬาได้

Thesis	A New Design of Palm Heat Exchange System for Performance Recovering of Athletes
Student	Ms. Hattaya Issaraprasart
Student ID.	54612604
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Kitiphol Chitsakul

ABSTRACT

Obviously athlete's performance is limited by metabolic induced of the body. To recover the performance, core body temperature must be rapidly reduced to normal as soon as possible. This thesis presents a new design of body thermal regulation for performance recovering of athletes. This system provides for reducing of the body temperature more rapid during exercises or competitions by using heat exchanging between human palms and lower, fixed temperature metallic body. In the design, U-shape tube, with suitable size for holding by two arms, has been used as the heat exchange body. By circulating cool water internal of the tube, the outer side of the tube is kept at a constant set point temperature between 10-18°C. The system was implemented as a portable one. With built in touched screen graphic display as user interface, real time palm-holder temperature and heart rate monitor were integrated.

According to experiments with non-athletes subjects in the laboratory environment, the system has shown good technical performances as design. By only using hart rate as indicator of athletic performance recovering, it has been shown that the system helped to reduce more rapid to 22.2% of average heart rate than the non using group. An experiment was also carried on the Wrestling athletes with the same rule used in actual competition. The results have shown that the body thermal regulation was able to recover athletic performance indicated by such as heart rate, oxygen and carbon dioxide consumption and anaerobic power

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ หัวหน้าห้องปฏิบัติการวัดและประมวลผลทางชีวการแพทย์ (Biomedical Measurement and Computation Laboratory) ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และสนับสนุนสถานที่ ตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.รุ่งชัย ขวนไชยะกุล รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิชาการ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการนำอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย นำไปใช้ประโยชน์กับนักกีฬาประเภทต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณผกากรอง อุตสาหกรรม หัวหน้าการกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดเตรียมนักกีฬามวยปล้ำและสถานที่ทำการทดสอบอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย ตลอดจนมีการซื้ออุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อประโยชน์ต่อนักกีฬาของประเทศไทยต่อไป

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

หัตถยา อิศสระประสารณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	4
1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness)	5
2.1.1 สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical fitness)	5
2.1.2 สมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical fitness)	6
2.1.3 การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical fitness).....	6
2.1.4 การออกกำลังกาย (Exercise)	6
2.2 กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย	7
2.2.1 อุณหภูมิร่างกาย (Temperature).....	7
2.2.2 การผลิตความร้อนของร่างกาย	8
2.2.3 การระบายความร้อนในร่างกาย	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้วยน 9 คำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.4 การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย (Thermoregulation)	9
2.3 สภาวะผิดปกติของอุณหภูมิร่างกาย	12
2.3.1 สภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ (Hyperthermia)	12
2.3.1.1 โรคที่เกิดจากความร้อน	12
2.3.1.2 ปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุ	14
2.3.1.3 วิธีการรักษา	14
2.3.1.4 วิธีการป้องกัน	14
2.3.2 สภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ (Hypothermia)	14
2.3.2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ	15
2.3.2.2 วิธีการรักษา	15
2.4 การวัดอุณหภูมิร่างกาย	16
2.4.1 การวัดอุณหภูมิทางปาก	16
2.4.2 การวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก	16
2.4.3 การวัดอุณหภูมิทางรักแร้	16
2.4.4 การวัดอุณหภูมิทางช่องท้อง	17
2.5 ระบบควบคุมพีไอดี	17
2.5.1 การปรับสัดส่วนสัญญาณ	18
2.5.2 การอินทิเกรตสัญญาณ	19
2.5.3 การอนุพันธ์สัญญาณ	20
2.5.4 การปรับจูนอัตราขยาย ด้วยวิธีการของซีเกลอร์ – นิโคลส์	21
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
2.6.1 เทคโนโลยีการใช้ความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย	23
2.6.2 เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย โดย เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	27
3.1 โครงสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนของร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือ	27
3.1.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน	27
3.1.2 การออกแบบโครงสร้างวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนร่างกาย (โลหะทองแดง)	28
3.1.3 การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์	29
3.2 ระบบประมวลผลและบันทึกข้อมูล	31
3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440	31
3.2.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	31
3.2.3 การควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล	32
3.2.3.1 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์ (Driver Circuit)	33
3.2.3.2 การออกแบบวงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	34
3.2.4 การออกแบบซอฟต์แวร์ประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์	36
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42
4.1 รูปแบบการทดลอง	42
4.1.1 วิธีการทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่นักกีฬา	42
4.1.2 วิธีการทดลองอุปกรณ์ กับนักกีฬามวยปล้ำ	43
4.1.3 ผลการทดลองอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพกับบุคคลปกติ	45
4.1.4 ผลการทดลองอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือ กับนักกีฬามวยปล้ำ	47
4.2 การทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	56
4.3 สรุปผลการทดลองอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย	58
4.4 สรุปผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
5.1 บทสรุปงานวิจัย	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
5.2 วิจารณ์ ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	63
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา	66
ภาคผนวก ข รูปการทดสอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา	72
ภาคผนวก ค หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย	77
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	79
ภาคผนวก จ เอกสารการจดสิทธิบัตร อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา	94
ประวัติผู้เขียน	99



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในระยะพักและออกกำลังกายที่ 70% การใช้ออกซิเจน	9
2.2 การแบ่งระดับอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย	12
2.3 ค่าอัตราขยายของซีเกลอร์ – นิโคลส์ (Ziegler – Nichols)	23
3.1 คุณสมบัติของโลหะทองแดง	28
3.2 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440	31
3.3 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 จากบริษัทผู้ผลิต	32
4.1 แสดงความเร็วของการวิ่งบน Treadmill ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งเพศชายและ เพศหญิง เป็นเวลา 5 นาที	42
4.2 แสดงค่ามาตรฐานของ % Total body fat ของคนไทย	43
4.3 แสดงคุณลักษณะพื้นฐานของนักกีฬามวยปล้ำทั้ง 2 กลุ่มทดลอง	44
4.4 แสดงแสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน	47
4.5 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	48
4.6 แสดงค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน	50
4.7 แสดงค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	51
4.8 แสดงค่าอัตราการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน	52
4.9 แสดงค่าอัตราการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของผิวหนังแสดงหน่วยรับความรู้สึก	10
2.2 แสดงการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างเส้นเลือด	11
2.3 เปรียบเทียบอาการระหว่างโรคลมความร้อน และโรคเพลียจากความร้อน	13
2.4 อาการ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ จะเริ่มจากบริเวณนิ้วมือ และนิ้วเท้า	15
2.5 แสดงวิธีการวัดทางปาก	16
2.6 แสดงแคปซูลวัดอุณหภูมิและเครื่องรับสัญญาณ	17
2.7 แผนภาพการควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller)	18
2.8 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_p=0.5, 1, 2, K_i=1, K_D=1$	19
2.9 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_i=0.5, 1, 2, K_p=1, K_D=1$	20
2.10 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_D=0.5, 1, 2, K_p=1, K_i=1$	21
2.11 แสดงแผนภาพการทดลองด้วยวิธีการปฏิบัติการของกระบวนการ	21
2.12 กราฟแสดงการตอบสนองของระบบอันดับที่หนึ่ง (First order system)	22
2.13 การควบคุมเชิงสัดส่วน (Proportional control)	22
2.14 ต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) ในปี 2009	24
2.15 การออกกำลังกายด้วยม้านั่งยกน้ำหนัก (Bench Press Exercise)	25
2.16 เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท Avacore Technology	25
2.17 การใช้เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) กับนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล ในระหว่างการ แข่งขัน	26
3.1 บล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือ	27
3.2 (ก) แสดงท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ (ข) แสดงภายในท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ	28
3.3 (ก) แสดงโลหะแลกเปลี่ยนความร้อนถูกติดตั้งภายในกระเป๋าสะพาย เก็บความเย็นขนาด 24 x 24 x 18 เซนติเมตร (ข) เป็นรูปภาพภายนอกของกระเป๋าสะพาย	29
3.4 แสดงการติดตั้งปั๊มไฟฟ้าสูบลดขนาดเล็กลง (ข) แสดงลักษณะของภาชนะเก็บสารพาความเย็น	30
3.5 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิสำหรับนักกีฬาเมื่อประกอบสำเร็จ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับโครงการวิจัยนี้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังบุคคลอื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แสดงการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ LM35 จากบริษัทผู้ผลิต	32
3.7 ภาพรวมระบบควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล	33
3.8 สัญลักษณ์ Opto-Coupler (Opto-Transistor)	33
3.9 วงจรขับกระแสที่ถูกรออกแบบเพื่อขับมอเตอร์ปั้มน้ำ	34
3.10 วงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	34
3.11 ต้นแบบเซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ	35
3.12 วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรขยายสัญญาณ.....	35
3.13 ลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ที่ออกแบบ	36
3.14 แสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรม LabVIEW 2012 Mobile Module TM	37
3.15 ลักษณะการปรับอุณหภูมิบนผิวท่อทองแดง(องศาเซลเซียส)กับเวลา(วินาที)เข้าสู่ค่าที่ตั้ง	37
3.16 ผังงานแสดงการไหลของข้อมูล (Flow Chart)	38
3.17 การออกแบบหน้าจอแสดงผลสำหรับการใช้งาน (ก) แสดง scrolling bar ค่าอุณหภูมิปัจจุบัน (SP2) จากเซ็นเซอร์ LM35 แท่งสีแดง (ข) แสดง scrolling bar ที่สามารถเลื่อนได้ใช้เป็นการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิที่ตั้ง (SP2) แท่งสีฟ้า	39
3.18 แสดงผลหน้าจอส่วนที่มีการแจ้งสถานะการทำงานของระบบ	40
3.19 หน้าจอแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)	40
3.20 แสดงวิธีการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V	41
4.1 แสดงวิธีการการทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่ นักกีฬา ในห้องปฏิบัติการ	43
4.2 วิธีการทดลองอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของทั้ง 2 กลุ่มทดลอง	44
4.3 ลักษณะการทดลองอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับนักกีฬา	45
4.4 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 1 (เพศหญิง)	45
4.5 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 2 (เพศหญิง)	46
4.6 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 3 (เพศชาย)	46
4.7 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 4 (เพศชาย)	46

เอกสารนี้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วย
 46
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ลักษณะการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ที่บริเวณตึงหู	47
4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน.....	48
4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	49
4.11 แสดงลักษณะการวัดอัตราการใช้ออกซิเจน	49
4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน	50
4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	51
4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน.....	52
4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน	53
4.16 ลักษณะการเก็บผลการทดลอง ผลงานการออกกำลังกาย แบบแอนาโรบิค (Anaerobic).....	54
4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มนักกีฬาทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม	55
4.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังเฉลี่ยในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มนักกีฬาทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม.....	55
4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังลดลงในการปั่นจักรยานวัดงาน (% Power drop) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.20 แสดงกราฟสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อไม่มีวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรถยาย สัญญาณ	57
4.21 แสดงกราฟสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อผ่านวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรถยาย สัญญาณ	57
4.22 แสดงหน้าจอสัมผัสของไมโครคอนโทรลเลอร์ MIN2440 S3C2440 เมื่อทำการวัดค่าอัตราการ เต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย และโครงสร้างวิทยานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬา มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ทั้งในด้านสุขภาพ พลานามัย จิตใจ กีฬายังสามารถดึงดูดผู้ชมได้ทั่วโลก เช่น การแข่งขันฟุตบอลโลก การแข่งขันฟุตบอลยูโร และการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก เป็นต้น การแข่งขันกีฬาต่าง ๆ นี้ ทำให้มีการส่งเสริมพัฒนาศักยภาพและความสามารถของนักกีฬา หรือสมรรถภาพร่างกายให้ก้าวไปสู่ความพร้อมและความสมบูรณ์สูงสุด ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และเทคนิคทักษะกีฬาในช่วงการแข่งขันตลอดจนพัฒนาไปสู่ความสามารถสูงสุดในแต่ละบุคคล ซึ่งประกอบด้วยองค์รวมของศาสตร์สาขาต่างๆ ดังนี้ กายวิภาคศาสตร์ (Human Anatomy) สรีรวิทยา (Physiology) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ทักษะและการฝึกซ้อมกีฬา (Skill and Training) โภชนาการทางอาหาร (Nutrition) จิตวิทยาการกีฬา (Sport Psychology) เวชศาสตร์การกีฬา (Sport Medicine) และเทคโนโลยีทางกีฬา (Sport Technology)

สมรรถภาพร่างกาย หมายถึง ความสามารถของระบบต่าง ๆ ในร่างกายที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะสามารถปฏิบัติภารกิจประจำวันได้อย่างคล่องแคล่ว ว่องไว และฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติภารกิจได้เร็วขึ้น สมรรถภาพทางกายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [4] คือ สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical Fitness) และสมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical Fitness) สมรรถภาพทางกายทั่วไป เป็นการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ ความเร็ว (Speed) กำลังกล้ามเนื้อ (Muscle Power) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle Endurance) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความอ่อนตัว (Flexibility) และความอดทนทั่วไป (General Endurance, Aerobic Capacity) องค์ประกอบเหล่านี้เกิดจากสมรรถภาพการทำงานที่สัมพันธ์กันของอวัยวะต่างๆ เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบหายใจ ระบบประสาท และระบบไหลเวียนโลหิต หากระบบใดระบบหนึ่งทำงานขัดข้องจะเป็นเหตุทำให้สมรรถภาพทางกายทั่วไปลดลง และอาจเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของระบบอื่นๆ อีกด้วย สมรรถภาพทางกายพิเศษ เป็นสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาเฉพาะกีฬาที่จำเป็นต้องมี เช่น นักกีฬาฟุตบอลจำเป็นต้องฝึกกล้ามเนื้อขา ไหล่ และลำตัว เป็นพิเศษ นักกีฬามวยจำเป็นต้องฝึกกล้ามเนื้อแขน ไหล่ อก ขา และลำตัว เป็นพิเศษ เป็นต้น การวัดสมรรถภาพทางกายทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้ การวัดชีพจรและความดันโลหิต การวัดความจุปอด การวัดแรงบีบมือ การวัดแรงเหยียดขา การวัดความอ่อนตัว การวัดสมรรถภาพระบบไหลเวียนแบบใช้ออกซิเจน และการวัดสมรรถภาพระบบไหลเวียนแบบไม่ใช้ออกซิเจน

การเพิ่มสมรรถภาพทางกายมีวิธีการต่างๆ มากมาย เช่น การควบคุมการบริโภคอาหารของนักกีฬา การฝึกซ้อมอย่างหนักของนักกีฬา และเทคโนโลยีการกีฬา อย่างไรก็ตามการเอาชนะในการแข่งขันกีฬาสั้นส่วนใหญ่นอกจากมีทักษะในการเล่นกีฬานั้น มีสมรรถภาพทางกีฬาของร่างกายสูงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว นักกีฬายังต้องมีสมรรถนะที่เหมาะสมต่อเนื่องตลอดการแข่งขัน การหยุดพักในการแข่งเป็นช่วงหรือยกตามกติกา ก็เพื่อให้ร่างกายของนักกีฬาฟื้นฟูสมรรถนะอย่างเต็มที่ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้วิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา เช่น การรับสารอาหารบางประเภทที่ไม่ต้องห้ามระหว่างการแข่งขัน การลดอุณหภูมิร่างกายก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ยอมรับกันในทุกประเภท วิธีการลดอุณหภูมิร่างกายแบบง่ายตามธรรมชาติคือดื่มน้ำเย็น หรือน้ำเย็นผสมสารอาหาร อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการดูดซึมน้ำของร่างกายเป็นอุปสรรคของการแข่งขันได้ การใช้น้ำเย็นจัดในการลดอุณหภูมิภายนอกเป็นที่นิยมมากที่สุดแต่อาจจะไม่สะดวกในกีฬาบางประเภท ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ปัญหาการลดอุณหภูมิของร่างกายในระหว่างการแข่งขัน เช่นบริษัท AVAcore's CoreControl™ นำเสนอเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) [1] ซึ่งช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายในช่วงการแข่งขันโดยนำเสนอว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถลดอุณหภูมิแกนของร่างกายที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการแข่งขันกีฬา ทำให้ความอดทนของกล้ามเนื้อดีขึ้น ลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เครื่องมือดังกล่าวอาศัยการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่เย็นกว่าผ่านฝ่ามือ 1 ฝ่ามือ ภายใต้ Chamber ที่มีการดึงอากาศภายในออกจนความดันติดลบ (Negative Pressure) เครื่อง Rapid Thermal Exchange สามารถลดอุณหภูมิร่างกายได้โดยระบบไหลเวียนโลหิตภายในร่างกาย ซึ่งจะแลกเปลี่ยนความเย็นผ่านฝ่ามือเข้าไปยังโลหิต จากนั้นจะไหลเวียนไปยังทั่วร่างกาย จึงทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิลดลงนั่นเอง มีการนำเครื่องมือลักษณะดังกล่าวไปใช้ในกีฬายอดนิยมอย่างเช่นอเมริกันฟุตบอล เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน ได้มีการส่งเสริมพัฒนาศักยภาพ หรือสมรรถภาพทางการกีฬามากยิ่งขึ้น ทั้งทางด้าน กายวิยาศาสตร์ สรีรวิทยา ชีวกลศาสตร์ ทักษะและการฝึกซ้อม รวมไปถึง เทคโนโลยีการกีฬา แต่เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในประเทศไทยยังคงไม่เพียงพอต่อนักกีฬาเนื่องจากยังมีการวิจัยในสาขาค่อนข้างน้อย เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายนักกีฬาส่วนใหญ่มีราคาแพง และเป็นเครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาใหญ่ของวงการกีฬาแห่งประเทศไทยเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น เครื่อง Rapid Thermal Exchange ดังกล่าวข้างต้นยังคงไม่ค่อยเป็นที่รู้จักสำหรับนักกีฬาไทยมากนัก ดังนั้นหากมีการสร้างเครื่องมือที่มีลักษณะการทำงานที่ดีกว่าเครื่อง Rapid Thermal Exchange สำหรับนักกีฬาในประเทศ ซึ่งอาจทำให้นักกีฬามีศักยภาพในการได้ชัยชนะมากยิ่งขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องมือนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาอาการต่างๆ ที่เกิดจากความร้อนได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยในปัจจุบันอุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการจากความร้อนต่างๆ มากมาย เช่น อาการลมแดด (Heat Stroke) อาการเพลียแดด (Heat exhaustion) อาการตะคริวแดด (Heat Cramps) เป็นต้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยสามารถสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ออกแบบเครื่องลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือแบบใหม่โดยการใช้การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิแบบ 2 มือพร้อมกัน เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาหลังการแข่งขันได้รวดเร็วขึ้น
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ภรณ์ในระบบไปใช้กับนักกีฬาบางประเภท ในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการแข่งขันจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การใช้กำลังงานอย่างหนักในการทำงานหรือแข่งขันกีฬา ทำให้เกิดการสะสมความร้อนจากขบวนการใช้พลังงาน (Metabolic Heat Generation) ซึ่งทำให้สมรรถนะของนักกีฬาลดลงตามกลไกธรรมชาติ การฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายได้อย่างรวดเร็วในช่วงการพัก เป็นกุญแจนำไปสู่ชัยชนะได้อย่างหนึ่งโดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องมีการปะทะ วิธีการหนึ่งของการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักนั้นคือการลดค่าอุณหภูมิแกนของร่างกายโดยมีหลักฐานยืนยัน [2] ตามหลักการของเครื่อง Rapid Thermal Exchange วิธีการเพิ่มสมรรถภาพทางกายอย่างง่ายและสะดวกต่อการใช้งานในปัจจุบัน คือ การลดค่าอุณหภูมิฝ่ามือ [3] หรือ การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิฝ่ามือหลังการแข่งขันกีฬา หรือ หลังการออกกำลังกาย กับวัสดุชนิดหนึ่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในช่วงค่าอุณหภูมิ 10 – 17 °C เครื่อง Rapid Thermal Exchange มีลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมาข้างต้น คือมีการควบคุมวัสดุ (โลหะ) ให้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 17 °C เครื่อง Rapid Thermal Exchange มีส่วนของการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพียง 1 ฝ่ามือ ผลการทดลองของ Dennis A. Grahn, Vinh H. Cao และ H. Craig Heller [3] พบว่า เครื่อง Rapid Thermal Exchange สามารถเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อได้มากยิ่งขึ้น และยังสามารถลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้เร็วขึ้นอีกด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากแนวคิดข้างต้นของการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกีฬาในระหว่างการแข่งขัน สามารถทำได้โดยการออกแบบการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิผ่านฝ่ามือ หากกระทำทั้ง 2 ฝ่ามือจะช่วยให้การแลกเปลี่ยนเร็วขึ้นซึ่งเป็นแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยจะได้นำเสนอการออกแบบตั้งแต่การเลือกวัสดุในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือสองข้าง จะได้ระบบการควบคุมอุณหภูมิ แบบพีไอดีคอนโทรล (PID Control) และออกแบบการสั่งงานบนหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) เพื่อง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ จะได้ออกแบบการทดสอบผลสัมฤทธิ์ของการใช้อุปกรณ์ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบสร้างระบบแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่ฝ่ามือ สองข้างพร้อมกันสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาตามสมมุติฐานของการศึกษาและแนวคิดของการวิจัย ซึ่งระบบจะเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้สะดวก ปรับตั้งง่ายต่อการใช้งาน ควบคุมค่าอุณหภูมิของโลหะทองแดงสำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อควบคุมแบบ พีไอดี สามารถวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ซึ่งค่าอุณหภูมิโลหะ และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ แสดงผลบนหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) แบบเวลาจริง (Real Time) เพื่อเป็นส่วนใช้ดูประกอบกับการวิเคราะห์ผลต่างๆ

ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ของระบบจะมีการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การทดสอบกับบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่นักกีฬาในห้องปฏิบัติการ และ การทดสอบกับนักกีฬามวยปล้ำโดยให้ทำงานอย่างหนักในสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการแข่งขันจริง โดยการวัดค่าต่างๆซึ่งบ่งชี้สมรรถภาพทางการกีฬา เช่น ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าอุณหภูมิผิวหนัง ค่าการเผาผลาญออกซิเจน ปริมาณเอกซเรย์หรือเป็นต้นที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาและทำการวิจัยจะเริ่มต้นจากการค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่ได้มีการคิดค้นไว้แล้ว (Literature Survey) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของการใช้การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาแต่ละประเภท ออกแบบสร้างระบบ หรือเครื่องมือเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ซึ่งในที่นี้จะเน้นถึงการออกแบบให้เหมาะสมกับการนำไปใช้กับกีฬาบางประเภท สุดท้ายได้มีการนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ไปทดสอบกับนักกีฬารจริง ผลประเมินผลสัมฤทธิ์ของวิธีการ

1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ผลการศึกษาและวิจัยได้รวบรวมมานำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยแบ่งเนื้อหาเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ประเภทของการออกกำลังกาย กลไกการปรับสมดุลอุณหภูมิภายในร่างกาย โรคที่เกิดจากความผิดปกติของอุณหภูมิร่างกาย ตลอดจนระบบการควบคุมที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัย หรือระบบควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative Control) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ซึ่งต้องมีการคำนึงถึงความสะดวกของการนำอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกายไปใช้จริงในระหว่างการแข่งขัน กล่าวถึงการออกแบบระบบเพื่อควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว

บทที่ 4 นำเสนอผลการทดสอบอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกายในห้องปฏิบัติการ กับผู้เข้าร่วมการทดลองทั่วไปซึ่งไม่ใช่ นักกีฬา มีการนำเสนอผลการทดสอบอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกายในสภาวะการแข่งขันจริง กับผู้เข้าร่วมการทดลองซึ่งเป็นนักกีฬามวยปล้ำ มีการนำผลการทดสอบเปรียบเทียบ ระหว่างการทดสอบที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกาย และการทดสอบที่มีการใช้อุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกาย

บทที่ 5 กล่าวถึงสรุปผลการวิจัยที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้และแนวทางในการทำวิจัยต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในส่วนนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ลดความร้อนแกนร่างกายผ่านฝ่ามือแบบใหม่ที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย กล่าวถึงทฤษฎีการแลกเปลี่ยนความร้อนออกจากภายในร่างกาย และทฤษฎีการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายสำหรับนักกีฬาโดยการลดความร้อน นอกจากนี้ในส่วนสุดท้ายของบทที่นี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการทำความเข้าใจทฤษฎีต่าง ๆ เหล่านี้ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบลดความร้อนร่างกายแบบใหม่เพื่อให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.1 สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness)

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถของระบบต่าง ๆ ในร่างกายที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะสามารถปฏิบัติภารกิจประจำวันได้อย่างคล่องแคล่วว่องไว และฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติภารกิจได้เร็วขึ้น สมรรถภาพทางกายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [4] คือ สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical fitness) และ สมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical fitness)

2.1.1 สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical fitness)

คณะกรรมการนานาชาติ เพื่อจัดมาตรฐานการทดสอบความสมบูรณ์ทางด้านร่างกาย (International for the Standardization of Physical fitness Test) ได้จำแนกความสมบูรณ์ทางกายออกเป็น 7 ประเภท คือ

1. ความเร็ว (Speed) คือ ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด
2. พลังกล้ามเนื้อ (Muscle Power) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานอย่างรวดเร็ว และแรงในจังหวะของกล้ามเนื้อหดตัวหนึ่งครั้ง เช่น ยืนกระโดดไกล
3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัวเพียงครั้งเดียวโดยไม่จำกัดเวลา เช่น การยกน้ำหนัก เป็นต้น
4. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance, Anaerobic Capacity) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ได้ประกอบกิจกรรมซ้ำ ๆ ได้เป็นระยะเวลาอันยาวนานมีประสิทธิภาพ
5. ความคล่องตัว (Agility) คือ ความสามารถของร่างกายที่จะบังคับควบคุมในการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วและแน่นอน
6. ความอ่อนตัว (Flexibility) คือ ความสามารถของข้อต่อต่าง ๆ ในการที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างกว้างขวาง
7. ความอดทนทั่วไป (General endurance) คือ ความสามารถในการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายที่ทำงานได้นานและมีประสิทธิภาพ เช่น ความอดทนของระบบไหลเวียนและระบบหายใจ (Circulorespiratory Edurance) และ ความอดทนของกล้ามเนื้อแต่ละตำแหน่งของร่างกาย (Local Muscle Edurance)

2.1.2 สมรรถภาพทางกายพิเศษ (Special Physical fitness)

สมรรถภาพทางกายพิเศษ เป็นสมรรถภาพทางกายที่จำเป็นต้องมีเฉพาะสำหรับนักกีฬาที่ต้องทำการแข่งขัน ในการเสริมสร้าง จะต้องมีการฝึกนอกเหนือจากการฝึกสมรรถภาพทั่วไป เช่น นักกีฬาฟุตบอลจำเป็นต้องฝึกกำลังขา ไหล่ และลำตัวเป็นพิเศษ

2.1.3 การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไป (General Physical fitness)

การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายทั่วไปนั้น มีวิธีการหลากหลายแบบด้วยกัน

1. การเสริมสร้างความเร็ว (Speed) ความเร็วของการเคลื่อนไหว ขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งเกิดจากระบบประสาทเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถเพิ่มได้ด้วยการ เพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดขา ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการร่วมงานกันของกลุ่มกล้ามเนื้อ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เกี่ยวกับเทคนิคและกลไกของการวิ่ง

2. การเสริมสร้างพลังกล้ามเนื้อ (Muscle Power) พลังกล้ามเนื้อนั้นเกิดจากการรวมของปัจจัยต่าง ๆ เช่น แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหลาย ๆ มัด ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในกลุ่มเดียวกัน ความสามารถของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันที่ทำงานประสานกับกล้ามเนื้อของกลุ่มตรงข้าม ความสามารถทางกลไกในการทำงานของระบบระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง

3. การเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) จำเป็นต้องมีการฝึกให้กล้ามเนื้อทำงานต่อสู้กับแรงต้านทานหรือน้ำหนักที่สูงมากขึ้น โดยวิธีเพิ่มแรงต้านทานครั้งละน้อย ๆ เป็นระยะเวลาสั้น

4. การเสริมสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle Endurance) ในการเสริมสร้างความอดทนของกล้ามเนื้อ เท่ากับเป็นการเสริมสร้างการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ และระบบกล้ามเนื้อ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การเสริมสร้างความคล่องตัว (Agility) ความคล่องตัวมีผลต่อประสิทธิภาพของการปฏิบัติกิจกรรมทุกอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนทิศทางหรือเปลี่ยนตำแหน่งของร่างกาย ที่ต้องการความรวดเร็ว และความถูกต้อง

6. การเสริมสร้างความอ่อนตัว (Flexibility) ความอ่อนตัวหมายถึง ตำแหน่งการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (The Range of Motion at a Joint) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Static Flexibility (ตำแหน่งการเคลื่อนไหวขณะที่ข้อต่อเคลื่อนไหวช้ามาก) และ Dynamic Flexibility (ตำแหน่งการเคลื่อนไหวขณะที่ข้อต่อเคลื่อนไหวเร็ว)

7. การเสริมสร้างความอดทนทั่วไป (General Endurance) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่ทนต่อการทำงานได้เป็นระยะเวลาสั้น

2.1.3 การออกกำลังกาย (Exercise)

การออกกำลังกายเป็นการฝึกเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาที่สำคัญประการหนึ่ง การออกกำลังกาย หมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อลายทำงาน ซึ่งจะทำให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหว พร้อมกับ การได้แรงงาน ในขณะที่เดียวกันยังมีการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เพื่อช่วยปรับปรุงส่งเสริมให้ร่างกายมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น หัวใจทำงานได้ดีขึ้น และเพื่อผ่อนคลายความตึงเครียดภายในใจได้ การออกกำลังกาย แบ่งออกเป็น 5 ประเภทด้วยกัน [5] คือ การออกกำลังกายโดยการเกร็งกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการอ้างอิงเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Isometric Exercise) การออกกำลังกายโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดเคลื่อนที่ (Isotonic Exercise) การออกกำลังกายโดยการต่อสู้แรงต้านทาน ด้วยความเร็วคงที่ (Isokinetic Exercise) การออกกำลังกายแบบแอนาแอโรบิค (Anaerobic Exercise) และการออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic Exercise) ซึ่งจะขอกกล่าวถึงการออกกำลังกายแบบแอนาแอโรบิค และ การออกกำลังกายแบบแอโรบิค เท่านั้น เนื่องจากการใช้ในการศึกษาทำงานวิจัย

1. การออกกำลังกายแบบแอนาแอโรบิค (Anaerobic Exercise) เป็นการออกกำลังกายที่ไม่มีการใช้ออกซิเจน หรือใช้ออกซิเจนน้อย เช่น ว่ายน้ำระยะสั้น 100 เมตร การวิ่งเร็ว ในระยะสั้น 60 เมตร, 80 เมตร และ 100 เมตร การออกกำลังกายชนิดนี้จะต้องมีการฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะนักกีฬา จะต้องมีความพร้อมร่างกายที่พร้อม มีการเตรียมสภาพร่างกายมาเป็นอย่างดี การออกกำลังกายประเภทนี้เป็นการดึงพลังงานสะสมในร่างกายออกมาใช้ในระยะเวลาอันสั้น ประมาณ 1 – 3 นาที [3] การออกกำลังกายแบบแอนาแอโรบิคจึงเหมาะสำหรับกีฬาประเภทที่ต้องใช้แรงในระยะเวลาสั้นๆ เช่น กีฬาเทควันโด กีฬามวยปล้ำ เป็นต้น

2. การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic Exercise) เป็นการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาอันยาวนานกว่า 30 นาที เป็นการออกกำลังกายที่ต้องใช้ออกซิเจนจากร่างกายเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลให้การทำงานของระบบหัวใจ ปอด หลอดเลือด แข็งแรงยิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น [3] การออกกำลังกายประเภทนี้ได้แก่ การขี่จักรยาน การวิ่งระยะไกล เป็นต้น

2.2 กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย (Thermoregulation)

กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย เป็นกลไกที่ช่วยรักษาระดับอุณหภูมิภายในร่างกายให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ กลไกต่าง ๆ นี้เป็นส่วนหนึ่งของการรักษาความสมดุลของร่างกาย (Homeostasis) ซึ่งเป็นกระบวนการรักษาความสมดุลระหว่างสภาพแวดล้อมภายในร่างกายและภายนอกในร่างกาย ถ้ากลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายไม่สามารถรักษาอุณหภูมิได้ และทำให้อุณหภูมิร่างกายมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เรียกว่า สภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ (hyperthermia) ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิร่างกายลดลง จะเรียกว่า สภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ (hypothermia) กลไกการรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายเป็นกลไกที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกประเภท

2.2.1 อุณหภูมิร่างกาย (Temperature)

อุณหภูมิร่างกาย เป็นความสมดุลระหว่างความร้อนที่ร่างกายผลิตขึ้นกับความร้อนที่สูญเสียไปจากร่างกาย อุณหภูมิร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน ได้แก่

1. อุณหภูมิแกน (Core temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอวัยวะที่อยู่ในส่วนลึกของร่างกาย ได้แก่ สมอง หัวใจ ปอด ตับ ไตและระบบทางเดินอาหารซึ่งอวัยวะเหล่านี้มีอัตราการเผาผลาญสูงจึงมีความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา อุณหภูมิแกนจึงถูกควบคุมให้มีค่าคงที่คือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง $\pm 1^{\circ}\text{F}$ หรือ 0.6°C ซึ่งจะสามารถวัดอุณหภูมิแกนได้ 4 ทางคือ ปาก ทวารหนัก รักแร้ และทางช่องหู ทั้ง 4 ทางนี้จะให้อุณหภูมิที่มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

อุณหภูมิแกนของร่างกายในผู้ใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาต่างๆ ของวันโดยอุณหภูมิมีค่าต่ำสุดในช่วงเช้าและสูงสุดในช่วงเย็น มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ ระหว่าง 0.5-1.5 °C ขึ้นกับปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น การรับประทานอาหาร กิจกรรมที่ทำในระหว่างวันและวงจรการนอนหลับ เป็นต้น

2. อุณหภูมิผิว (surface temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อและผิวหนัง ซึ่งผิวหนังเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในร่างกายกับสิ่งแวดล้อมจึงเป็นอวัยวะที่สำคัญในการช่วยรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ โดยการปรับปริมาณเลือดที่ไหลไปยังผิวหนังให้เพิ่มหรือลดตามการปรับเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิกาย เช่น หากอุณหภูมิกายสูงหลอดเลือดบริเวณผิวหนังจะขยายตัวเพื่อเพิ่มเลือดไปที่ผิวหนังให้มากขึ้นจึงช่วยระบายความร้อนไปนอกร่างกายได้เพิ่มขึ้น เป็นต้น อุณหภูมิที่ผิวหนังจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิแกน เปลี่ยนแปลงได้มากตามอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมและระยะห่างจากหัวใจโดยพบว่าอุณหภูมิที่ปลายแขนและขาจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอวัยวะที่อยู่ใกล้หัวใจ

2.2.2 การผลิตความร้อนของร่างกาย

1. กลไกของร่างกาย (Physiological mechanisms)

1.1 การเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกาย (Metabolism) เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงาน และเป็นการสร้างเซลล์ใหม่ หรือซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ คนปกติจะมีความร้อนซึ่งถูกผลิตจากการเผาผลาญสารอาหารอย่างน้อย 40 แคลอรี/ชม./พท.ผิวของร่างกาย 1 ตร.ม.

1.2 อัตราความต้องการเผาผลาญของร่างกาย (Basal Metabolic Rate: BMR) เป็นการใช้จ่ายพลังงานเพื่อสภาพร่างกายเท่าที่จำเป็นในระยะพัก ค่าอัตราความต้องการเผาผลาญของร่างกายจะขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักตัว ส่วนสูง และอายุ ดังนี้

สำหรับผู้ชาย: $BMR = 66 + (13.7 \times \text{น้ำหนักตัว (kg)}) + (5 \times \text{ส่วนสูง (cm)}) - (6.8 \times \text{อายุ})$

สำหรับผู้หญิง: $BMR = 665 + (9.6 \times \text{น้ำหนักตัว (kg)}) + (1.8 \times \text{ส่วนสูง (cm)}) - (4.7 \times \text{อายุ})$

1.3 การทำงานของกล้ามเนื้อ (muscular activity) เช่น อาการหนาวสั่น (shivering) สามารถเพิ่มการผลิตความร้อนได้มากกว่าปกติถึง 4 – 5 เท่า

1.4 การเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น การเพิ่มฮอร์โมนไทร็อกซิน (thyroxine) จากต่อมไทรอยด์ การเพิ่มฮอร์โมนอิพิเนพรีน และฮอร์โมนนอร์อิพิเนพรีน (epinephrine and Nor-epinephrine) จากต่อมหมวกไต ทำให้เพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์ทำให้ความร้อนถูกผลิตมากยิ่งขึ้น

1.5 ภาวะไข้ (Fever) ภาวะไข้ จะเพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์เพื่อขับ เชื้อโรค ไวรัส ออกจากร่างกาย จึงทำให้ความร้อนถูกผลิตมากยิ่งขึ้น

2. กลไกทางพฤติกรรม (Behavioral mechanisms)

2.1 การใส่เสื้อผ้าให้อุ่น (bundling-up)

2.2 การเพิ่มกิจกรรมของร่างกาย (physical activity) เช่น การออกกำลังกาย การเคลื่อนไหว การเล่นกีฬา เป็นต้น

2.3 สภาพแวดล้อม การอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่อบอุ่น เช่น การนั่งกลางแดด การนั่งผิงไฟ จะทำให้ร่างกายมีความร้อนเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การระบายความร้อนร่างกาย

1. กลไกของร่างกาย (Physiological mechanisms)

1.1 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการส่งผ่านความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิววัตถุหนึ่งไปยังพื้นผิวของอีกวัตถุหนึ่ง โดยไม่มีการสัมผัสของทั้ง 2 พื้นผิว เช่น ในตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า 60 % ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดของร่างกายในระยะเวลาพัก เป็นผลมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากร่างกายไปสู่ภายนอก

1.2 การนำความร้อน (Conduction) หมายถึง การระบายความร้อนจากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งโดยการสัมผัสโดยตรงระหว่าง พื้นผิวทั้งสอง การนำความร้อนมี 2 ชนิด คือ การนำความร้อนไปสู่วัตถุ (Conduction to object) และการนำความร้อนไปสู่อากาศ (Conduction to air)

1.3 การพาความร้อน (Convection) หมายถึง การระบายความร้อนโดยมีกระแสลมพาไป เช่น 10% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกาย ที่อุณหภูมิห้อง เป็นผลมาจากการพาความร้อน

1.4 การระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation) หมายถึง การระบายความร้อนออกมาโดยการระเหยจากพื้นผิวของร่างกาย หรือ การระบายความร้อนออกมาโดยการระเหยของน้ำไปเป็นไอ เช่น 20% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกาย ที่อุณหภูมิห้อง คือ ผลของการระเหยของน้ำจากเยื่อผิวหนัง, ปาก (ลมหายใจ), หรือผิวหนัง (เหงื่อ)

2.1 ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในระยะพักและออกกำลังกายที่ 70% การใช้ออกซิเจนสูงสุด [6]

Mechanism of heat loss	Rest		Exercise	
	% total	Kcal/min	% total	Kcal/min
Conduction	10	0.15	7.5	1.1
Convection	10	0.15	7.5	1.1
Radiation	60	0.9	5	0.8
Evaporation	20	0.3	80	12
total	100	1.5	100	15

2. กลไกทางพฤติกรรม (Behavioral mechanisms) เช่น การถอดเสื้อผ้า สามารถเพิ่มพื้นที่ผิวให้สามารถระบายความร้อนได้มากขึ้น การลดกิจกรรมต่าง ๆ (slow-down) และเคลื่อนย้ายไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศเย็นขึ้น เป็นต้น

2.2.4 การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย (Thermoregulation)

การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย เป็นความสามารถของสิ่งมีชีวิตในการรักษาระดับค่าอุณหภูมิปกติร่างกายให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ แม้จะอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ค่อนข้างร้อน กระบวนการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการรักษาความสมดุลของร่างกาย (Homeostasis) การควบคุมอุณหภูมิร่างกายเกิดโดยการทำหน้าที่ของศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิที่ ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ซึ่งกระบวนการทำงานภายในร่างกาย เพื่อตอบสนองต่ออุณหภูมิจะมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตัวรับรู้ (Detector or receptor) ทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในร่างกาย เช่น ตัวรับความรู้สึกร้อน (warm receptor) ตัวรับความรู้สึกเย็น (cold receptor) รายละเอียดดังนี้

1.1 ตัวรับความรู้สึกร้อน (Warm receptor) เรียกว่า Ruffini's end organ จะพบได้ในผิวหนังชั้น dermis (ดังรูปที่ 2.1) และถูกกระตุ้นให้ทำงานในช่วงอุณหภูมิ 25 – 45 °C แต่จะถูกกระตุ้นมากที่อุณหภูมิ 36 – 45 °C

1.2 ตัวรับความเย็น (Cold receptor) เรียกว่า Krause' s end organ พบได้ในผิวหนังชั้น dermis เช่นกัน ถูกกระตุ้นให้ทำงานในช่วงอุณหภูมิ 12 - 36 °C แต่ถูกกระตุ้นน้อยลงที่อุณหภูมิ 28-43 °C

1.3 ตัวรับรู้ความรู้สึกทั้งความร้อนและเย็น คือ free naked nerve ending พบได้ในผิวหนังชั้น epidermis จะทำงานตลอดเวลาในทุกช่วงของอุณหภูมิ

1.4 ตัวรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (pain receptor) เป็นส่วนหนึ่งของ free nerve ending จะส่งสัญญาณประสาทไปยังศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมองเมื่ออุณหภูมิของตัวกระตุ้นต่ำกว่า 15°C หรือสูงกว่า 45 °C



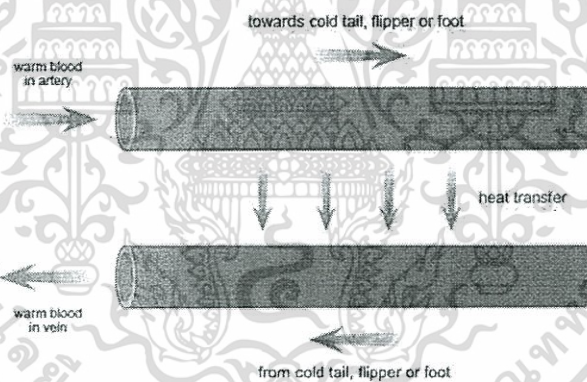
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของผิวหนังแสดงหน่วยรับความรู้สึก [7]

2. การทำงานร่วมกันของศูนย์ควบคุมในสมอง (central integrator) โดยสมองส่วนไฮโปทาลามัสจะรับสัญญาณความรู้สึกจากตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั่วร่างกาย จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูล และส่งกระแสประสาทไปสู่อวัยวะหรือตัวแสดงการตอบสนองที่ทำหน้าที่ปรับระดับอุณหภูมิภายในร่างกาย เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จะช่วยปรับอุณหภูมิภายในร่างกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้

3. การแสดงการตอบสนอง (Effectors) เมื่อได้รับสัญญาณจากสมองแล้ว ตัวแสดงการตอบสนองต่าง ๆ ในร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อช่วยให้ระดับอุณหภูมิภายในร่างกายกลับเข้าสู่ระดับสมดุล โดยลักษณะการตอบสนองเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายอาจมีได้หลายลักษณะดังนี้

3.1 การเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกาย (Metabolism) เป็นการเผาผลาญสารอาหารให้เกิดพลังงานความร้อน โดยเมื่อร่างกายมีอุณหภูมิลดต่ำลง สมองส่วนไฮโปทาลามัสจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นอวัยวะที่ควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกายเพื่อเพิ่มกระบวนการให้มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ในทางกลับกันหากร่างกายมีอุณหภูมิสูง สมองส่วนไฮโปทาลามัสจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นอวัยวะที่ควบคุมอัตราการเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกายให้มีการทำงานลดลง จึงสามารถทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงได้นั่นเอง

3.2 เส้นเลือด เมื่อร่างกายมีอุณหภูมิสูง เส้นเลือดจะขยายตัว ทำให้มีการลำเลียงเลือดจากอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายไปยังผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น ความร้อนภายในร่างกายจึงถ่ายเทสู่ภายนอกได้ดีขึ้นด้วย จึงทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิลดลง แต่ถ้าร่างกายมีอุณหภูมิต่ำ เส้นเลือดจะหดตัว ทำให้มีการลำเลียงเลือดไปยังผิวหนังได้น้อยลง ความร้อนในร่างกายจึงถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้น้อยลง ร่างกายจึงสามารถเก็บอุณหภูมิความร้อนไว้ได้



รูปที่ 2.2 แสดงการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างเส้นเลือดอาร์เทอร์รี่ และเส้นเลือดเวน [8]

3.3 การหลั่งของเหงื่อ เป็นกลไกที่ใช้เมื่อต้องการระบายความร้อนออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว เช่นในขณะออกกำลังกาย โดยอาศัยการทำงานของต่อมเหงื่อในผิวหนังที่ควบคุมโดยระบบประสาท Sympathetic เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นอัตราการขับเหงื่อจะมากขึ้นเป็น 2 เท่าจากปกติ ทำให้สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว

3.4 การหดตัวของรูขุมขน การหดตัวของกล้ามเนื้อโคนขน ส่งผลให้รูขุมขนหดเล็กลง จึงช่วยลดการสูญเสียความร้อนทางรูขุมขน ทำให้เกิดอาการขนลุก

3.5 การหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดอาการสั่น จึงได้พลังงานความร้อนมาชดเชยความร้อนที่สูญเสียไป

2.3 สภาวะผิดปกติของอุณหภูมิร่างกาย

สภาวะผิดปกติของอุณหภูมิร่างกาย เป็นสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิร่างกายให้มีค่าคงที่ ที่ระดับปกติของร่างกายได้ หากอุณหภูมิร่างกายมีค่าสูงกว่าปกติ คือสูงกว่า 37 °C ร่างกายจะไม่สามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ เรียกว่าเป็นไข้ (Fever) หรือที่เรียกว่า สภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ ในทางตรงข้ามหากร่างกายได้รับความเย็นมากเกินไปจนทำให้กลไกการควบคุมอุณหภูมิร่างกายทำงานผิดปกติ ทำให้อุณหภูมิร่างกายลดต่ำลง เรียกว่า สภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ

2.3.1 สภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ (Hyperthermia)

สภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ หรือสภาวะไข้สูง เป็นการเพิ่มขึ้นของค่าอุณหภูมิแกนของร่างกายเนื่องจากกลไกการควบคุมอุณหภูมิร่างกายล้มเหลว สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อร่างกายสร้างหรือได้รับความร้อนมากเกินไปที่สูญเสียไป ตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าอุณหภูมิร่างกายปกติจะมีค่าอยู่ที่ 36.5 – 37.5 °C (97.7 – 99.5 °F) แต่อุณหภูมิร่างกายอาจเพิ่มสูงขึ้นถึง 37.7 °C (99 °F) ได้เมื่อตอนเที่ยงของแต่ละวัน [9] และร่างกายจะเป็นอันตรายถึงชีวิต เมื่อร่างกายไม่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิได้ จนทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 40 °C (104 °F)

2.2 การแบ่งระดับอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย

	Core Temperature
Hypothermia	< 35.0 °C (95.0 °F)
Normal	36.5 – 37.5 °C (97.7 – 99.5 °F)
Fever	> 37.5 – 38.3 °C (99.5 – 100.9 °F)
Hyperthermia	> 37.5 – 38.3 °C (99.5 – 100.9 °F)
Hyperpyrexia	> 40.0 – 41.5 °C (104 – 106.7 °F)

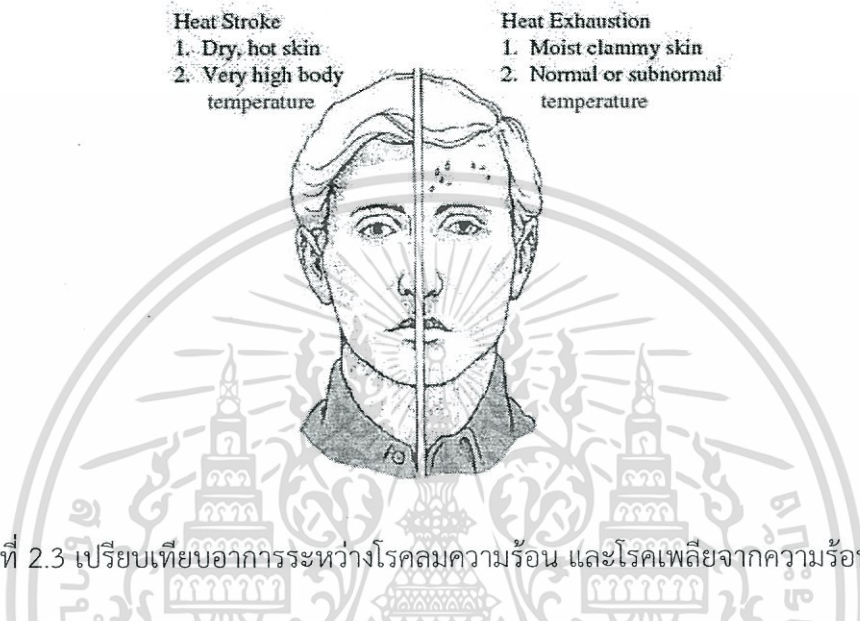
2.3.1.1 โรคที่เกิดจากความร้อน (Heat-related illness)

1. โรคตะคริวความร้อน (Heat cramp) อาการที่อาจเกิดได้แก่ ตะคริวหรือปวดที่กล้ามเนื้อ โดยเฉพาะที่หน้าท้องและขา อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนไป เหงื่อออกมาก กระหายน้ำหรือหัวใจเต้นเร็ว โดยผู้ป่วยมักจะมีอาการหลังจากออกกำลังกายหรือทำงานอย่างหนัก ซึ่งเกิดจากการสูญเสียน้ำและเกลือแร่ทางเหงื่อเป็นจำนวนมากเกินไป นอกจากนี้ยังคาดว่าเกิดตะคริวอาจมาจากการที่สูญเสียโซเดียมได้

2. โรคเพลียความร้อน (Heat exhaustion) เป็นโรคที่เกิดขึ้นจากการที่ร่างกายอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงหรือจากการออกกำลังกายอย่างหนักจนทำให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (core temperature) สูงมากกว่า 37 °C แต่น้อยกว่า 40 °C ซึ่งจะทำให้ร่างกายขาดน้ำและเกลือแร่ อาการที่อาจแสดงได้แก่ อาการเมื่อยล้า อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน วิดกกังวล สับสน ปวดศีรษะ ความดันต่ำ หน้ามืด และไวต่อสิ่งเร้าง่าย นอกจากนี้ยังอาจมีผลต่อระบบไหลเวียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรคเพลียความร้อน อาจแบ่งย่อยได้ 2 ประเภทได้แก่ การสูญเสียน้ำและการสูญเสียโซเดียม โดยการสูญเสียน้ำนั้น ส่วนใหญ่จะเกิดในผู้สูงอายุโดยเฉพาะผู้ที่มีสภาวะโรคหรือใช้ยาที่อาจทำให้เกิดการสูญเสียน้ำร่วมอยู่ และไม่ได้ดื่มน้ำให้เพียงพอ ส่วนการสูญเสียโซเดียมนั้น ส่วนใหญ่เกิดในผู้ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอแต่มีการสูญเสียโซเดียมออกทางเหงื่อมากเกินไป คนกลุ่มนี้บางครั้งอาจถูกเรียกว่า hyperhydrated [10]



รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบอาการระหว่างโรคลมความร้อน และโรคเพลียจากความร้อน [10]

3. โรคลมความร้อน (Heat stroke) เป็นโรคที่รุนแรงเกิดจากความร้อนภายในร่างกายมีค่าสูงกว่า 40°C ซึ่งจะมีการคล้ายกับโรคเพลียความร้อน (heat exhaustion) แต่มีอาการรุนแรงต่าง ๆ เพิ่มเข้ามาได้แก่ ภาวะขาดเหงื่อ (anhidrosis), เพ้อ (delirium), ไม่รู้สึกตัว (coma), ไตล้มเหลว (renal failure), มีการตายของเซลล์ตับ (hepatocellular necrosis), หายใจเร็ว (hyperventilation), มีการบวมบริเวณปอดจากการคั่งของของเหลว (pulmonary edema), หัวใจเต้นผิดจังหวะ (arrhythmia), การสลายกล้ามเนื้อลาย (rhabdomyolysis), ช็อค (shock) และเกิดการผลิตและสะสมของ fibrin จนไปอุดตันหลอดเลือดขนาดเล็กและทำให้เกิดการล้มเหลวของอวัยวะต่าง ๆ ได้ โรคลมความร้อน แบ่งตามสาเหตุการเกิดโรคออกเป็น 2 ประเภท คือ Classical heat stroke และ Exertional heat stroke

Classical heat stroke เกิดจากความร้อนในสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่มากเกินไป ส่วนใหญ่เกิดในช่วงที่มีอากาศร้อนพบได้บ่อยในผู้ที่มีอายุมากและมีโรคเรื้อรัง มักจะเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง อาการที่สำคัญมี 3 อาการ คือ อุณหภูมิร่างกายสูง ไม่มีเหงื่อ และมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพจิตใจ (mental status) การเกิดโรคมักจะมีอาการแบบค่อยเป็นค่อยไป

Exertional heat stroke เกิดจากการออกกำลังกายที่หักโหมเกินไป ส่วนใหญ่เกิดในหน้าร้อน โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้แรงงาน และนักกีฬาต่าง ๆ อาการคล้ายกับ Classical heat stroke แต่มีสิ่งแตกต่างที่สำคัญ คือ กลุ่มผู้ป่วยประเภทนี้จะไม่มีเหงื่อออก นอกจากนี้ยังพบการเกิดการสลายเซลล์กล้ามเนื้อลาย (rhabdomyolysis) และอาการแทรกซ้อนได้แก่ ระดับโพแทสเซียมในเลือดสูง ระดับฟอสฟอรัสในเลือดสูง ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ การเกิดโรคมักจะเกิดภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุ

ผู้ที่มีความเสี่ยงการเกิด โรคจากความร้อน ส่วนใหญ่ คือ ผู้ที่ทำงานก่อสร้าง ผู้ที่ทำงานเกษตรกรรม ผู้ที่ทำงานโรงงาน นักกรีฑาหรือผู้ที่เล่นกีฬาหนัก ๆ เด็ก อาจเป็นเพราะมาจากเด็กมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักตัวมากกว่าอัตราการผลิตเหงื่อที่ต่ำกว่า การปรับตัวให้ชินกับอากาศร้อนที่ช้ากว่าผู้ใหญ่ สาเหตุของการเสียชีวิตจากการเกิดโรคจากความร้อน มากที่สุดเกิดจากการที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ร้อนจัดหรือออกกำลังกายอย่างรุนแรงเกิดช็อคจำกัด

2.3.1.3 วิธีการรักษา

1. ผู้ป่วยโรคตะคริวความร้อน ให้ดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดหรือใช้สูตรที่ทำเองโดยใช้เกลือ 1 ช้อนชาผสมกับน้ำ 500 มิลลิลิตร เพื่อช่วยป้องกันการสูญเสียเกลือแร่มากเกินไป

2. ผู้ป่วยโรคเพลียความร้อน ที่มีอาการไม่รุนแรง คือ สัญญาณชีพปกติ ไม่มีอาการอาเจียน อาจแก้ไขได้โดยให้อยู่ในที่ที่เย็นสบาย บางรายอาจให้ชดเชยด้วยน้ำและเกลือแร่ ส่วนในรายที่มีอาการรุนแรงคือมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพจิตใจ หัวใจเต้นผิดจังหวะหรือผู้ที่มีการล้มเหลวจากการรักษาขั้นต้น ควรนำส่งโรงพยาบาลโดยทันที

3. ผู้ป่วยโรคลมความร้อน ให้พาไปพื้นที่ที่มีอากาศเย็น ถ่ายเทได้สะดวก พยายามทำให้ผู้ป่วยมีอุณหภูมิร่างกายเย็นขึ้น เช่น ถอดเสื้อผ้าที่ไม่จำเป็นออก นำน้ำแข็งมาประคบตามข้อพับต่าง ๆ เป็นต้น หลังจากนั้นต้องรีบนำตัวผู้ป่วยส่งโรงพยาบาลทันที เนื่องจากโรคลมความร้อน อาจมีผลต่ออวัยวะต่าง ๆ ได้หลายส่วน นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดการล้มเหลวของไตได้

2.3.1.4 วิธีการป้องกัน

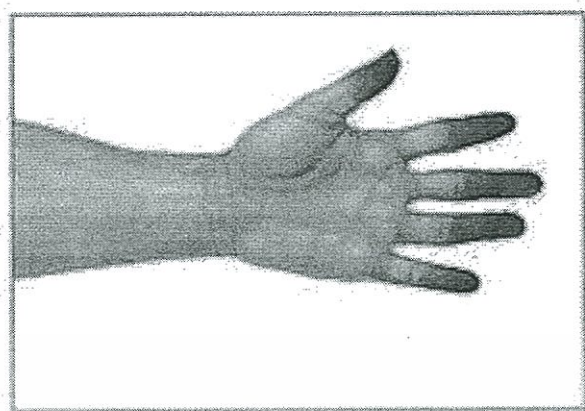
1. ดื่มน้ำให้เพียงพอ
2. ออกกำลังกายในที่ร่ม หรือในที่ที่ไม่ร้อนจัด
3. สวมเสื้อผ้าที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ
4. ควรมีการปรับตัวล่วงหน้าประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนออกกำลังกายในที่ที่มีอากาศร้อนจัด

2.3.2 สภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ (Hypothermia)

สภาวะอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ เป็นสภาวะที่อุณหภูมิร่างกายลดต่ำกว่าอุณหภูมิปกติ จนระบบการทำงานของกล้ามเนื้อและ สมองสูญเสียการทำงาน โดยปกติมนุษย์เราซึ่งเป็นสัตว์เลือดอุ่นมีอุณหภูมิร่างกายปกติที่ 37 องศาเซลเซียส (98.6 °F) จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ แต่ถ้าร่างกายต้องสัมผัสกับความเย็นจากภายนอกมากเกินไป จนร่างกายไม่สามารถปรับตัวได้ ก็จะทำให้เกิดภาวะ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้ร่างกายสูญเสีย การทำงาน และการควบคุม ซึ่งระดับความรุนแรงจะแตกต่างกันไป

อาการ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ขั้นเริ่มต้น: อุณหภูมิร่างกายลดต่ำกว่าอุณหภูมิปกติ 1- 2 °C ซึ่งจะเริ่มแสดงอาการด้วยอาการหนาวสั่น เล็กน้อย จนถึง ปานกลาง ผู้ที่เป็นจะเริ่มสูญเสียการทำงานของมือที่ซบซ้อน มือจะเริ่มชา หลอดเลือดทั่วร่างกายจะหดตัวเพื่อลดการสูญเสียความร้อนให้ได้มากที่สุดเกิดอาการขนลุกทั่วร่างกาย โดยทั่วไปอาการ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ในระยะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 อาการ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ จะเริ่มจากบริเวณนิ้วมือ และนิ้วเท้า [11]

อาการ อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ขั้นที่สอง: อุณหภูมิร่างกายลดต่ำกว่าอุณหภูมิปกติ 2-4 °C อาการสั่นสะท้านจะรุนแรงขึ้นจนอยู่เหนือการควบคุม กล้ามเนื้อเริ่มสูญเสียการทำงานมากยิ่งขึ้น การเคลื่อนไหวเริ่มช้าลง หายใจสะดุด เริ่มมีอาการสับสนเล็กน้อย หลอดเลือดทั่วร่างกายหดตัวเพื่อรักษาความร้อนให้กับร่างกาย จึงทำให้ผู้ป่วยเริ่มมีอาการซีดที่บริเวณริมฝีปาก หู และบริเวณปลายมือ ปลายเท้า เนื่องจากหลอดเลือดหดตัว จึงไม่มีเลือดไปหล่อเลี้ยงร่างกายส่วนปลายนั่นเอง

อาการ Hypothermia ขั้นที่สาม: อุณหภูมิร่างกายลดต่ำกว่า 32 °C (92 °F) อาการสั่นจะหยุดลง อาการสูญเสียความทรงจำเริ่มปรากฏขึ้น มือเริ่มเคลื่อนไหวไม่ได้และมักเริ่มมีอาการกระตุกของปลายมือ กระบวนการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ หยุดชะงักลง และในที่สุดจะเกิดภาวะสมองตาย เนื่องจากขาดเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงสมอง ทำให้เสียชีวิตได้

2.3.2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ

สาเหตุที่ทำให้เกิดอุณหภูมิร่างกายต่ำกว่าปกติ ได้แก่ อากาศหนาวเย็น อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว การใส่เสื้อผ้าไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ร่างกายอ่อนล้า ขาดน้ำ การรับประทานอาหารไม่เพียงพอ และการดื่มแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์จะทำให้หลอดเลือดขยายตัวทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนออกไปได้มากยิ่งขึ้นนั่นเอง

2.3.2.2 วิธีการรักษา

วิธีการรักษาเริ่มจากการป้องกันการสูญเสียความร้อน เช่น การใส่เสื้อผ้าเพิ่มขึ้น การเพิ่มการเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นต้น การเพิ่มพลังงานให้แก่ร่างกาย เช่น การรับประทานอาหารเช้าที่พลังงานจำพวก แป้ง น้ำตาล โปรตีน และไขมัน การดื่มเครื่องดื่มร้อน ๆ เป็นต้น หลีกเลี่ยงเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ กาแฟหรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน เนื่องจากคาเฟอีนมีคุณสมบัติในการขับปัสสาวะ จึงทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำมากยิ่งขึ้น

2.4 การวัดอุณหภูมิร่างกาย

2.4.1 การวัดอุณหภูมิทางปาก

การวัดอุณหภูมิร่างกายทางปากเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีสติสัมปชัญญะดี ไม่หมดสติ ไม่สับสน และไม่เหมาะสำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปี ไม่วัดอุณหภูมิหลังดื่มหรือรับประทานอาหารของร้อนหรือของเย็น เคี้ยวหมากฝรั่ง สูบบุหรี่ ควรรอ 20 – 30 นาทีก่อนทำการวัด อุณหภูมิปกติของร่างกายเมื่อทำการวัดอุณหภูมิทางปากคือ $36.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($98.2\text{ }^{\circ}\text{F}$) $\pm 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 2.5 แสดงวิธีการวัดอุณหภูมิทางปาก [12]

2.4.2 การวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก

การวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก ให้ค่าอุณหภูมิที่แม่นยำกว่าการวัดทางปาก เหมาะสำหรับวัดเด็ก อายุต่ำกว่า 6 ปี ไม่ควรวัดอุณหภูมิผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อทางทวารหนัก ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการวัดอุณหภูมิทางทวารหนัก มีค่า $37.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($99.6\text{ }^{\circ}\text{F}$)

2.4.3 การวัดอุณหภูมิทางรักแร้

การวัดอุณหภูมิร่างกายทางรักแร้ จะมีความแม่นยำน้อยสุด วิธีการวัดให้ผู้ป่วยกางแขนออก ถ้ารักแร้ชื้นให้ใช้ผ้าซับให้แห้ง เพราะความชื้นจะทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่าความเป็นจริง แต่ไม่ควรถูไปถูมาเพราะจะทำให้อุณหภูมิที่รักแร้เพิ่มขึ้น นำเทอร์โมมิเตอร์มาแล้วสลัดให้ปรอทอยู่ในกระเปาะ หรือต่ำกว่า 35.5 องศาเซลเซียส วางเทอร์โมมิเตอร์ให้กระเปาะอยู่ตรงกลางรักแร้ หุบแขนให้ชิดกับลำตัว วัดนาน 5-8 นาทีจึงค่อยนำเทอร์โมมิเตอร์ออก ค่าอุณหภูมิที่ได้จากกว่าวัดอุณหภูมิทางรักแร้จะมีค่าค่อนข้างต่ำ $36.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($97.6\text{ }^{\circ}\text{F}$)

2.4.4 การวัดอุณหภูมิทางช่องทาง

การวัดอุณหภูมิทางช่องทาง เป็นวิธีที่มีความแม่นยำที่สุด ทำได้โดยการกลืนแคปซูลวัดอุณหภูมิลงช่องทางช่องทาง แคปซูลดังกล่าวจะเก็บค่าหลังจาก 15 วินาทีหลังทำการเปิดเครื่องรับสัญญาณ แสดงค่าการวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย 4 ครั้ง / นาที

ความแม่นยำ

$\pm 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (32 $^{\circ}\text{C}$ to 42 $^{\circ}\text{C}$)

$\pm 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (25 $^{\circ}\text{C}$ to 32 $^{\circ}\text{C}$)

$\pm 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (42 $^{\circ}\text{C}$ to 50 $^{\circ}\text{C}$)



รูปที่ 2.6 แสดงแคปซูลวัดอุณหภูมิและเครื่องรับสัญญาณ [13]

2.5 ระบบควบคุมพีไอดี (PID Controller)

ระบบควบคุมแบบสัดส่วน – ปริพันธ์ – อินทิเกรต (PID Controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากค่าความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากระบบให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน ปริพันธ์ และ อินทิเกรต ค่าสัดส่วน กำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพียงผ่านไป, และค่าอินทิเกรตกำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะสมกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

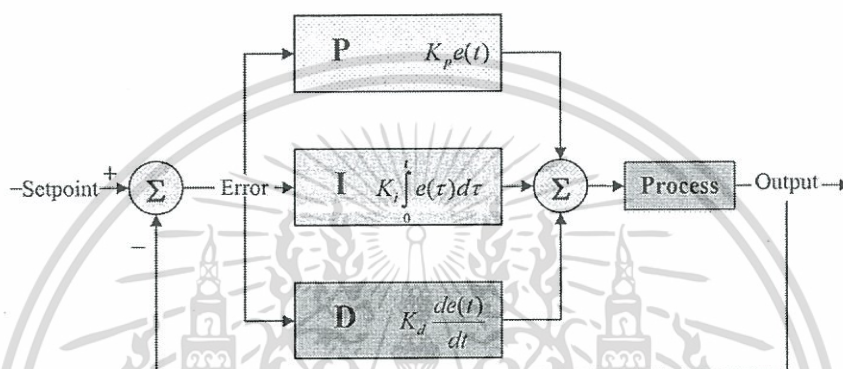
ระบบควบคุมพีไอดีที่มีสมการดังนี้

$$U(t) = MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

เมื่อ ค่า P_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

ค่า I_{out} คือ ผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID เทอมอินทิเกรต

ค่า D_{out} คือ ผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID เทอมอนุพันธ์



รูปที่ 2.7 แผนภาพการควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller)

2.5.1 การปรับสัดส่วนสัญญาณ (Proportional)

เทอมของสัดส่วน หรืออัตราขยาย จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p หรือที่เรียกว่า อัตราขยายสัดส่วน

เทอมสัดส่วนมีสมการดังนี้

$$P_{out} = K_p e(t)$$

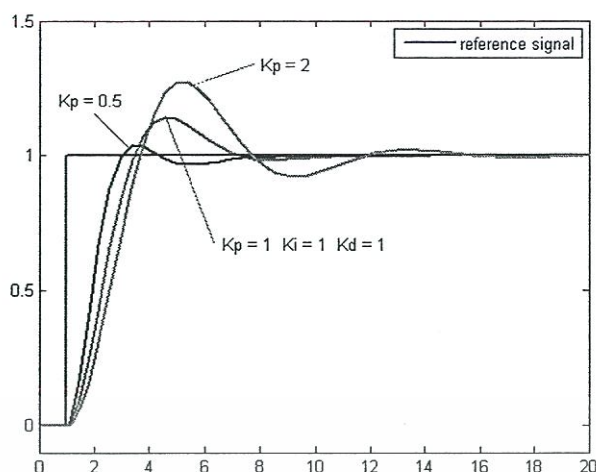
เมื่อ ค่า K_p คือ อัตราขยายสัดส่วน หรือตัวแปรปรับค่าได้

ค่า e คือ ค่าความผิดพลาดของระบบ

ค่า t คือ เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไป ระบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย การปรับสัดส่วนสัญญาณจะเพิ่มความเร็วในการตอบสนองต่อระบบ และลดค่าความผิดพลาดที่สภาวะอยู่ตัวของระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_p=0.5, 1, 2, K_i=1, K_d=1$

2.5.2 การอินทิเกรตสัญญาณ (Integral)

ผลจากการอินทิเกรตสัญญาณ หรือเทอมปริพันธ์ เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์, K_i

เทอมปริพันธ์มีสมการดังนี้

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

เมื่อ ค่า K_i คือ อัตราขยายปริพันธ์ หรือตัวแปรปรับค่าได้ ซึ่งเท่ากับ $\frac{KP}{TI}$

ค่า e คือ ค่าความผิดพลาดของระบบ

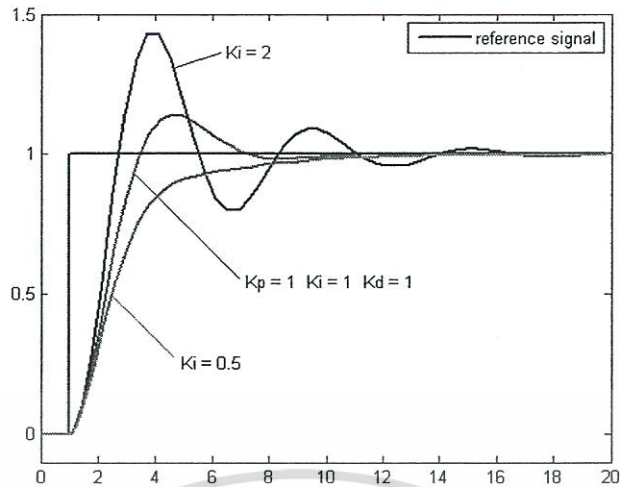
ค่า t คือ เวลา

ค่า T_i คือ integral time หรือ reset time

ค่า τ คือ ตัวแปรปริพันธ์ของเวลาตั้งแต่ 0 ถึง ระยะเวลาถึงปัจจุบัน

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ ซึ่งอาจทำให้เสถียรภาพของระบบลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_i=0.5, 1, 2, K_p=1, K_D=1$

2.5.3 การอนุพันธ์สัญญาณ (Derivative)

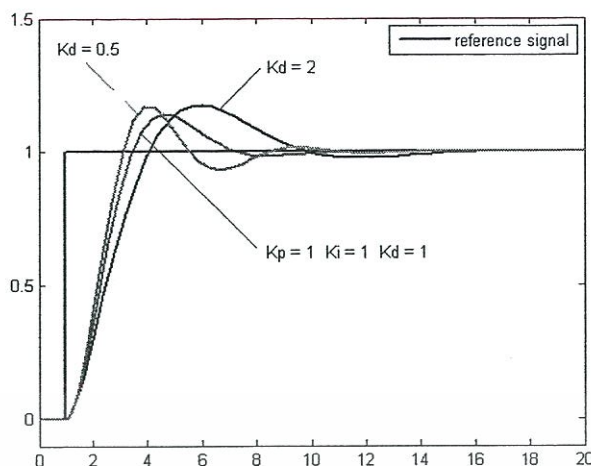
เทอมอนุพันธ์ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (อนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วย อัตราขยายอนุพันธ์ K_D ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์ K_D

เทอมอนุพันธ์มีสมการดังนี้

$$D_{out} = K_D \frac{d}{dt} e(t)$$

เมื่อ ค่า K_D คือ ค่าอัตราขยายอนุพันธ์ หรือตัวแปรปรับค่าได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $K_p T_D$
 ค่า e คือ ค่าความผิดพลาดของระบบ
 ค่า t คือ เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยเหตุผลนี้เองจะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการได้ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงผลสัญญาณขาออกของระบบ ต่อเวลา เมื่อกำหนด $K_D=0.5, 1, 2, K_P=1, K_I=1$

2.5.4 การปรับจูนอัตราขยาย ด้วยวิธีการของซีเกลอร์ – นิโคลส์ (Ziegler - Nichols)

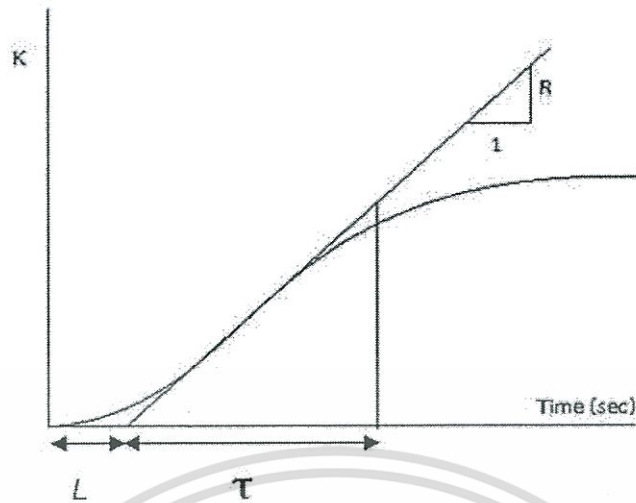
วิธีการของซีเกลอร์ – นิโคลส์ สำหรับปรับค่าอัตราขยายของระบบควบคุมพีไอดี เป็นวิธีการปรับปรุงหรือพัฒนาตัวควบคุมเพื่อให้ระบบควบคุมนั้นมีผลตอบสนองชั่วขณะ (transient-response) และการตอบสนองในสถานะคงตัว (steady-state) มีลักษณะตามที่ต้องการ ที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก การปรับค่าอัตราขยายของตัวควบคุมโดยวิธี ซีเกลอร์ – นิโคลส์ มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ วิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการ (process reaction method) และวิธีการวัฏจักรท้ายสุด (ultimate cycle method)

วิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการ (Process reaction method) หรือเส้นโค้งปฏิกิริยาของกระบวนการ (Process reaction curve) มีวิธีการออกแบบดังนี้ คือ ใส่สัญญาณขาเข้า (input) ที่เป็นฟังก์ชันขั้นบันไดหนึ่งหน่วยเข้าไปยังระบบที่ต้องการควบคุม ดังรูปที่ 2.11 บันทึกสัญญาณขาออก (output)



รูปที่ 2.11 แสดงแผนภาพการทดลองด้วยวิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการ

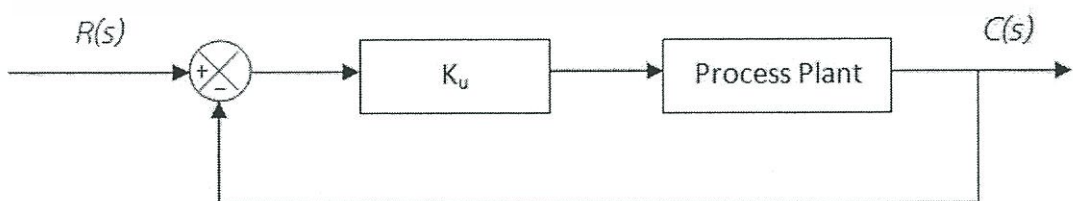
วิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการนี้ เป็นวิธีการที่ซีเกลอร์ และนิโคลส์พบว่าจากการพิจารณาการตอบสนองของระบบเมื่อสัญญาณขาเข้าคือสัญญาณฟังก์ชันขั้นบันไดหนึ่งหน่วยจะพบว่า เมื่อทำการอ่านและบันทึกค่าการตอบสนองของกระบวนการ (Process reaction curve) ซึ่งเป็นลักษณะของการตอบสนองของระบบที่คล้ายกับระบบที่มีอันดับหนึ่ง (first order system)



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงการตอบสนองของระบบอันดับที่หนึ่ง (First order system)

จากเส้นดังรูปที่ 2.12 หรือเส้นโค้งปฏิกิริยาของกระบวนการนี้สามารถนำไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมที่จะนำมาใช้ในการปรับค่าอัตราขยายของระบบควบคุม P, PI และ PID ได้ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากเส้นโค้งปฏิกิริยานี้ คือ ค่า R และค่า L จากนั้นจึงนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์หรือค่าอัตราขยายของตัวควบคุม P, PI และ PID ได้จากตารางที่ 2.3

วิธีการที่สองเป็นวิธีการวัฏจักรท้ายสุด (ultimate cycle method) หลักการทั่วไปของการออกแบบวิธีการนี้คือ เริ่มต้นจากการใช้ตัวควบคุมแบบสัดส่วน (proportional control) กับระบบดังรูปที่ 2.13 จากนั้นเริ่มเพิ่มค่าอัตราขยาย K ให้มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งระบบเริ่มมีการแกว่ง (oscillate) หรือเริ่มเข้าใกล้จุดที่ระบบเริ่มไม่มีเสถียรภาพหรือเริ่มไม่สมดุล (unstable) บันทึกค่าอัตราขยาย K ที่ตำแหน่งนี้ไว้ และสมมติว่าให้มีค่าเท่ากับ K_U ในขณะเดียวกันทำการวัดคาบของการแกว่ง (period of oscillation) ที่วัดได้ และสมมติให้มีค่าเท่ากับ P_U (ultimate period) โดยพยายามวัดเมื่อค่าแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าไม่มากนัก จากค่า K_U และค่า P_U ดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณปรับหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมแบบ P, PI และ PID โดยใช้ตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.13 การควบคุมเชิงสัดส่วน (Proportional control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าอัตราขยายของซีเกลอร์ – นิโคลส์ (Ziegler – Nichols)

รูปแบบการควบคุม	วิธีการปฏิกิริยาของกระบวนการ	วิธีการวัฏจักรท้ายสุด
P - control	$K_p = \frac{1}{RL}$	$K_p = 0.5 K_{PU}$
PI - control	$K_p = \frac{0.9}{RL}$	$K_p = 0.5 K_{PU}$
	$T_i = 3.3L$	$T_i = 0.83P_U$
PID - control	$K_p = \frac{1.2}{RL}$	$K_p = 0.6 K_{PU}$
	$T_i = 2L$	$T_i = 0.5P_U$
	$T_D = 0.5L$	$T_D = 0.125P_U$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 เทคโนโลยีการใช้ความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย

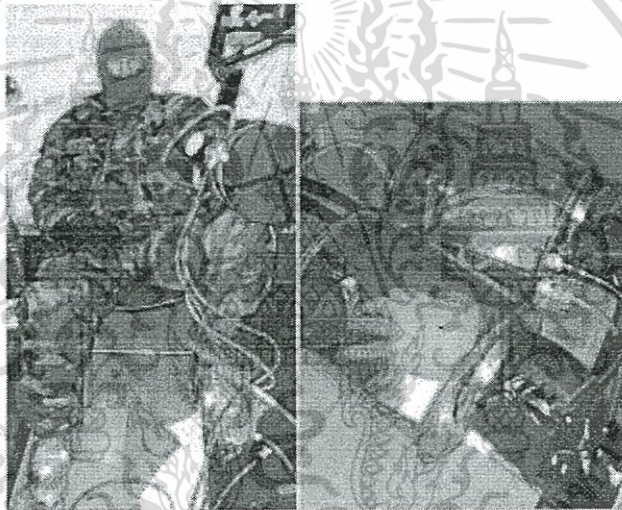
เทคโนโลยีการใช้ความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย หรือเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา ได้มีการศึกษาถึงสภาพร่างกาย รวมไปถึงการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพต่าง ๆ ของร่างกายที่มีผลต่อความเย็น โดยได้มีการศึกษาถึงประสิทธิผลของการใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิร่างกาย ที่สูงผิดปกติซึ่งเกิดจากการออกกำลังกายผ่านมือ และช่วยเพิ่มสมรรถนะในด้านระยะทางของนักกีฬาวิลแชร์และนักกีฬาปกติ [2] โดย Victoria Goosey-Tolfrey, Michelle Swainson, Craig Atkinson และ Keith Tolfrey จากงานวิจัยข้างต้นได้ใช้น้ำเย็นซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้มีความคงที่ที่อุณหภูมิ 10 °C (hand cooling:HC) เป็นอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย จากสภาวะอุณหภูมิร่างกายสูงผิดปกติ (Hyperthermia) โดยการวัดอุณหภูมิทางช่องหู (auditory canal temperature, Tac) เป็นหลัก นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจสอบวิเคราะห์สมรรถนะของนักกีฬาหลังการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิร่างกายระหว่างน้ำเย็นอุณหภูมิ 10 °C กับฝ่ามือของนักกีฬาอีกด้วย สำหรับวิธีการทดลองอุปกรณ์ลดอุณหภูมิร่างกายผ่านมือจะเป็นการทดสอบโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองคือการทดลองที่ใช้ HC กับ ไม่ใช้ HC (NC) และระหว่างการทดลองทั้ง 2 นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วง 60 นาทีแรกจะเป็นระยะเวลาการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ และช่วงเวลา 10 นาทีหลังจากการออกกำลังกายจะเป็นช่วงเวลาที่พักฟื้นสภาพร่างกาย โดยทำการทดลองจากผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 2 กลุ่ม คือกลุ่มนักกีฬาเทนนิสวิลแชร์และกลุ่มนักกีฬาปกติ ซึ่งจะให้ผลว่าค่าอุณหภูมิทางช่องหู ของนักกีฬาทั้ง 2 กลุ่มขณะที่มีการใช้ HC ลดลงเร็วกว่าเมื่อไม่มีการใช้ HC ในช่วงระยะเวลา 10 นาทีหลังจากการออกกำลังกาย และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับนักกีฬาอีกด้วย

ต่อมาได้มีการนำเทคโนโลยีการใช้ความเย็นเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา โดยมีการประดิษฐ์และพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อทดสอบถึงผลการใช้ความเย็นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับผลของร่างกายต่อการสวมใส่เสื้อแจ็คเก็ตที่ควบคุมความเย็น [14][15] ผลงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิร่างกายของผู้เข้าร่วมการทดลองลดลงเร็วขึ้น และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางกายสำหรับผู้เข้าร่วมการทดลองได้ นอกจากนี้ยังได้มีการสร้าง ถุงมือ และ ถุงเท้าที่มีการควบคุมให้มีความเย็น [3][16] ซึ่งให้ผลในการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายได้รวดเร็วขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย โดยเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX)

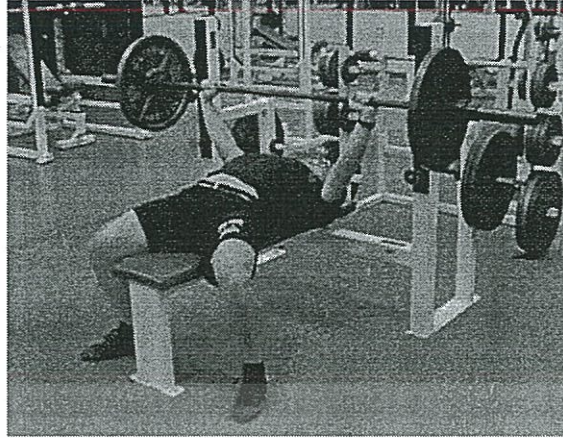
ในปี 2008 [1] ได้มีการทดสอบใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายในกลุ่มคนที่เป็นโรคมัลติเพิล สเกลอโรซิส (Multiple Sclerosis, MS) ซึ่งบุคคลที่เป็นโรคนี้อาจมีผลต่อการรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อนเร็วมากขึ้น การทดลอง มีผู้เข้าร่วมการทดสอบที่เป็นโรคมัลติเพิล สเกลอโรซิส หรือ MS ทั้งหมด 10 คน โดยเริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบเดินบนลู่วิ่ง (treadmill) จนผู้เข้าร่วมการทดสอบมีอาการผิดปกติซึ่งเกิดจากโรค MS เกิดขึ้น วัดระยะเวลาเปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่ไม่มีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ และมีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ สำหรับการทดลองที่มีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ จะมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมความเย็น ซึ่งถูกตั้งค่าไว้ที่ 18 – 22 °C ภายใน chamber มีการลดความดันจนมีค่าเท่ากับ -40 mm Hg ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ควบคุมความเย็นสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายให้กับผู้ป่วยโรค MS ได้



รูปที่ 2.14 ต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) ในปี 2009 [17]

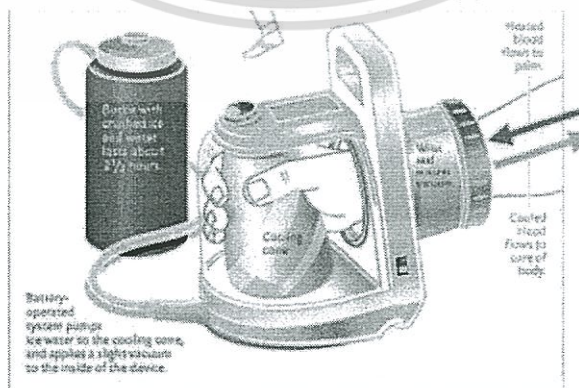
ปี 2009 [17] ได้มีการทดสอบต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) ดังรูปที่ 2.14 การทดสอบเป็นการทดสอบพื้นผิวร่างกายบริเวณต่างๆ กับการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีการทดสอบบริเวณศีรษะ ฝ่ามือ เท้า ซึ่งมีการทดสอบวัดอุณหภูมิทางทางเดินอาหาร และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ สำหรับการทดสอบได้ทำการทดลองกับผู้เข้าร่วมการทดลองเพศชาย อายุ 22-64 จำนวน 17 คน การทดลองให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินบนลู่วิ่ง 5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งค่าอุณหภูมิทางทางเดินอาหาร มากกว่า 39 °C หรือเดินบนลู่วิ่งประมาณ 25-45 นาที หลังจากนั้นวัดค่าอุณหภูมิทางทางเดินอาหารเปรียบเทียบการแลกเปลี่ยนความร้อนที่บริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย จากงานวิจัยพบว่า การแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกายกับฝ่ามือให้ผลดีกว่าที่บริเวณเท้าและศีรษะ โดยการทดสอบได้มีการทดสอบแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกายทั้ง 3 ส่วน คือ ศีรษะ เท้า และฝ่ามือ จะให้ผลให้การลดความร้อนร่างกายได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การออกกำลังกายด้วยม้านั่งยกน้ำหนัก (Bench Press Exercise) [18]

ปี 2010 [18] ได้มีการนำเครื่อง RTX มาใช้กับการออกกำลังกายด้วยม้านั่งยกน้ำหนักดังรูปที่ 2.15 โดยทดสอบเครื่อง RTX รูปที่ 2.16 กับความล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก งานวิจัยได้มีการทดสอบระหว่างให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก (Bench Press Exercise) ในสภาวะที่ร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยที่สุด (Thermoneutral, TN) เปรียบเทียบกับการออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก โดยมีการใช้เครื่อง RTX ซึ่งตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 10°C (Palm Cooling, PC) และเปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก โดยมีการใช้ความร้อนในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่ฝ่ามือ โดยเครื่องมีลักษณะที่ใช้คล้ายกับเครื่อง RTX แต่มีการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 45°C (Palm Heating, PH) ซึ่งสำหรับการทดสอบทั้งสองส่วนได้มีการลดความดันบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิฝ่ามืออยู่ที่ -35 ถึง -45 มิลลิเมตรปรอท (mmHg) ซึ่งจะทดสอบนอนยกน้ำหนักทั้งหมด 4 ยกด้วยกัน ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบที่มีการใช้ PC สามารถยกน้ำหนักได้มากที่สุด เท่ากับ 2480 ± 636 กิโลกรัม การทดสอบที่มีการใช้ PH สามารถยกน้ำหนักได้ 2156 ± 668 กิโลกรัม ส่วนการทดสอบในสภาวะร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยที่สุด TN ยกน้ำหนักได้ 1972 ± 632 กิโลกรัม จากงานวิจัยพบว่า การใช้ Palm Cooling สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาประเภทกีฬาม้านั่งยกน้ำหนักได้ดีที่สุด



รูปที่ 2.16 เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท Avacore Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2011 Hunter Kylie E, Murphy Aron J, Coutts Aaron J, Watsford Mark L และ Graham Kenneth [19] ได้มีการทดสอบผลทางร่างกาย เมื่อมีการใช้เครื่อง RTX ของบริษัท AVAcure Technologies เพื่อฟื้นฟูและเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ของผู้เข้าร่วมการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ค่อยข้างร้อน งานวิจัยกล่าวว่า ความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นอาจเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถทางกายของนักกีฬา ดังนั้นเมื่อเรามีการลดความร้อนร่างกายที่เกิดขึ้นได้ ร่างกายจะมีขีดความสามารถทางกายที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการทดลองได้ว่า เครื่อง RTX ของบริษัท AVAcure Technologies สามารถช่วยลดอุณหภูมิร่างกาย และสามารถลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้

เทคโนโลยีและงานวิจัยที่น่าเสนอข้างต้น เป็นงานวิจัยที่ถูกคิดค้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อค้นหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จะสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาได้ดีที่สุด จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท AVAcure Technologies สามารถลดค่าอุณหภูมิภายในร่างกายที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ลดอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬา ซึ่งส่งผลให้นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายเพิ่มมากยิ่งขึ้นด้วย



รูปที่ 2.17 การใช้เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) กับนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล ในระหว่างการแข่งขัน

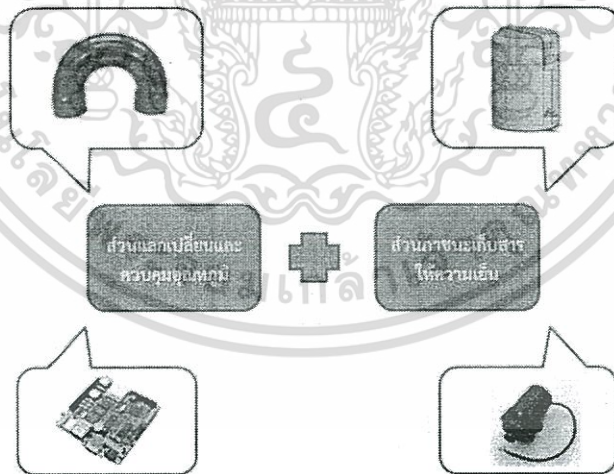
บทที่ 3

การออกแบบและสร้าง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนของร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือสำหรับนักกีฬาตามแนวคิดที่กล่าวไว้ในบทที่หนึ่ง ตามวัตถุประสงค์อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างจะต้องถูกนำไปทดสอบภาคสนาม การออกแบบโครงสร้าง การเลือกอุปกรณ์และซอฟต์แวร์อินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ จำเป็นต้องสะดวกต่อการนำไปใช้งาน สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย เทคนิคสำคัญที่นำมาพิจารณาคือ นอกจากการควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีแม่นยำและรวดเร็ว เพื่อที่จะสามารถให้การแลกเปลี่ยนอุณหภูมิจากร่างกายออกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดแล้ว การออกแบบระบบให้การควบคุมค่าอุณหภูมิ หรือสั่งการได้โดยง่าย ผ่านจอสัมผัส (Touch Screen) และระบบทั้งหมดทำงานได้โดยใช้แบตเตอรี่

3.1 โครงสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนของร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือ

โครงสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนของร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือ แสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 โครงสร้างในส่วนกายภาพที่ได้ออกแบบ นำเสนอโดยโปรแกรม SolidWorks™ เพื่อให้การทำความเข้าใจ แก้ไขปัญหาระหว่างการสร้างและปรับปรุงต้นแบบทำได้ง่ายยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือ

3.1.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน

ตามทฤษฎีวัสดุที่นำมาใช้แลกเปลี่ยนความร้อน จำเป็นต้องมีคุณสมบัติทางด้านการนำความร้อนที่ดี นอกจากนี้ควรหาได้ง่ายในประเทศ ราคาไม่สูงมาก โครงสร้างทางกายภาพสำเร็จรูป ไม่ต้องปรับเปลี่ยนมาก ซึ่งในงานวิจัยได้มีการเลือกท่อทองแดงเป็นเป็นวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองแดงเป็นโลหะที่ใช้ประโยชน์และมีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรมเป็นที่สองรองจากเหล็ก เนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี จึงถูกนำไปใช้ทำอุปกรณ์จำพวกเครื่องถ่ายเทความร้อน เช่น เครื่องควบแน่น (Condenser) เป็นต้น ทองแดงมีสภาพต้านทาน (Resistivity) ต่ำเป็นที่สองรองจากเงิน จึงเป็นโลหะที่นำไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะถูกนำไปเป็นสายไฟเพื่อเป็นสื่อการนำไฟฟ้าทำให้หาได้ไม่ยาก นอกจากนี้ทองแดงยังเป็นโลหะที่ทนต่อการสึกกร่อนตามธรรมชาติได้ดีมาก และมีความอ่อนตัว ทำการตัด-ตัดแต่งได้ง่ายอีกด้วย คุณสมบัติอย่างละเอียดของทองแดงดูได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของโลหะทองแดง

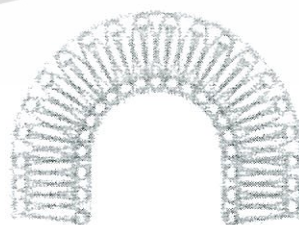
	ทองแดง	หน่วย
สภาพการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)	101	%IACS
ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistivity)	1.72	$\mu\Omega\text{cm}$
สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ (Temperature coefficient of resistance)	0.0039	$^{\circ}\text{C}$
สัมประสิทธิ์การขยายตัว (Coefficient of expansion)	17×10^{-6}	$^{\circ}\text{C}$
มอดูลัสสภาพยืดหยุ่น (Elastic modulus)	118-130	kN/mm^2
ความร้อนจำเพาะ (Specific heat)	385	J/kg K
ความหนาแน่น (Density)	8.91	g/cm^3
จุดหลอมเหลว (Melting point)	1083	$^{\circ}\text{C}$

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนร่างกาย (โลหะทองแดง)

การออกแบบให้ใช้น้ำเป็นตัวพาความร้อน และใช้น้ำแข็งเป็นแหล่งกำเนิดความเย็น ดังนั้นจึงออกแบบให้ใช้ท่อทองแดงที่ให้น้ำเย็นไหลเข้า-ออกเพื่อควบคุมอุณหภูมิของผิวภายนอกท่อได้ ท่อทองแดงที่ใช้เลือกมีลักษณะเป็นรูปตัว U คว่ำ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 นิ้ว ดังรูปที่ 3.2 ก. ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถใช้สองมือจับได้อย่างสะดวกและเป็นโครงสร้างสำเร็จรูปซึ่งไม่จำเป็นต้องดัดแปลง และหาได้ง่ายในท้องตลาด



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) แสดงท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ (ข) แสดงภายในท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ

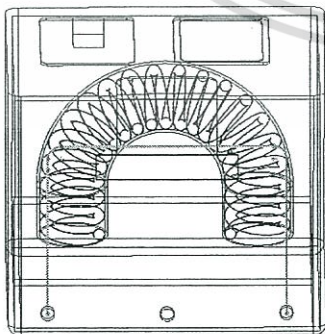
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 (ข) แสดงลักษณะภายในท่อทองแดง รูปตัว U ครึ่ง จะเห็นว่าภายในท่อทองแดง โค้งรูปตัว U จะมีท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรขดเป็นรูปสปริง เพื่อเป็นทางไหล ผ่านของน้ำเย็น ปลายด้านหนึ่งของท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขดเป็นรูปสปริง ช่องว่างระหว่างท่อ สามารถบรรจุเจลสะสมความเย็นเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานหมุนเวียนน้ำต่ำที่สุดหากต้องนำไปใช้กับกีฬา ประเภทที่ใช้เวลาการแข่งขันมาก น้ำเย็นจากถังเก็บความเย็นจะถูกส่งเข้าปลายด้านหนึ่ง ส่วนอีก ปลายด้านหนึ่งของท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขดเป็นรูปสปริง เป็นทางออกของน้ำเย็นกลับไปยังถังเก็บ ความเย็นต่อไป

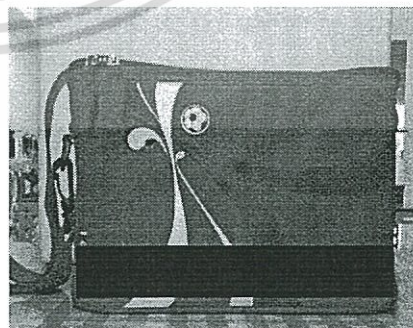
3.1.3 การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์

จากโครงสร้างรูปที่ 3.1 การออกแบบเพื่อนำไปใช้งานภาคสนามได้สะดวกจะแบ่ง โครงสร้างเป็นสองส่วน คือ ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิ และส่วนของภาชนะเก็บสารให้ ความเย็น ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิได้มีการติดตั้งโลหะท่อทองแดงโค้งรูปตัว U ครึ่ง สำหรับแลกเปลี่ยนอุณหภูมิร่างกายระหว่างฝ่ามือทั้ง 2 ฝ่ามือ ส่วนของภาชนะเก็บสารให้ความเย็นได้ มีการติดตั้ง ปุ่มไฟฟ้าสับชนิดขนาดเล็ก (รูปที่ 3.4 ก.) เพื่อส่งสารพาความเย็น (น้ำเย็น) ไปยังวัสดุ แลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อควบคุมอุณหภูมิของวัสดุแลกเปลี่ยนอุณหภูมิให้คงที่

ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิ (รูปที่ 3.3 ก.) บรรจุในกระเป๋าสะพาย มีขนาด 24 x 24 x 18 เซนติเมตร ภายในมีฉนวนความร้อนอยู่โดยรอบ ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุม อุณหภูมิได้มีการออกแบบให้สะดวกแก่การใช้งาน มีการติดตั้งเก็บส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด เช่น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขั้วกระแส แผงวงจรแหล่งจ่าย แรงดันไฟฟ้า เป็นต้นไว้ด้านบนภายในของกระเป๋าดังกล่าว และภายนอกติดจอสัมผัส (Touch Screen) ปากกาที่ใช้สำหรับสั่งการผ่านหน้าจอสัมผัสและสวิตช์เปิดปิดอุปกรณ์ดังกล่าว ภายใน กระเป๋าซึ่งติดตั้งท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (ท่อทองแดงโค้งรูปตัว U ครึ่ง) ดังรูปที่ 3.3 (ก) ด้านหน้ามี การตัดแปลงให้มีช่องเปิด-ปิดสำหรับ สอดฝ่ามือทั้งสองเพื่อการแลกเปลี่ยนความร้อนกับโลหะท่อ ทองแดงโค้งรูปตัว U ครึ่งซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิจากบริเวณผิวภายนอกให้คงที่ นอกจากนี้ด้านหลังของ ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมียังมีช่องเก็บแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์



(ก)

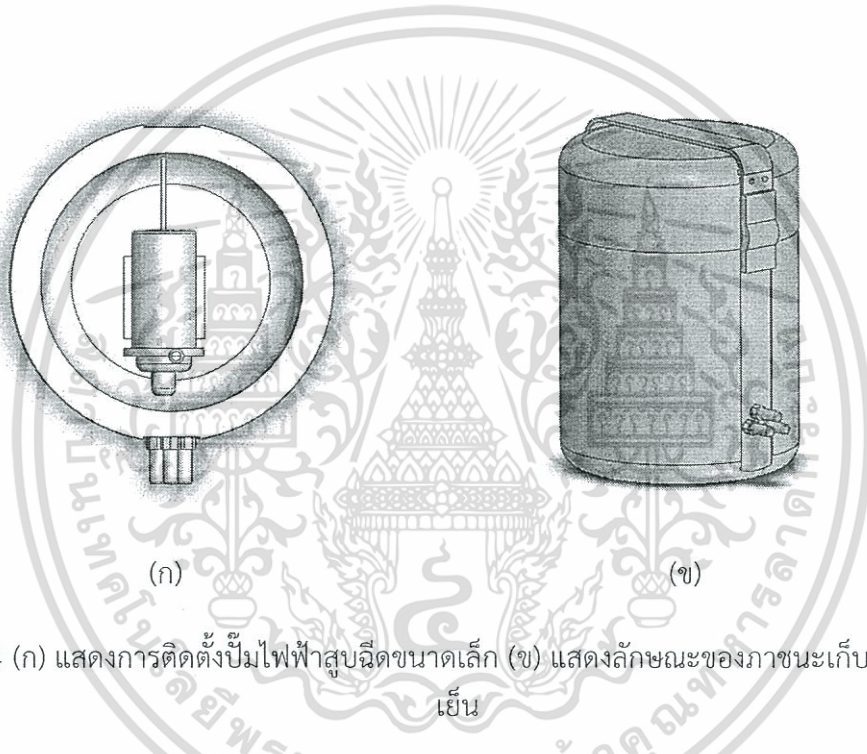


(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) แสดงโลหะแลกเปลี่ยนความร้อนถูกติดตั้งภายในกระเป๋าสะพาย เก็บความเย็นขนาด 24 x 24 x 18 เซนติเมตร (ข) เป็นรูปภาพภายนอกของกระเป๋าสะพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปที่ 3.4 (ข) แสดงลักษณะโดยละเอียดของถังเก็บความเย็น ขนาดของถังเก็บความเย็น สูง 11 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว มีลิ้นค้ำด้านข้าง 2 ข้างดังรูป ด้านบนมีสายหนังทำเป็นหูหิ้ว ถังเก็บความเย็นมีแท่งโลหะกลางทะลุผ่านผนังของถังเพื่อเป็นข้อต่อระหว่างท่ออย่าง 3 เส้นต่อจากส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนเข้ายังภายในถัง ซึ่งตามรูปที่ 3.4 (ข) แท่งโลหะกลางที่อยู่ติดกัน 2 แท่งด้านล่างจะเป็นแท่งที่ต่อสายยางเพื่อส่งผ่านน้ำเย็นเข้าและออก แท่งโลหะด้านบนจะเป็นแท่งที่จะต่อกับสายยางที่เป็นทางผ่านของสายไฟไปยังมอเตอร์ปั้มน้ำขนาดเล็ก เพื่อป้องกันน้ำที่อาจจะทำให้สายไฟลัมผัสกับน้ำโดยตรง ถังเก็บความเย็นมีหน้าที่เก็บน้ำที่บรรจุน้ำแข็งซึ่งเป็นแหล่งของสารนำความเย็น ส่งต่อไปยังท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขิดกันเป็นวงเรียงซ้อนกัน เพื่อให้ผิวภายนอกท่อทองแดงโค้ง รูปตัว U คว่ำ มีอุณหภูมิคงที่ อุปกรณ์ทั้งหมดเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 (ก) แสดงการติดตั้งปั้มน้ำไฟฟ้าสูบน้ำขนาดเล็ก (ข) แสดงลักษณะของภาชนะเก็บสารพาความเย็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิสำหรับนักกีฬาเมื่อประกอบสำเร็จ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบประมวลผลและบันทึกข้อมูล

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ถูกนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ เชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ในหัวข้อนี้จะให้รายละเอียดการออกแบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440

MINI2440 S3C2440 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถรองรับระบบปฏิบัติการได้ถึง 3 ระบบด้วยกัน คือ ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซีอี (Windows CE 5 and 6) ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux) รวมทั้งยังมีหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) ขนาด 3.5 นิ้ว ซึ่งให้มีความสะดวกต่อผู้ใช้งาน ทั้งนี้ผู้ทำงานวิจัยได้เลือก ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ซีอี (Windows CE™) เนื่องจากมีความสามารถพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรม LabVIEW™ ได้ คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 มีดังนี้

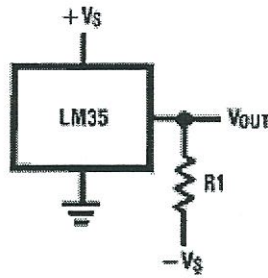
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440

Dimensions	100 x 100 mm
CPU	400 MHz Samsung S3C2440A ARM920T
RAM	64 MB SDRAM, 32 bit Bus
Flash	Up to 1GB NAND Flash and 2 MB NOR Flash
EEPROM	256 Byte (I2C)
Ext. Memory	SD-Card socket
Serial Ports	1x DB9 connector (RS232), total: 3x serial port connectors
USB	1 x USB-A Host 1.1, 1 x USB-B Device 1.1
Audio Output	3.5 mm stereo jack
Audio Input	Connector + Condenser microphone
LCD Interface	41 pin connector for FriendlyARM Display and VGA Board
Touch Panel	4 wire resistive
User Inputs	6x push buttons and 1x A/D port
User Outputs	4x LEDs
Expansion	40 pin System Bus, 34 pin GPIO, 10 pin Buttons (2.0 mm)
Power	Regulated 5V (DC-Plug: 1.35mm inner x 3.5mm outer diameter)
Power Consumption	0.6 A
OS Support	Windows CE 5 and 6
	Linux
	Android

3.2.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิใช้ LM35 ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Temperature Sensor) ที่มีความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้วัดค่าอุณหภูมิที่มีช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ -55 ถึง 150 °C เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 นี้ให้ผลการวัดออกมาเป็นเชิงเส้น (Linear) คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C เอาต์พุตของ LM35 จะมีแรงดันเพิ่มขึ้น 10 mV และมีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ 1 °C คุณสมบัติเบื้องต้นของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ LM35 จากบริษัทผู้ผลิต

จากรูปที่ 3.6 สามารถหาค่า R1 ได้จาก

$$R1 = \frac{-Vs}{2} \mu A \tag{3.1}$$

ค่าเอาต์พุตของ LM35 มีการเปลี่ยนแปลง 10 mV ต่อการเปลี่ยนแปลง 1 °C ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้ เช่น

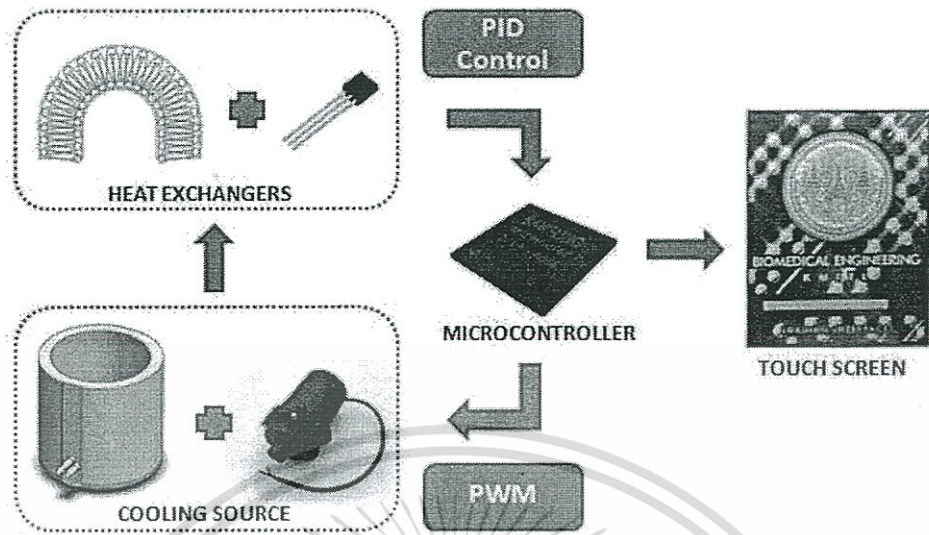
$$\begin{aligned} V_{out} &= -1,500 \text{ mV} && \text{at } -150 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= +250 \text{ mV} && \text{at } +25 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= -550 \text{ mV} && \text{at } -55 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned} \tag{3.2}$$

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 จากบริษัทผู้ผลิต

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10. mA
Storage Temp	-60 °C to +150 °C
Lead Temp	260 °C
Specified Operating Temperature Range: T _{MIN} to T _{MAX}	-55 °C to +150 °C

3.2.3 การควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล

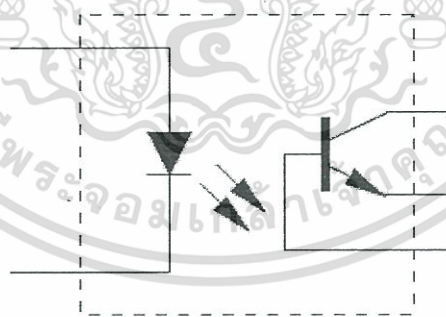
ภาพรวมของการควบคุมอุณหภูมิและแสดงผลสามารถแสดงดังรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าระบบที่ออกแบบไว้เบื้องต้นประกอบด้วยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 1 จุด ที่บริเวณผิวภายนอกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน (ท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ) ซึ่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์จะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์และค่า Set Point (10 °C to 17 °C) โดยระบบพีไอดีคอนโทรล (PID Control) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 จะส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำ ในส่วน Cooling Source โดยวิธีการ Pulse-width modulation (PWM) เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ปรับอุณหภูมิเข้าสู่ค่าที่จัดตั้งไว้ (Set Point) ด้วยกระบวนการพีไอดีคอนโทรล (PID Control) เรียบร้อยแล้ว จะมีการแสดงผลบน GUI (Graphic User Interface) บนหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) ขนาด 3.5 นิ้ว รวมทั้งมีการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าอุณหภูมิ ค่าที่ตั้งไว้ในหน้าจอสัมผัสด้วย



รูปที่ 3.7 ภาพรวมระบบควบคุมอุณหภูมิและแสดงผล

3.2.3.1 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์ (Driver Circuit)

วงจรขับมอเตอร์ที่ออกแบบไว้แสดงในรูปที่ 3.9 สัญญาณอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรขับกระแสจ่ายให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำทำงาน วงจรดังกล่าวได้มีการออกแบบออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ วงจรแยกส่วนสัญญาณและกราวด์ (Signal isolate circuit) และวงจรขับมอเตอร์ (Driver circuit)

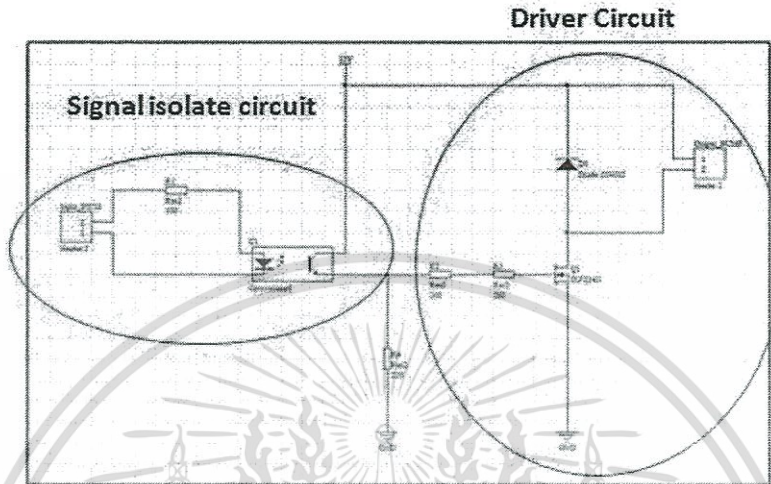


รูปที่ 3.8 สัญลักษณ์ Opto-Coupler (Opto-Transistor)

สำหรับวงจรแยกภาคสัญญาณและกราวด์ดังรูปที่ 3.8 ใช้ป้องกันการรบกวนจากมอเตอร์เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้เลือกใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Opto-Coupler) เป็นตัวแยกภาคสัญญาณ ซึ่งอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และจะแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้างเดิม วงจรแยกภาคสัญญาณในงานวิจัยนี้ ได้มีการออกแบบให้สัญญาณอินพุต (Input signal) จากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นสัญญาณ PWM เพื่อควบคุมกระแสจากแบตเตอรี่ขนาด 12 Volt / 2 Ah ผ่านวงจรขับกระแส (Driver circuit) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขับมอเตอร์ (Driver circuit) ได้เลือกใช้มอสเฟต (MOSFET) ชนิด n-channel เบอร์ IRFZ34N ซึ่งการทำงานของวงจรจะเริ่มจากการรับสัญญาณออกจากวงจรแยกภาคสัญญาณ (Isolate circuit) เข้าขาเกต (Gate) ของมอสเฟต IRFZ34N และจะทำให้สัญญาณไฟฟ้าครบวงจร เพื่อส่งสัญญาณไปขับมอเตอร์กระแสตรงป้อนน้ำต่อไป

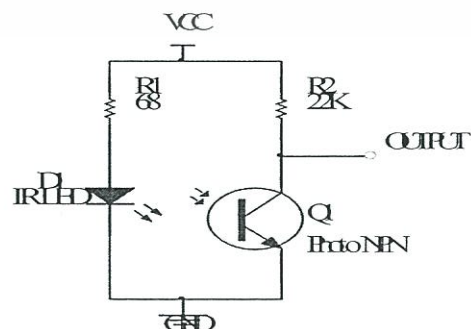


รูปที่ 3.9 วงจรขับกระแสที่ถูกออกแบบเพื่อขับมอเตอร์ป้อนน้ำ

3.2.3.2 การออกแบบวงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นตัวชี้วัดสำคัญตัวหนึ่งของการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการกีฬา ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้มีส่วนประเมนอัตราการเต้นของหัวใจรวมไว้ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ประมวลผลด้วย เพื่อให้ความสะดวกในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการฟื้นฟูสมรรถภาพ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้การวัดจากบริเวณปลายติ่งหู

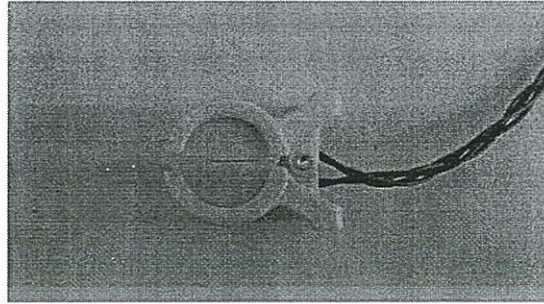
การวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้หลักการของ Optical Sensor ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ โดยที่แสงจากอินฟราเรดส่องผ่านเส้นเลือดฝอยไปไบอัสให้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำงาน การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของเม็ดเลือดในเส้นเลือดฝอยตามการสูบฉีดของหัวใจ จะทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ ปล่อยพัลส์ออกมาตามจังหวะการสูบฉีดของหัวใจ



รูปที่ 3.10 วงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

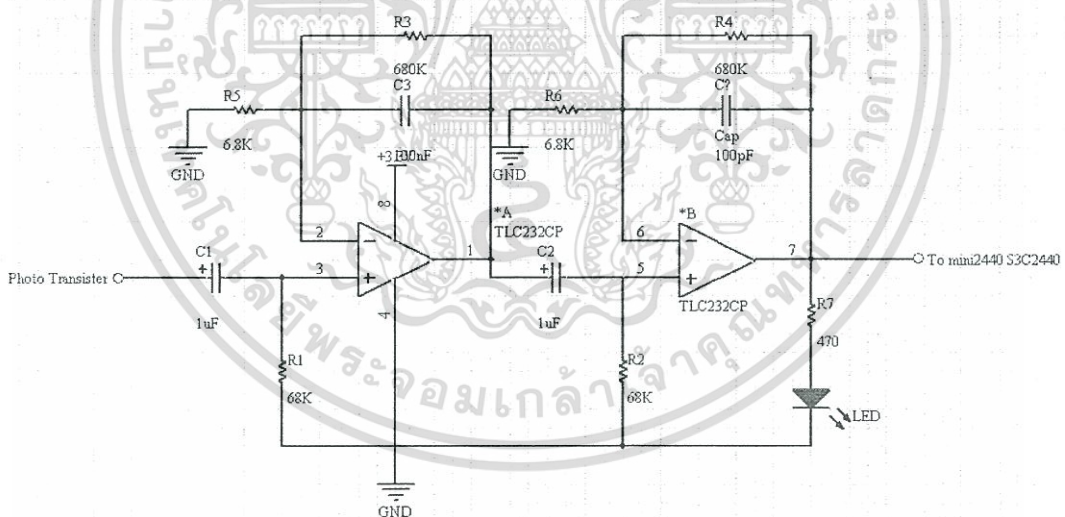
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์ที่ได้ออกแบบไว้แสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ต้นแบบเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

หลังจากนั้นได้มีการนำสัญญาณจากโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transister) เข้าวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-Pass Filter) และวงจรขยายโดยใช้โอปแอมป์ (Op-Amp) TLC232CP ดังรูปที่ 3.12 โดยมีการคำนวณความถี่ต่ำผ่าน (cut - off frequency) มีค่าเท่ากับ 2.5 Hz และกำหนดให้มีค่าอัตราขยายอยู่ที่ 101 เท่า ซึ่งจะได้สัญญาณเป็นพัลส์ (pulses) เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ เป็น ครั้งต่อนาที (BPM)



รูปที่ 3.12 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Inverting Amplifier) ดังนั้นสามารถหาอัตราขยายได้จากสมการดังนี้

$$Av = \frac{R_f}{R_i} + 1 \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรดังรูปที่ 3.12 $R_f = 680 \text{ k}\Omega$ และ $R_i = 6.8 \text{ k}\Omega$ จะได้อัตราขยาย (A_v) เท่ากับ 101 เท่า

และวงจรได้เลือกใช่วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ใช่วงจรกรองความถี่แบบอาร์ ซี (RC Filter) ซึ่งสามารถคำนวณหาความถี่ต่ำผ่าน (cut – off frequency) ได้จากสมการดังนี้

$$F_c = \frac{1}{2\pi R_f C_f} \quad (3.4)$$

โดยที่ $R_f = 680 \text{ k}\Omega$, $C_f = 100 \text{ nF}$ และ $\pi = 3.1416$ จะได้ $F_c = 2.34 \text{ Hz}$

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาล็อกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 และทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับค่าอุณหภูมิ Set Point โดยระบบควบคุมแบบพีไอดี (PID Control) นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และทำการหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังให้กำเนิดสัญญาณ PWM ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั้มน้ำผ่านวงจรขับกระแส ดังรูปที่ 3.12 ทั้งหมดนี้ได้มีการกำหนดค่าอุณหภูมิจัดตั้งไว้ผ่านทางหน้าจอสัมผัส และแสดงผลค่าอัตราการเต้นของหัวใจผ่านทางหน้าจอสัมผัสเช่นกัน

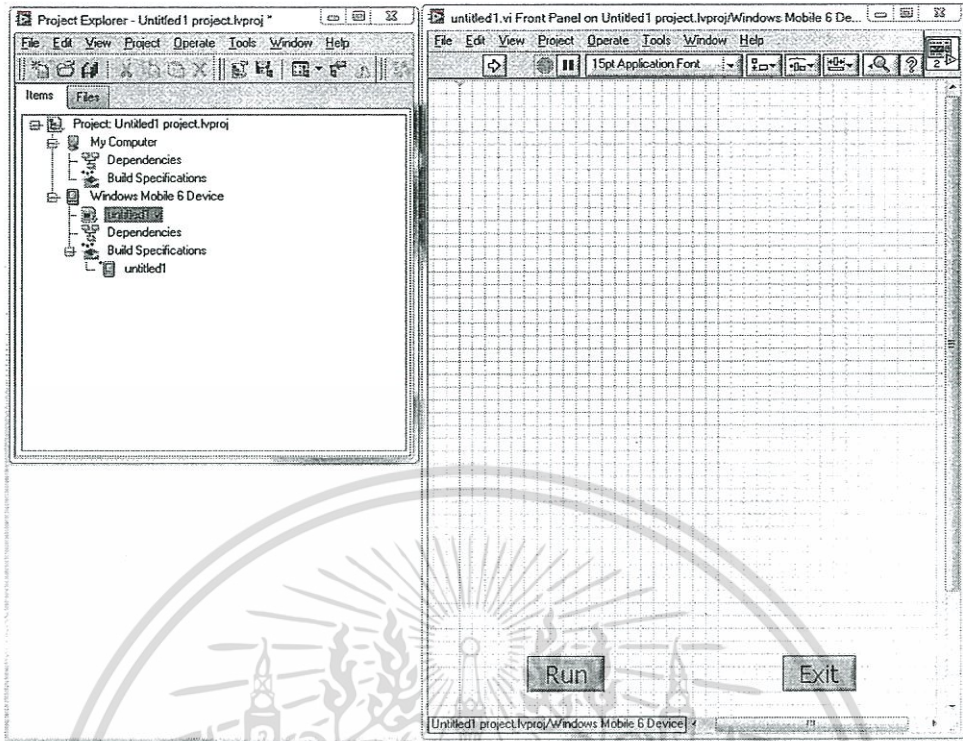


รูปที่ 3.13 ลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ที่ออกแบบ

3.2.4 การออกแบบซอฟต์แวร์ประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์

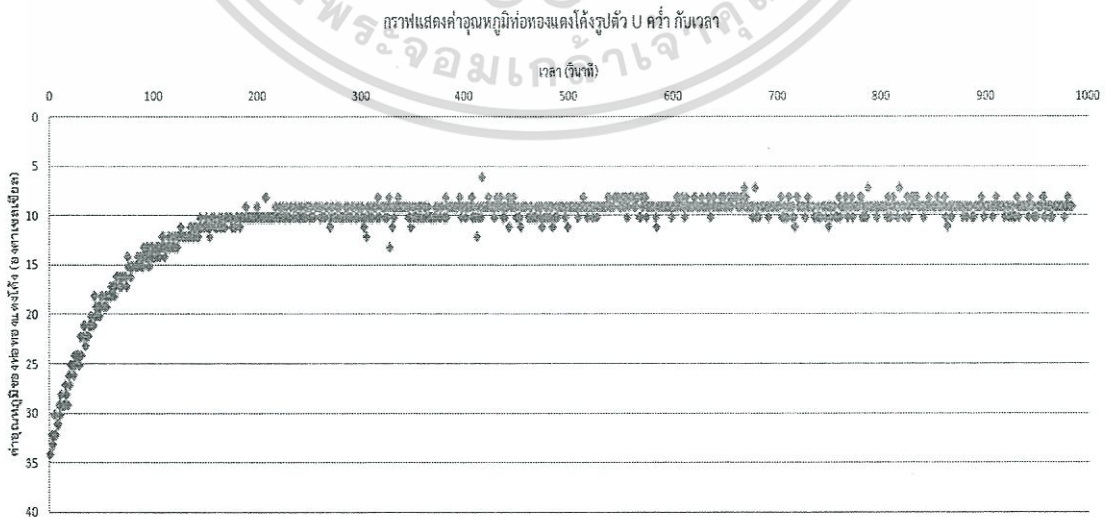
ซอฟต์แวร์ประมวลผลสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 รันบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows CE™ Evaluation Image เพื่อทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรม LabVIEW™ ของบริษัท National Instruments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

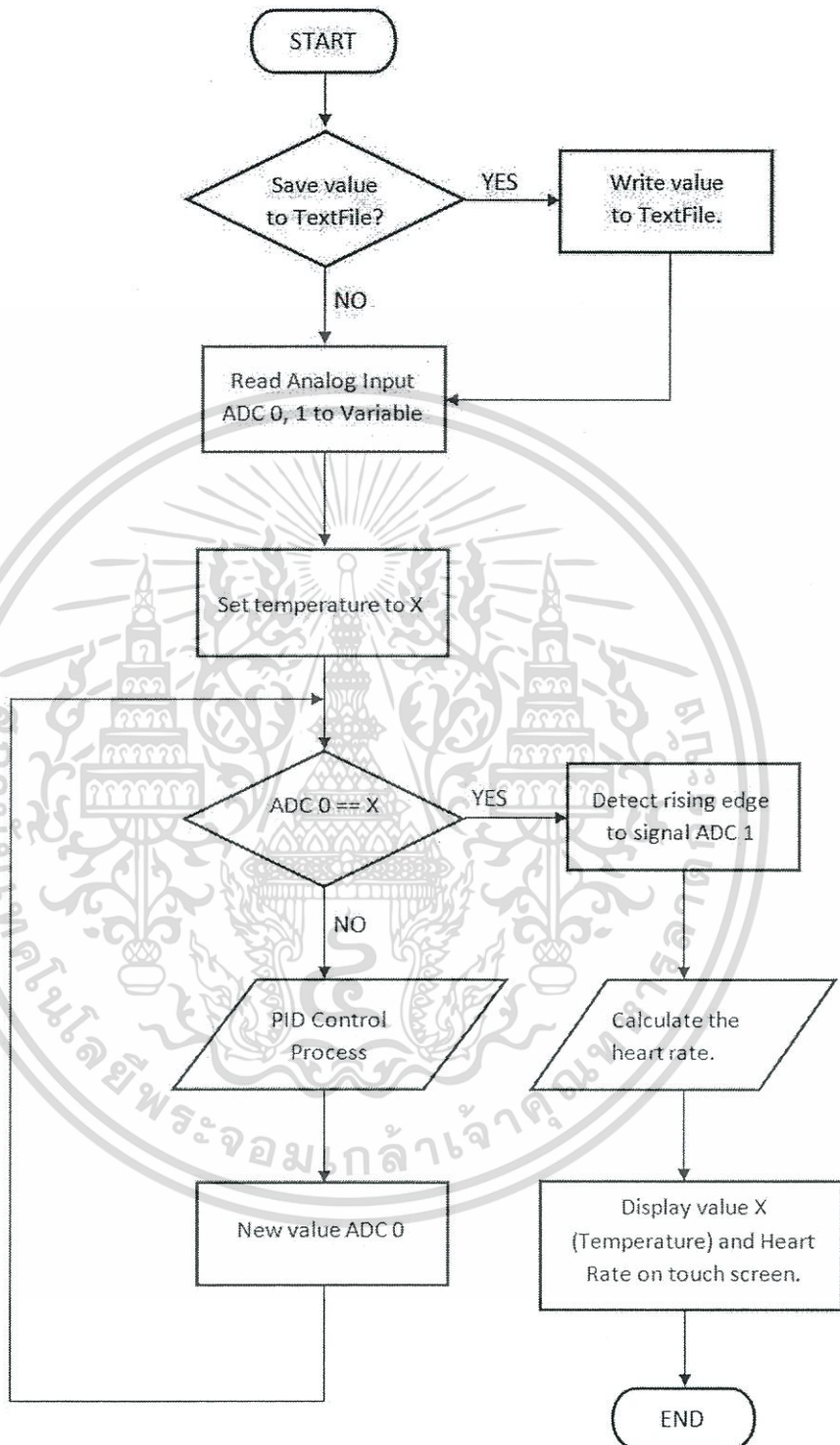


รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรม LabVIEW 2012 Mobile Module™

การออกแบบโปรแกรมได้มีการออกแบบให้ระบบมีการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ กับค่าอุณหภูมิที่ตั้ง โดยกระบวนการควบคุมแบบพีไอดีคอนโทรล (PID Control) เพื่อให้การลดลงของอุณหภูมิที่ท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ ลดลงในระยะเวลาที่สั้นที่สุด ซึ่งสำหรับการทดสอบการลดลงของอุณหภูมิที่ท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ นั้น ได้มีการเขียนโปรแกรมเพื่อเก็บค่าอุณหภูมิกับเวลา ใน TextFile และสามารถเปิด TextFile เพื่อพล็อตกราฟอุณหภูมิของท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ กับเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ลักษณะการปรับอุณหภูมิบนผิวท่อทองแดง (องศาเซลเซียส) กับเวลา (วินาที) เข้าสู่ค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
จัดตั้ง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ผังงานแสดงการไหลของข้อมูล (Flow Chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

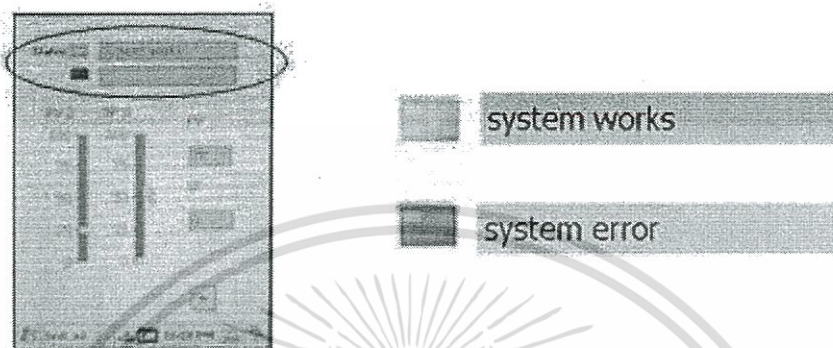
การออกแบบระบบโดยรวมมีการออกแบบดังรูปที่ 3.16 โดยเริ่มจากการรับค่า Analog จากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ LM35 เข้า Port AD input channel 0 และรับรับค่า Analog จากเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (โฟโตทรานซิสเตอร์) เข้า Port AD input channel 1 จากนั้นได้มีการนำค่าสัญญาณจาก Port AD input channel 0 หรือจาก LM35 มาคำนวณในทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) ตามต้องการ โปรแกรมได้มีการนำค่าสัญญาณอุณหภูมิเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิ (Set Point) โดยวิธีการควบคุมแบบพีโอดีคอนโทรล จากนั้นได้มีการสั่งการผ่าน PWM เพื่อให้มอเตอร์ปั้มน้ำทำงาน ซึ่งมอเตอร์ปั้มน้ำจะเป็นตัวลดอุณหภูมิของเซ็นเซอร์ LM35 และได้มีการนำสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ มาทำกระบวนการ Detect Rising Edge เพื่อนำไปคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง ต่อ นาที) นอกจากนี้ระบบได้มีการออกแบบให้มีการตรวจสอบตัวเอง ว่าระบบมีการใช้งานได้อย่างปกติหรือไม่ เช่น มอเตอร์ปั้มน้ำไม่สามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ ถึงเก็บความเย็นไม่มีน้ำแข็งหรือน้ำเย็นพอที่จะสามารถเป็นแหล่งกำเนิดความเย็นได้ เป็นต้น

การออกแบบเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานหน้าจอสัมผัสแสดงผลแบบกราฟฟิกส์สี เพื่อให้มีการใช้งานง่าย โดยผู้ใช้งานเพียงตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนร่างกายระหว่างห้องแดงโค้งรูปตัว U คว่า กับบริเวณฝ่ามือ หรือค่า SP2 จากนั้นระบบจะทำงานอย่างอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.17 การตั้งค่าอุณหภูมิใช้การเลื่อน scrolling bar สีน้ำเงินขึ้นลงตามความต้องการของผู้ใช้งาน แสดงค่าอุณหภูมิเป็นแท่งสีฟ้าจะเป็นค่าอุณหภูมิจัดตั้ง scrolling bar ที่ไม่สามารถปรับได้โดยกระบวนการควบคุมต่อจากนี้ ค่าอุณหภูมิปัจจุบันที่เซ็นเซอร์ LM35 วัดได้แสดงเป็นแท่งสีแดงทางซ้ายมือ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบกันระหว่างอุณหภูมิจัดตั้งกับอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ LM35 ได้ชัดเจน



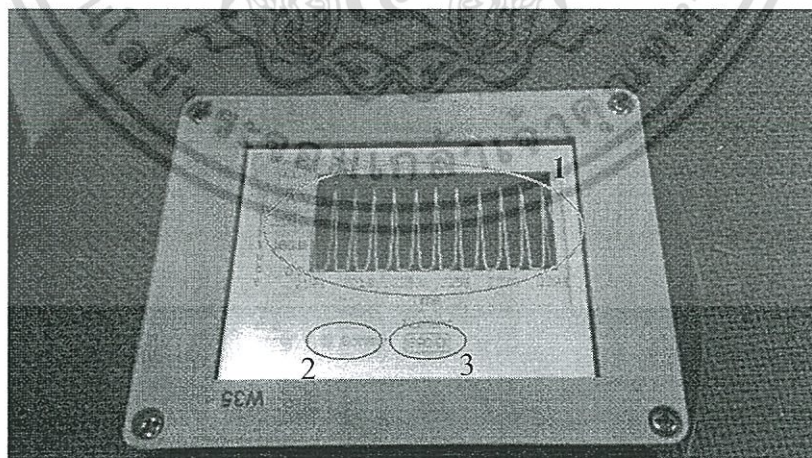
รูปที่ 3.17 การออกแบบหน้าจอแสดงผลสำหรับการใช้งาน (ก) แสดง scrolling bar ค่าอุณหภูมิปัจจุบัน (SP2) จากเซ็นเซอร์ LM35 แท่งสีแดง (ข) แสดง scrolling bar ที่สามารถเลื่อนได้ใช้เป็นการปรับเปลี่ยนค่าอุณหภูมิจัดตั้ง (SP2) แท่งสีฟ้า

นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบหน้าจอแสดงผลให้มีการแจ้งสถานะการทำงานของเครื่อง โดยมีการตรวจเช็คระบบ ดังรูปที่ 3.18 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อระบบมีการตรวจเช็คและเครื่องไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ ระบบจะแสดงผลเป็นพื้นที่สีเขียว พร้อมทั้งแสดงข้อความ “system works” และเมื่อระบบมีข้อผิดพลาด จะแสดงผลเป็นพื้นที่สีแดงทำงานพร้อมแจ้งเตือนสถานะว่า “system error”



รูปที่ 3.18 แสดงผลหน้าจอส่วนที่มีการแจ้งสถานะการทำงานของระบบ

ส่วนการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ได้มีการออกแบบหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งออกแบบให้แสดงกราฟพัลส์สัญญาณหัวใจ นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบให้มี LED (เสมือน) แสดงว่าจับยอดของสัญญาณการเต้นของหัวใจได้ โปรแกรมได้มีการคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ โดยการจับขอบขาขึ้นของสัญญาณ และแสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เป็น ครั้งต่อนาที (Beat Per Minute : BPM)

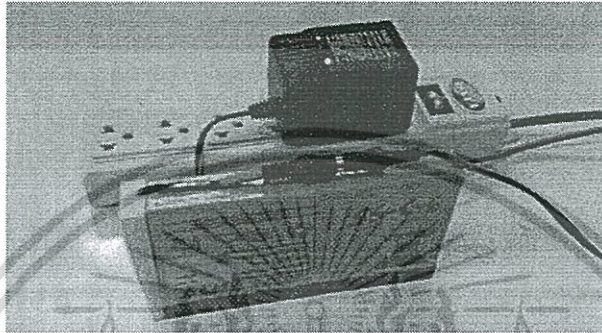


รูปที่ 3.19 หน้าจอแสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 1 ในรูปที่ 3.19 เป็นพัลส์แสดงผลค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นการนำข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่มีการผ่านวงจรกรองความถี่ และวงจรขยายสัญญาณ มาพล็อต เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นพัลส์ของสัญญาณ หมายเลข 2 แสดง LED กระพริบเมื่อมีการนับพัลส์ของสัญญาณ และหมายเลข 3 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่มีการคำนวณจากโปรแกรมแล้ว

อุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ใช้กำลังงานจากแบตเตอรี่เจล 12 V ประจุไฟใหม่ได้จาก เครื่องประจุไฟภายนอก



รูปที่ 3.20 แสดงวิธีการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการออกแบบการทดลองเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของการใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิร่างกายแบบแลกเปลี่ยนความร้อนสองฝ่ามือที่ได้ออกแบบสร้าง การทดลองเบื้องต้นกระทำกับบุคคลปกติซึ่งไม่ใช่ นักกีฬาเพื่อประเมินสมรรถนะทางเทคนิค ที่ห้องปฏิบัติการ biomedical measurement and computations (BMCL) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นได้มีการนำอุปกรณ์ ไปทำการทดลองกับนักกีฬามวยปล้ำ ในสถานะเหมือนการแข่งขันจริง โดยความร่วมมือของ การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 สุพรรณบุรี

4.1 รูปแบบการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองคือการทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่ นักกีฬาในห้องปฏิบัติการและการทดลองกับนักกีฬามวยปล้ำ ในสถานะซึ่งใกล้เคียงการแข่งขันจริง การทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่ นักกีฬาใช้ผู้เข้าร่วมการทดลอง จำนวน 4 ราย เพศหญิง 2 ราย เพศชาย 2 ราย ซึ่งเป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ส่วนการทดลองกับนักกีฬามวยปล้ำ ได้รับความร่วมมือกับการกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 จังหวัดสุพรรณบุรี ในการทดลองใช้ นักกีฬามวยปล้ำจำนวน 10 คน ที่มีการฝึกซ้อมสม่ำเสมอ แบ่งนักกีฬาแบบสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (ใช้อุปกรณ์ จำนวน 6 คน) และกลุ่มควบคุม (ไม่ใช้อุปกรณ์ จำนวน 4 คน)

4.1.1 วิธีการทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่ นักกีฬา

ใช้ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 4 คน เพศหญิง 2 คน เพศชาย 2 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการทดลองได้มีการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการทำงานของเครื่องมือเป็นสำคัญ การทดลองนี้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นการบ่งชี้ผลสัมฤทธิ์ วิธีการทดลองเริ่มต้นจากการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) จากเครื่อง Biopac MP36™ เป็นเวลา 5 นาที โดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งในท่าสบาย จากนั้นได้มีการให้ผู้เข้าร่วมการทดลองวิ่งบน Treadmill เป็นเวลา 5 นาทีตามตารางที่ 4.1 และจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองพัก คือการนั่งในท่าสบายอีกเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งรวมระยะเวลาทั้งหมดเท่ากับ 20 นาที การทดลองจะมีการวัดสัญญาณ ECG ตลอดระยะเวลาการทำการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงความเร็วของการวิ่งบน Treadmill ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งเพศชายและเพศหญิง เป็นเวลา 5 นาที

เพศ \ ระยะเวลา (S)	0 - 100	101 - 300
หญิง (n=2)	2 km/h	4 km/h
ชาย (n=2)	4 km/h	8 km/h



รูปที่ 4.1 แสดงวิธีการการทดลองกับบุคคลปกติที่ไม่ใช่นักกีฬา ในห้องปฏิบัติการ

การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลองด้วยกันคือ การทดลองครั้งที่ 1 ในระยะเวลาที่พักเป็นเวลา 10 นาที จะไม่มีการใช้อุปกรณ์แต่สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 นั้น ในระยะเวลาพักเป็นเวลา 10 นาที ได้มีการใช้อุปกรณ์ โดยการจับที่บริเวณท้องแดงเป็นเวลา 150 วินาที (2.5 นาที) ซึ่งมีการบันทึกผลการทดลองเปรียบเทียบกันต่อไป สำหรับการทดลองทั้ง 2 การทดลอง ได้มีการเว้นระยะการทดลองเป็นเวลา 1 อาทิตย์ เพื่อให้มั่นใจว่าจะไม่มีผลกระทบจากการทดลองครั้งที่ 1

4.1.2 วิธีการทดลองอุปกรณ์ กับนักกีฬามวยปล้ำ

ในการทดลองกับนักกีฬามวยปล้ำ เนื่องจากเป็นการประเมินประสิทธิผลด้านการฟื้นฟูสมรรถนะทางการกีฬา นักกีฬามวยปล้ำที่เข้ารับการทดลองต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมก่อนการทดลองเป็นอย่างดี มีการควบคุมการดื่มน้ำและนอกจากนี้นักกีฬาดังกล่าว ต้องออกกำลังกายอย่างหนักก่อนวันทำการทดลอง การทดลองได้มีการสุ่มแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือกลุ่มทดลอง (ใช้อุปกรณ์: DHRC) และกลุ่มควบคุม (ไม่ใช้อุปกรณ์: Non-DHRC) ซึ่งมีคุณลักษณะพื้นฐานดังตารางที่ 4.3 สำหรับค่า Total body fat (%) ของบุคคลปกติดังตารางที่ 4.2 การทดลองเริ่มต้นได้มีการสุ่มนักกีฬามวยปล้ำ ออกเป็น กลุ่มทดลอง (ใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย) จำนวน 6 คน กลุ่มควบคุม (ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย) จำนวน 4 คน การทดลองจะให้นักกีฬามวยปล้ำ ทั้ง 2 กลุ่ม ปั่นจักรยานวัดงาน (Monark™, USA) ซึ่งมีการตั้งโหลดเท่ากับ $0.06/5 \times$ น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)

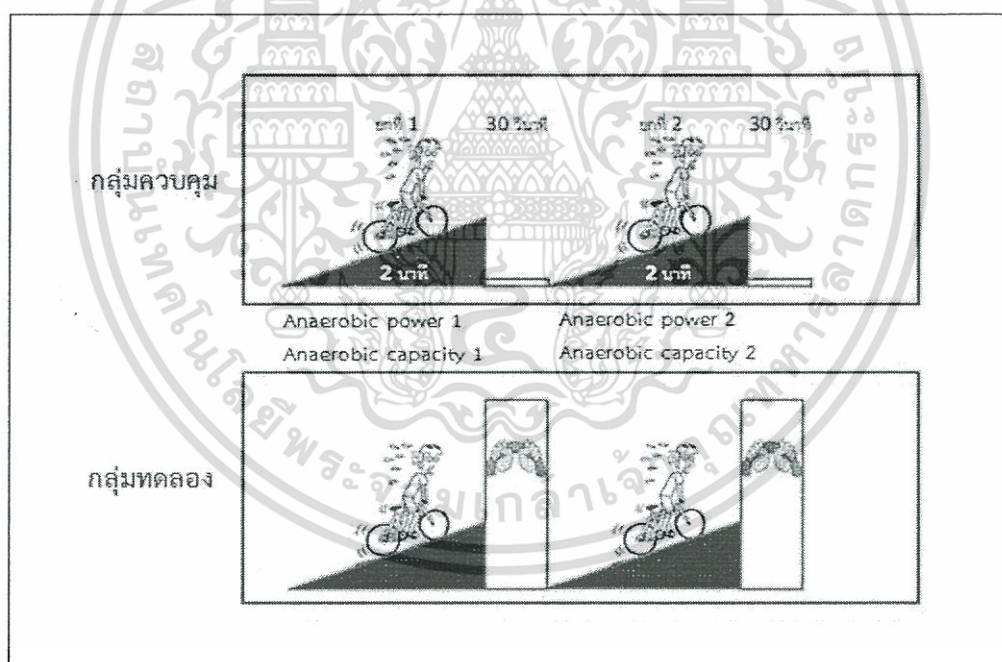
ตารางที่ 4.2 แสดงค่ามาตรฐานของ % Total body fat ของคนไทย

Age(yrs) level	17-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60 Up
Excellent	6.5-8.5 %	6.1-9.2 %	12.6-15.1 %	15.6-18.7 %	16.0-19.5 %	13.1-16.9 %
Good	8.6-10.6 %	9.3-11.8 %	15.2-17.8 %	18.8-21.8%	19.6-23.1%	17.0-20.9%
Fair	10.7-14.9%	11.9-17.2%	17.9-23.2%	21.9-28.1%	23.2-30.4%	21.0-28.9%
Poor	15.0-17.0%	17.3-19.8%	23.3-25.8%	28.2-31.2%	30.5-34.0%	29.0-32.8%
Very Poor	> 17.1 %	> 19.9 %	> 25.9 %	> 31.3 %	> 34.1 %	> 32.9 %

ตารางที่ 4.3 แสดงคุณลักษณะพื้นฐานของนักกีฬาว่ายน้ำปล้ำทั้ง 2 กลุ่มทดลอง

Variables	กลุ่ม DHRC	กลุ่ม Non-DHRC
Age (yrs)	16 ± 1.9	17 ± 0.0
Body weight (kg)	68.8 ± 8.4	65.1 ± 4.9
Height (cm)	168 ± 5.5	169 ± 7.1
Total body fat (%)	10.9 ± 1.2	12.5 ± 6.8
Trunk fat (%)	9.5 ± 1.2	10.4 ± 5.1
Arm fat (%)	15.5 ± 2.2	18.7 ± 10.2
Leg fat (%)	14.6 ± 2.3	17.2 ± 9.8

การทดลองเริ่มจากการให้นักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ปั่นจักรยาน วัตงานด้วยภาระโหลดตามน้ำหนักตัว ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นระยะเวลา 2 นาที จากนั้นพักเป็นระยะเวลา 30 วินาที จากนั้นปั่นจักรยานวัตงานอีกเป็นเวลา 2 นาที และพักอีก 30 วินาที ซึ่งจะรวมการทดลองเป็น 2 รอบด้วยกัน สำหรับช่วงระยะเวลาการพัก 30 วินาที กลุ่มทดลองจะมีการใช้อุปกรณ์แต่กลุ่มควบคุมจะไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายใดๆ ดังรูปที่ 4.2 อนึ่งช่วงการปั่นจักรยานและการพัก เป็นเวลาที่ใช้ในกติกากการแข่งขันมวยปล้ำจริง



รูปที่ 4.2 วิธีการทดลองอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของทั้ง 2 กลุ่มทดลอง

สำหรับการทดลองอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำปล้ำนั้น ได้มีการเก็บผลต่าง ๆ เพื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่มีการใช้อุปกรณ์กับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายใด ๆ ผลการทดลองจะมีการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ที่ตึงหู มีการวัดการอัตราใช้ก๊าซออกซิเจน (VO_2) และการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) มีการวัดปริมาณของเหงื่อ และกำลังการปั่นจักรยานวัตงานสูงสุด (Peak Power) กำลังเฉลี่ยในการปั่นจักรยานวัตงาน (Average Power) ลักษณะการทำการทดลองโดยรวมเป็นไปดังรูปที่ 4.3

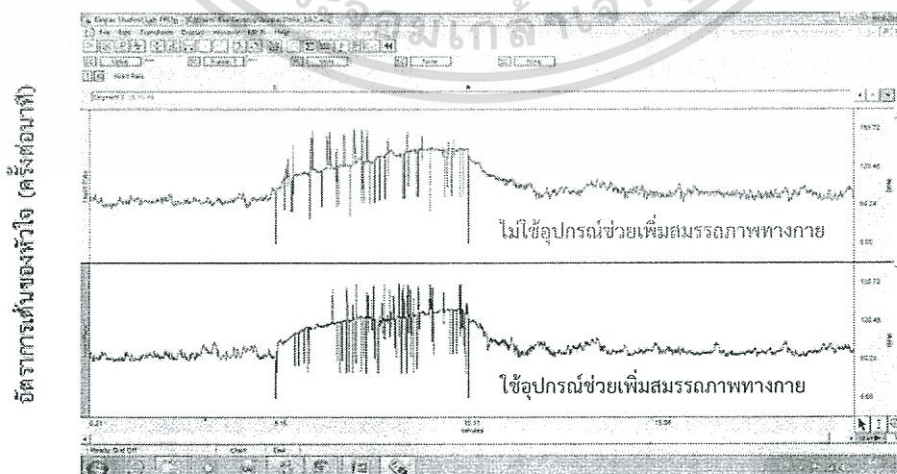
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
 ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ลักษณะการทดลองอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับนักศึกษา

4.1.3 ผลการทดลองอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพกับบุคคลปกติ

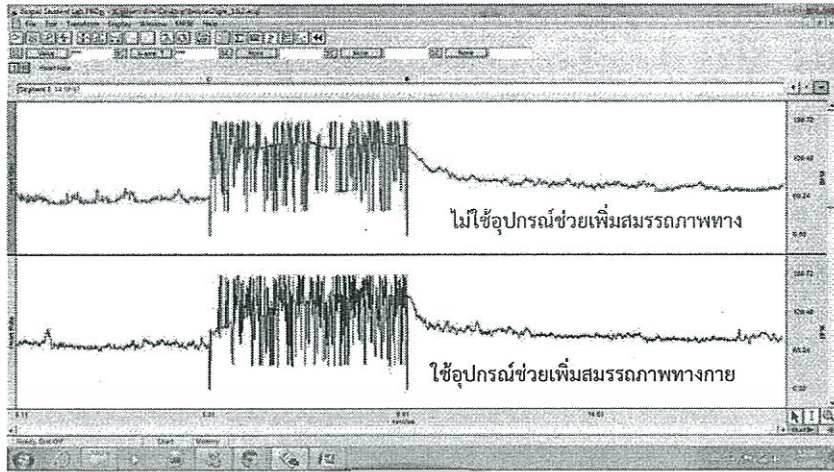
ผลการทดลองอุปกรณ์กับบุคคลปกติที่ไม่ใช่นักกีฬา ในสภาวะห้องปฏิบัติการ (BMCL) แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ทำงานได้ตามที่คาดหวัง การควบคุมอุณหภูมิทำได้คงที่ตลอดการทดลอง มีปัญหาการรั่วซึมของน้ำเย็นตามจุดต่อเชื่อมบ้าง การแสดงผลบนหน้าจอสัมผัสเป็นปกติ ข้อมูลเอาท์พุทเป็นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ (ECG) แบบ V_3 แล้วนำมาวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) เพื่อเปรียบเทียบการลดลงของค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อมีการใช้อุปกรณ์และไม่มีการใช้อุปกรณ์ในช่วงระยะเวลาการพัก 10 นาที รูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.7 เป็นรูปผลการวิเคราะห์ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่มีการใช้อุปกรณ์ (กราฟสีแดง) และการทดลองที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ (กราฟสีน้ำเงิน) ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 4 คน



เวลา (นาที)

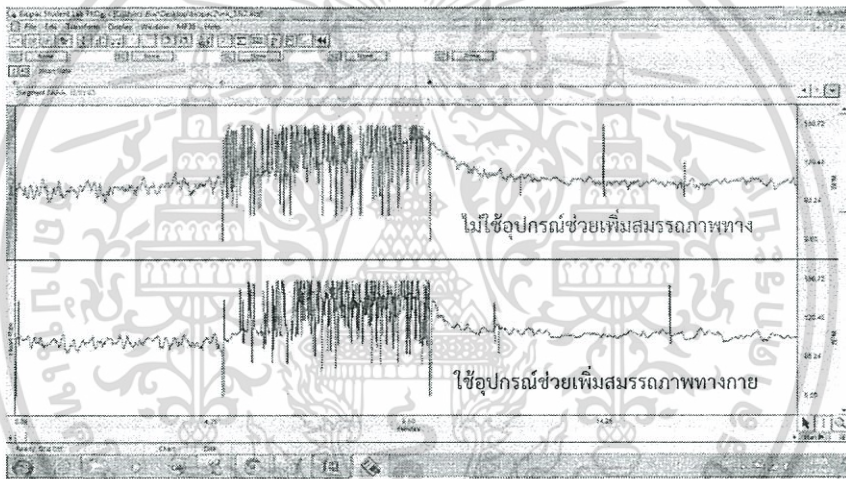
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 1 (เพศหญิง)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)



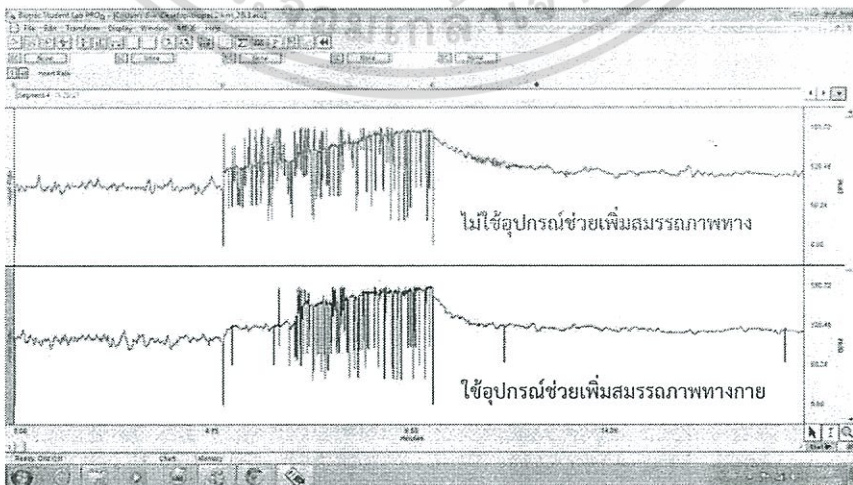
รูปที่ 4.5 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 2 (เพศหญิง)

อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)



รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 3 (เพศชาย)

อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)



เวลา (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองรายที่ 4 (เพศชาย) ระยะเวลาในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 4 ราย มีแนวโน้มไปในลักษณะเดียวกัน คือการใช้อุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือ จะลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยทั้ง 4 ราย ได้เร็วกว่า 22.2 % ในผู้เข้ารับการทดลองทุกรายเมื่อเทียบการทดลองที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์

4.1.4 ผลการทดลองอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือ กับนักกีฬามวยปล้ำ

ผลการทดลองอุปกรณ์กับนักกีฬามวยปล้ำ ได้มีการเก็บผลการทดลองหลายชนิด ดังนั้นจะแบ่งเป็นประเภทเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น

1. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่บริเวณ ดิ่งหู ตลอดการทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งจะมีการเก็บผลค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

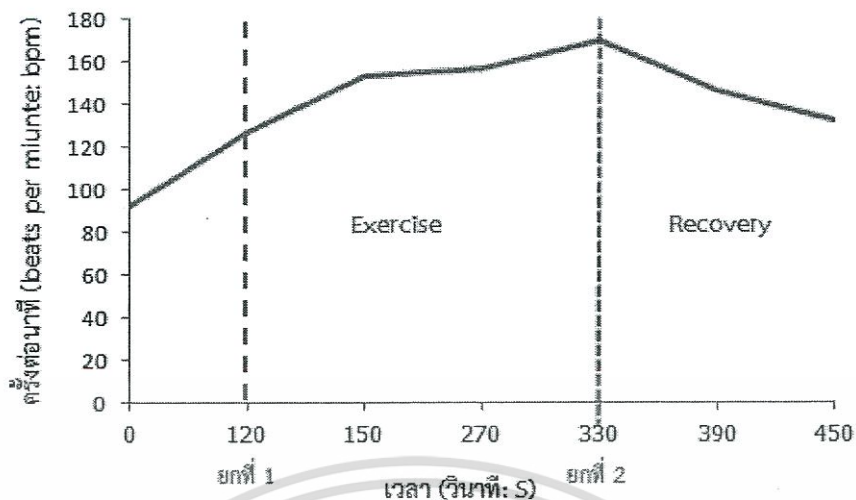


รูปที่ 4.8 ลักษณะการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ที่บริเวณดิ่งหู

ผลการทดลองวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลองด้วยกัน คือ กลุ่มทดลอง (ใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลาพัก 30 วินาที) จำนวน 6 คน และกลุ่มควบคุม (ไม่มีการใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลาพัก 30 วินาที) จำนวน 4 คน ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน ซึ่งในตารางที่ 4.4 ยังแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแต่ละช่วงเวลาทดลอง

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

Subject	Rest (bpm)	Exercise (bpm)			Recovery (bpm)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	3 min
1	103	120	176	162	157	142	135
2	77	163	177	179	182	152	130
3	109	100	96	115	180	157	146
4	70	88	136	158	167	144	123
5	102	136	159	160	156	131	123
6	93	152	170	165	176	150	132
Mean	92.77	126.91	152.88	156.82	170.14	146.40	132.10
SD	15.45	29.11	31.47	21.79	11.71	9.22	8.74



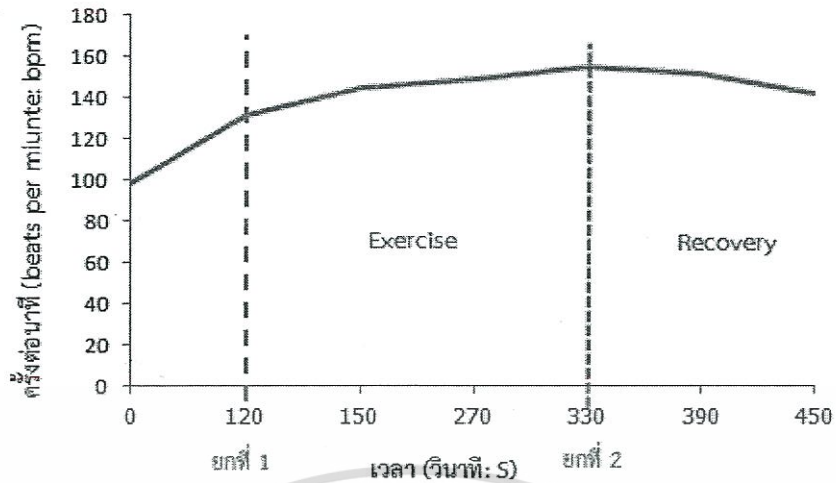
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

จากรูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน จะเห็นว่าหลังจากปั่นจักรยานรอบที่ 2 ที่เวลา 330 วินาที ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย เท่ากับ 170.14 ครั้งต่อนาที หลังจากนั้นในช่วง Recovery นักกีฬากลุ่มทดลอง จะมีการใช้อุปกรณ์ตลอดเป็นเวลา 3 นาที ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อครบ 3 นาที ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย เท่ากับ 132.10 ซึ่งลดลงเท่ากับ 22.4 %

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน รวมไปถึงแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) นอกจากนี้ได้มีการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย กับเวลา รูปที่ 4.10 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองค่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

Subject	Rest (bpm)	Exercise (bpm)			Recovery (bpm)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	3 min
1	109	170	178	182	175	156	144
2	94	143	169	167	158	146	141
3	102	113	121	123	130	165	154
4	88	97	107	120	156	137	126
Mean	98.40	131.16	144.35	148.73	155.23	151.25	141.77
SD	9.11	32.21	34.81	31.16	18.47	12.07	11.63



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม ซึ่งจะเห็นว่าที่เวลา 330 วินาที หรือหลังจากการปั่นจักรยานรอบที่ 2 แล้วค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย เท่ากับ 155.23 ครั้งต่อนาที ต่อจากนั้นในช่วง Recovery นักกีฬากลุ่มนี้จะไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วงฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อผ่านช่วงเวลา Recovery ครบ 3 นาที นักกีฬากลุ่มนี้จะมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย เท่ากับ 141.77 ครั้งต่อนาที ซึ่งลดลงเท่ากับ 8.7 %

2. อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน (Oxygen Consumption: VO_2) คืออัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของร่างกายในขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งตามปกติร่างกายจะใช้ก๊าซออกซิเจนในระยะพักประมาณ 250 ml/min/kg อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนของร่างกายขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบในร่างกาย เพราะฉะนั้นจึงเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่สามารถบอกถึงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้ การวัดอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน เป็นดังรูปที่ 4.11

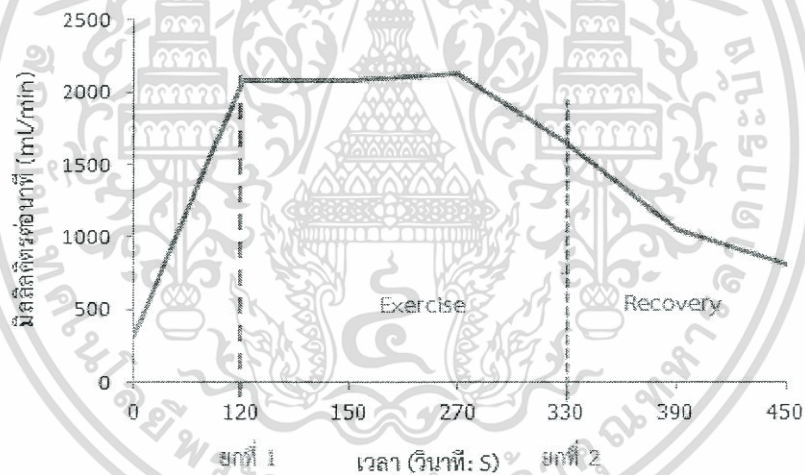


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการวัดอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเก็บค่าอัตราการใช้ออกซิเจน แสดงดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจะบอกการใช้ออกซิเจน ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ของนักกีฬาแต่ละคนในกลุ่มทดลอง หรือกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์จำนวน 6 คน นอกจากนี้ยังบอกค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าอัตราการใช้ออกซิเจน ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

Subject	Rest (ml/min/kg)	Exercise (ml/min/kg)			Recovery (ml/min/kg)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	2 min
1	366	1847	1952	1644	1172	900	813
2	304	2212	2218	2233	1926	1142	941
3	382	2072	2430	2363	2077	1334	985
4	313	2269	2057	2424	1753	1172	821
5	287	2075	1889	1966	1295	740	573
6	250	2032	1960	2124	1664	1055	767
Mean	317.43	2085.05	2084.66	2129.09	1648.56	1057.50	817.16
SD	49.33	148.05	204.52	287.94	353.31	210.98	145.39



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาทีต่อ น้ำหนักตัว) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

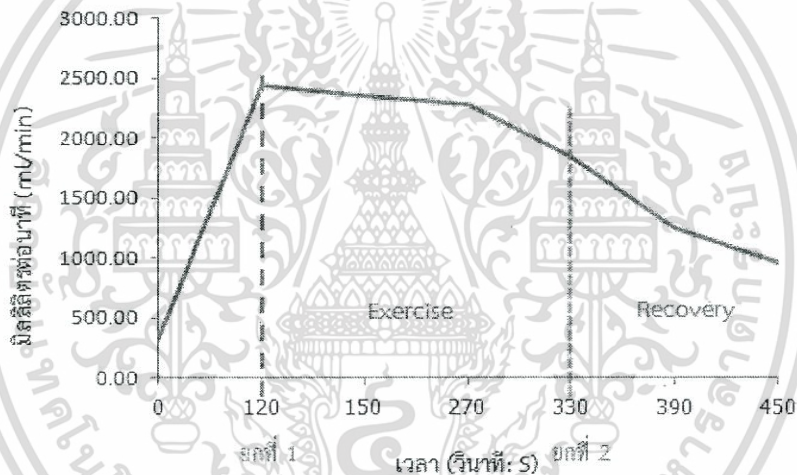
จากรูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ออกซิเจน (มิลลิลิตรต่อ นาที) กับเวลา (วินาที) ที่เวลา 330 วินาที อัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1648.56 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว หลังจากใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลา Recovery ครบ 3 นาที ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 817.16 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว ซึ่งลดลงเท่ากับ 50.4 %

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอัตราการใช้ออกซิเจน แต่ละช่วงเวลาของการทดลอง ของกลุ่มควบคุม (ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย) จำนวน 4 คน ซึ่งนอกจากนี้ยังแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากตารางค่า Rest จะเป็นช่วงก่อนการทำการทดลอง ในช่วง Exercise คือช่วงการปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงสุด จำนวน 2 รอบ รอบละ 2 นาที พัก

30 วินาที (Rest 30s) หลังจากนั้นเป็นช่วง Recovery หรือช่วงการพักแบ่งออกเป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ ที่ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

Subject	Rest (ml/min/kg)	Exercise (ml/min/kg)			Recovery (ml/min/kg)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	2 min
1	339	2275	2203	2126	1637	1141	840
2	276	2601	2195	2169	1645	1232	950
3	286	2081	2332	2221	1890	1263	1067
4	358	2773	2704	2589	2202	1377	1006
Mean	315.37	2432.83	2358.62	2276.65	1843.88	1254.73	966.24
SD	39.91	312.32	238.69	212.33	266.31	97.03	96.36



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

จากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย มีค่าพุ่งฟู (Recovery) สูงมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด เมื่อเวลาที่ 330 วินาทีค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 1843.88 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว หลังจากช่วง Recovery อัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนลดลงเท่ากับ 966.24 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว ซึ่งลดลงเท่ากับ 47.5 %

3. อัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือคืออัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของร่างกายในขณะที่ใดขณะหนึ่ง ซึ่งถ้าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดต่ำ จะส่งผลให้ร่างกายมีการหายใจช้าลง เช่น ช่วงเวลานอนหลับ แต่เมื่อมีค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดสูง จะส่งผลให้ร่างกายมีการหายใจเร็วขึ้น เช่น ช่วงเวลาการออกกำลังกาย ดังนั้นอัตราการใช้ก๊าซ

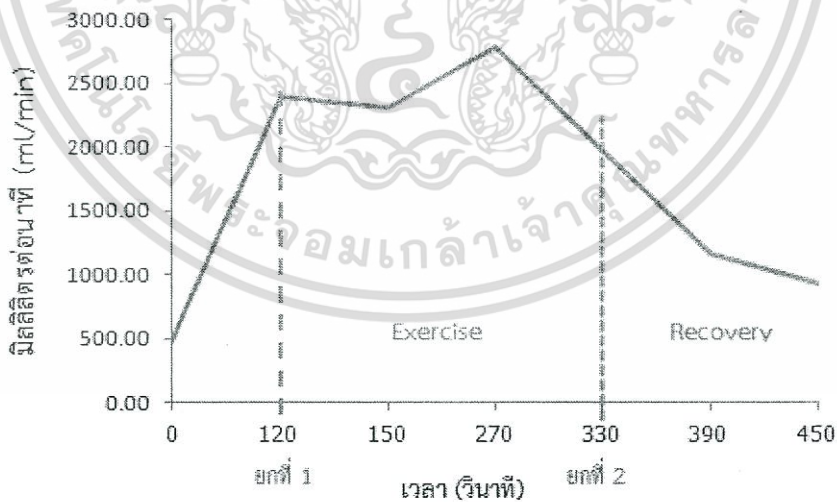
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำไปเผยแพร่หรือใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา การวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนคาร์บอนไดออกไซด์ ดังรูปที่ 4.6 เช่นกันกับการวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจน

ผลการวัดค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของนักกีฬา กลุ่มทดลอง หรือกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์จำนวน 6 คน ดังตารางที่ 4.8 แสดงค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (มิลลิลิตรต่อนาที) ของช่วงการทำงานทดลอง Rest คือช่วงระยะพักก่อนทำการทดลอง Exercise คือช่วงการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด แบ่งออกเป็น 2 รอบ รอบที่ 1 (Bout 1) พัก 30 วินาที (Rest 30s) และรอบที่ 2 (Bout 2) Recovery คือช่วงเวลาการพัก 3 นาที โดยที่กลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

Subject	Rest (mL/min/kg)	Exercise (mL/min/kg)			Recovery (mL/min/kg)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	2 min
1	501	1977	1918	2068	1232	1008	940
2	428	2255	2229	2736	2206	1256	1074
3	501	2558	2724	3182	2457	1464	1171
4	530	2775	2464	3127	2103	1227	866
5	598	2398	2152	2662	1653	826	672
6	360	2376	2360	2908	2162	1176	887
Mean	486.89	2390.41	2308.37	2781.00	1969.29	1159.78	935.21
SD	82.81	270.06	276.80	405.34	445.57	219.64	173.84



รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน

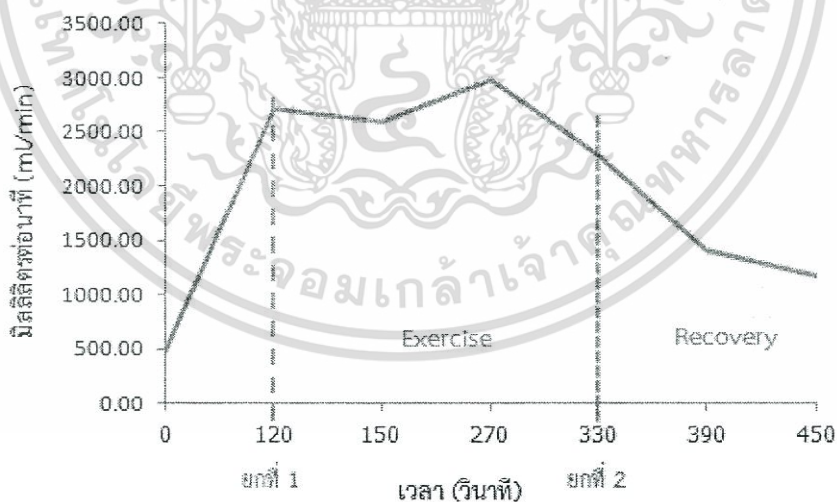
จากรูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) เห็นได้ว่าเมื่อมีการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด รอบที่ 1 เป็นเวลา 2 นาที อัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยมีค่าสูงชันอย่างชัดเจน และเมื่อถึงเวลาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัก 30 วินาที นักกีฬาในกลุ่มทดลองนี้มีการใช้อุปกรณ์ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าลดลง จากเข้าสู่การทดลองบนจักรยานวัดงานรอบที่ 2 อัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อเข้าสู่ช่วง 1 นาที ของ Recovery ค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 1969.29 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว และเมื่อเข้าสู่นาทีที่ 3 ค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 935.21 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว ซึ่งเท่ากับลดลง 52.5 %

ผลการวัดค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของนักกีฬา กลุ่มควบคุม ไม่มีการใช้อุปกรณ์จำนวน 4 คน มีค่าดังตารางที่ 4.9 รวมไปถึงค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SD)

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

Subject	Rest (ml/min/kg)	Exercise (ml/min/kg)			Recovery (ml/min/kg)		
		Bout 1	Rest 30s	Bout 2	1 min	2 min	2 min
1	511	2578	2403	2805	2062	1262	1025
2	385	2175	2175	2644	1982	1296	1014
3	498	2719	2719	3044	2370	1485	1438
4	494	3048	3048	3457	2716	1553	1218
Mean	472.51	2586.93	2586.93	2988.29	2283.08	1399.35	1174.29
SD	58.67	380.04	380.04	353.35	334.00	142.37	199.51



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม จำนวน 4 คน

จากรูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย (มิลลิลิตรต่อนาที) กับเวลา (วินาที) ของกลุ่มควบคุม ไม่มีการใช้อุปกรณ์ซึ่งจากรูปจะเห็นว่า ที่เวลา 330 วินาที หรือช่วงเวลา Recovery ที่ 1 นาที จะมีค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 2283.80 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว และเมื่อผ่านช่วง Recovery นาทีที่ 3 อัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 1174.29 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว ซึ่งคิดเป็น 48.5 %

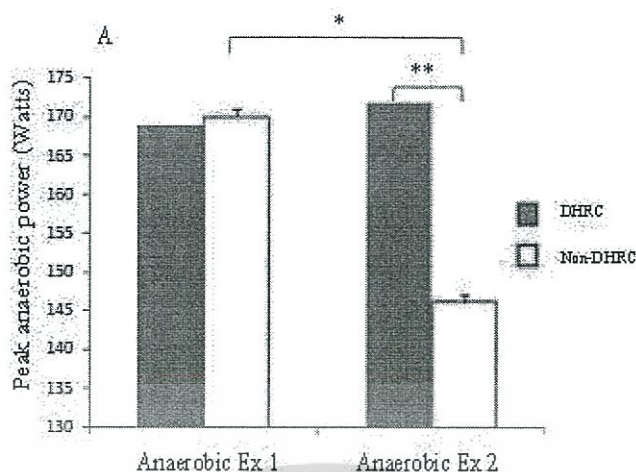
4. พลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก (Anaerobic) ในส่วนของผลการทดลอง พลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก นี้คือกำลังการปั่นจักรยานวัดงาน ซึ่งวัดออกมาหน่วยเป็นวัตต์ (Watts) การวัดค่ากำลังการปั่นจักรยานวัดงานดังรูปที่ 4.16 สำหรับผลการทดลองพลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก มีการเก็บผลการทดลองเป็นค่ากำลังสูงสุด (Peak Anaerobic Power) ซึ่งวันในช่วงสูงสุดของการทำงานและมักเกิดในระยะแรก ๆ ของการออกกำลังกาย ค่ากำลังเฉลี่ย (Averaged Anaerobic Power) เป็นค่าเฉลี่ยตลอด 2 นาทีของการออกกำลังกาย และค่ากำลังลดลง (Anaerobic Power Drop)



รูปที่ 4.16 ลักษณะการเก็บผลการทดลอง พลังงานการออกกำลังกาย แบบแอโรบิก (Anaerobic)

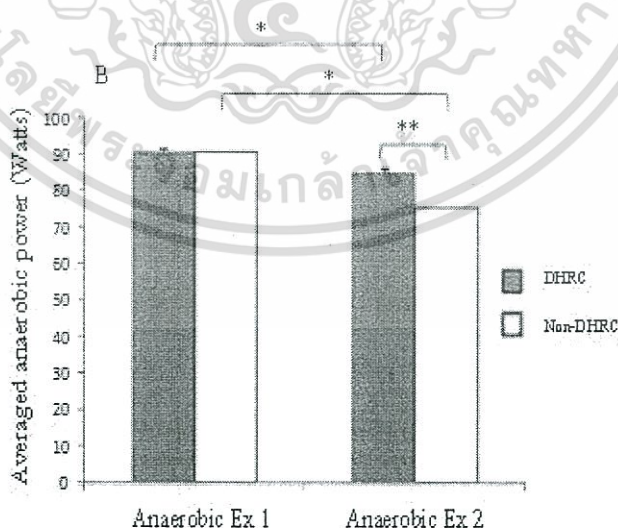
ผลการทดลองค่าพลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก (Anaerobic) มีการเก็บค่ากำลังการปั่นจักรยานวัดงาน เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังการปั่นจักรยานวัดงานของการทดลองปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด รอบที่ 1 และรอบที่ 2 ระหว่างนักกีฬากลุ่มทดลอง มีการใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิจำนวน 6 คน และนักกีฬากลุ่มควบคุม ไม่มีการใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิจำนวน 4 คน ผลการทดลองค่าพลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก สามารถนำมาวิเคราะห์สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้ ค่ากำลังการปั่นจักรยานวัดงานที่มีค่าสูง สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาก็ยิ่งสูงขึ้น แต่ถ้าค่ากำลังการปั่นจักรยานวัดงานมีค่าน้อย สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาก็จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มนักกีฬาทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม * แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างภายในกลุ่มเดียวกัน ** แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม

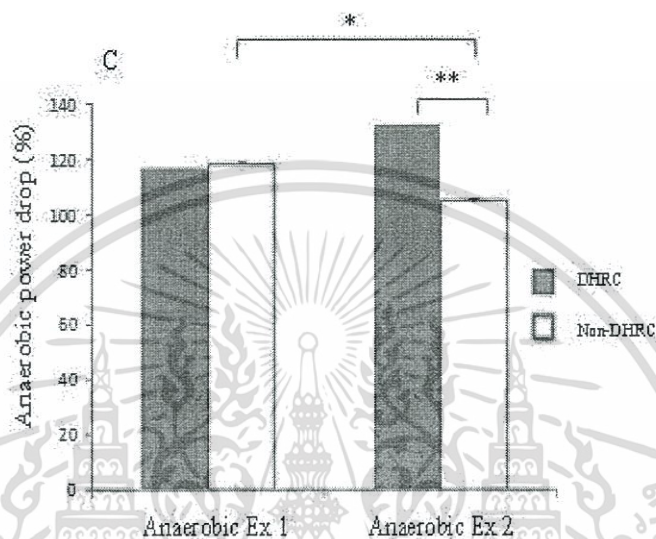
จากรูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มนักกีฬาทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม จะเห็นว่ากราฟแท่งสีน้ำเงินเป็นกราฟค่ากำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน (Peak anaerobic power) ของนักกีฬากลุ่มทดลอง หรือกลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์กราฟแท่งสีแดงเป็นกราฟค่ากำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงาน ของนักกีฬากลุ่มควบคุม หรือกลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์จากกราฟ จะเห็นว่าเมื่อรอบที่ 2 นักกีฬากลุ่มทดลอง มีกำลังสูงสุดในการปั่นจักรยานวัดงานสูงกว่า นักกีฬาในกลุ่มควบคุม



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังเฉลี่ยในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มนักกีฬาทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม * แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างภายในกลุ่มเดียวกัน ** แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังเฉลี่ยในการปั่นจักรยานวัดงาน (Watts) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบนักกีฬากลุ่มทดลอง และกลุ่มนักกีฬาควบคุม เมื่อดูจากกราฟจะเห็นว่า ค่ากำลังเฉลี่ยในการปั่นจักรยานวัดงานในรอบที่ 2 ของการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด ของนักกีฬากลุ่มทดลอง (สีน้ำเงิน) ให้ค่ามากกว่านักกีฬากลุ่มควบคุม (สีแดง)

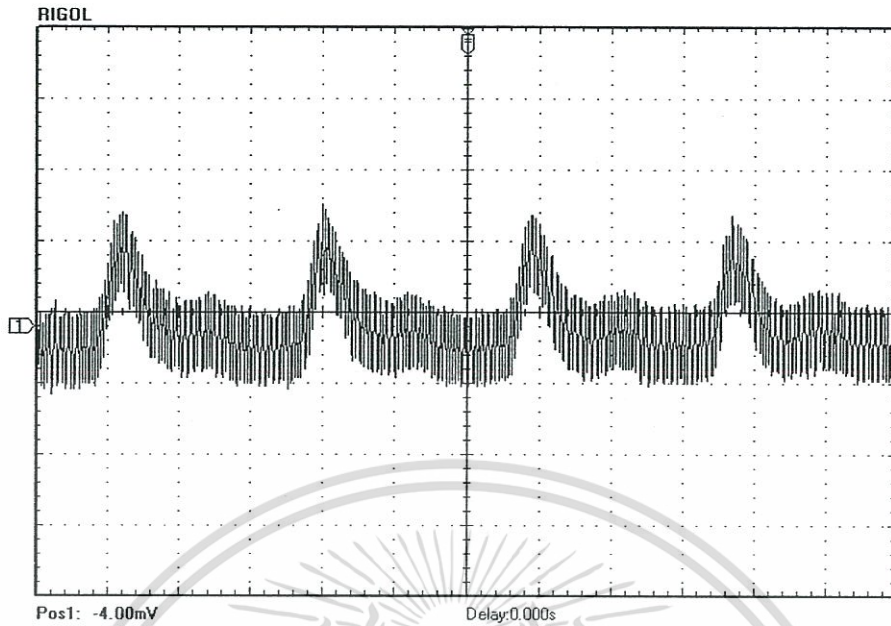


รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังลดลงในการปั่นจักรยานวัดงาน (% Power drop) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม * แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างภายในกลุ่มเดียวกัน ** แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังลดลงในการปั่นจักรยานวัดงาน (% Power drop) กับการทดลองปั่นจักรยานรอบที่ 1 และรอบที่ 2 เปรียบเทียบนักกีฬากลุ่มทดลอง และนักกีฬากลุ่มควบคุม ดังรูปที่ 4.19 จะเห็นว่ากราฟสีน้ำเงินของนักกีฬากลุ่มทดลอง หรือนักกีฬาที่มีการใช้อุปกรณ์ในรอบที่ 2 ของการปั่นจักรยาน ไม่มี % Power drop เกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณากราฟสีแดงของนักกีฬากลุ่มควบคุม หรือนักกีฬาที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์จะเห็นว่า % Power drop มีการลดลง

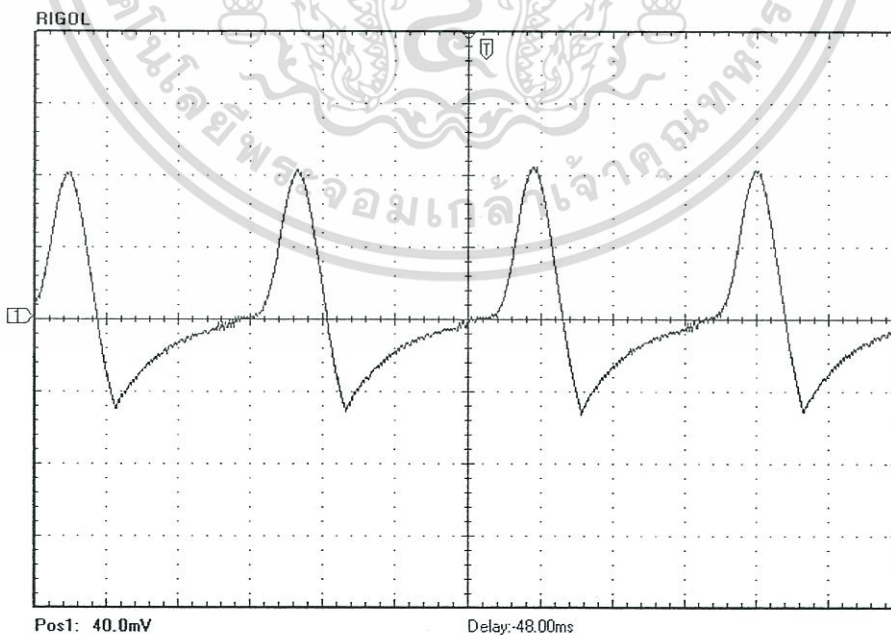
4.2 การทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นส่วนเสริมที่ผู้ทำงานวิจัยทำเพิ่มเติม เพื่อให้งานวิจัยครอบคลุมถึงความต้องการของผู้ที่จะนำไปใช้ได้มากยิ่งขึ้น สำหรับการทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ได้มีการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยไม่ผ่านวงจรใด ๆ ซึ่งได้สัญญาณออกมาดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อไม่มีวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน และ วงจรขยายสัญญาณ

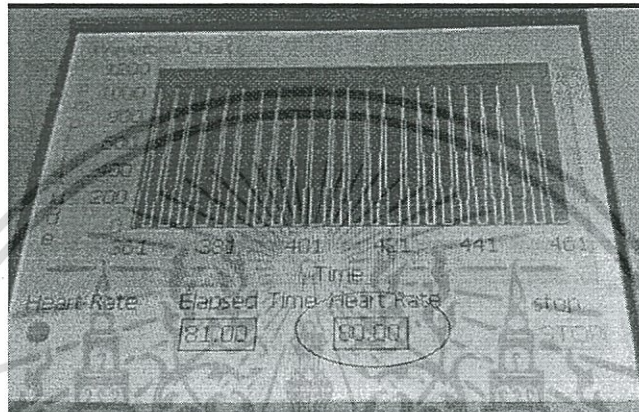
จากผลทดลองวินคาล์อัตราการเต้นของหัวใจโดยไม่ผ่านวงจรใด ๆ จะพบว่าสัญญาณที่วัดออกมามีสัญญาณรบกวน แล้วค่าสัญญาณค่อนข้างต่ำ ซึ่งทำให้การเขียนโปรแกรมตรวจจับสัญญาณทำได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการผ่านวงจรรองความถี่ต่ำ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออก และผ่านวงจรขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้น จะได้กราฟสัญญาณดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อผ่านวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน และ วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาได้มีการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรับคำสั่งญาณการเต้นของหัวใจ โดยการเขียนโปรแกรมตรวจจับขอบขาขึ้นของสัญญาณ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที) นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบกราฟิกสำหรับผู้ใช้งาน (Graphical User Interface, GUI) ให้สะดวกต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 4.22 จากภาพวงกลมสีแดงคือค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่คำนวณได้ ค่า Elapsed Time เป็นค่าเวลาในการเริ่มจับค่าอัตราการเต้นของหัวใจจนเลิกการทำงาน กราฟที่เห็นในรูปที่ 4.22 เป็นรูปสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อมีการป้อนข้อมูลจนทำให้กราฟมีความผิดปกติขึ้นดังรูป



รูปที่ 4.22 แสดงหน้าจอสัมผัสของไมโครคอนโทรลเลอร์ MIN2440 S3C2440 เมื่อทำการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)

4.3 สรุปผลการทดลองอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย

จากผลการทดลองวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ของทั้ง 2 การทดลอง คือ การทดลองอุปกรณ์กับบุคคลปกติที่ไม่ใช่นักกีฬา ในสภาวะห้องปฏิบัติการ และการทดลองอุปกรณ์กับนักกีฬามวยปล้ำ ในสภาวะแข่งขันจริง แสดงให้เห็นว่านักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้เร็วกว่า นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์

สำหรับผลการทดลองวัดค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน และอัตราการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ของการทดลองอุปกรณ์กับนักกีฬามวยปล้ำ จากผลการทดลองจะเห็นว่า นักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ลดค่าอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจน และอัตราการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับนักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย

ผลการทดลองพลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก (Anaerobic) เป็นผลการทดลองที่ให้ผลชัดเจน ในด้านการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ของอุปกรณ์คือ เมื่อดูจากผลการทดลองกำลังสูงสุดของการปั่นจักรยานวัดงาน (Peak Anaerobic Power) จะเห็นว่าในการทดลองปั่นจักรยานวัดงานรอบที่ 2 เป็นเวลา 2 นาที นักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์สามารถให้กำลังสูงสุดของการปั่นจักรยานวัดงานได้มากกว่า นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์จากผลการทดลองกำลังเฉลี่ยของการปั่นจักรยานวัดงาน (Averaged Anaerobic Power) สรุปได้ว่านักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายให้กำลังเฉลี่ยของการปั่นจักรยานวัดงานได้สูงกว่า นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ในการทดลองปั่นจักรยานวัดงานรอบที่ 2 เช่นกัน และสำหรับค่ากำลังลดลง (Anaerobic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอนในชั้นเรียน เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Drop) จะเห็นว่านักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ไม่มีค่า % Power drop ในการทดลองปั่นจักรยานวัดงานในรอบที่ 2 แต่เมื่อดูผลการทดลอง % Power drop ของนักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์จะเห็นว่าผลการทดลองในรอบที่ 2 นักกีฬากลุ่มนี้จะมีค่า % Power drop ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายมีสมรรถภาพทางกายลดลงมากกว่านักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย

4.4 สรุปผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) สรุปได้ว่า เซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจสามารถวัดค่าพัลส์อัตราการเต้นของหัวใจ ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีการวัดค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์เมื่อผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อสัญญาณจากเซ็นเซอร์ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรขยายสัญญาณ มีลักษณะสัญญาณที่ถูกต้องและมีสัญญาณรบกวนน้อยลง รวมไปถึงการเขียนโปรแกรม LabVIEW™ รับค่า มีการตรวจจับขอบขาขึ้นของสัญญาณ เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นครั้งต่อนาที (bpm) ได้อย่างถูกต้อง



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปงานวิจัย

การใช้กำลังงานของร่างกายอย่างหนักอย่างเช่นการแข่งขันกีฬา จะทำให้อุณหภูมิแกนของร่างกายเพิ่มสูงขึ้นตามหลักการของการอนุรักษ์พลังงาน ในขณะที่เดียวกันทำให้สมรรถภาพทางกายต่าง ๆ ลดลง มีหลักฐานทางการแพทย์ยืนยันว่า ยิ่งลดอุณหภูมิแกนของร่างกายหลังการใช้พลังงานอย่างหนักได้เร็วเท่าไรสมรรถภาพทางกีฬาก็ฟื้นฟูลงมาได้เร็วเท่านั้น งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬาโดยใช้หลักการดังกล่าวนี้ เพื่อนำไปช่วยนักกีฬาในระหว่างการฝึกซ้อม จนไปถึงระหว่างการแข่งขันจริง นักกีฬามีการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมอย่างหนัก ส่งผลให้ความร้อนสะสมภายในร่างกายมากยิ่งขึ้น ทำให้สมรรถภาพทางกายต่าง ๆ ลดลง ซึ่งเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถของนักกีฬา อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายโดยลดอุณหภูมิแกนของร่างกาย ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนบริเวณฝ่ามือทั้งสองของนักกีฬาไปสู่โลหะที่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีอย่างทองแดงและใช้น้ำเย็นเป็นสารพาความร้อนจากทองแดง โดยใช้ท่อทำจากทองแดงลักษณะเป็นรูปตัว U คว่ำ ขนาดพอเหมาะที่จับได้เต็มทั้ง 2 ฝ่ามือ ระบบมีการควบคุมอุณหภูมิที่ผิวของท่อทองแดงโค้งนี้ ให้อยู่ในช่วง 10-18°C โดยผ่านน้ำเย็นทางผิวด้านในของท่อ โดยมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่บริเวณผิวท่อทองแดง ภายในท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ ยังมีท่อทองแดงขนาดเล็กลงเป็นรูปสปริงเป็นทางผ่านของสารพาความร้อนและแลกเปลี่ยนความร้อนกับฝ่ามือ อัตราการไหลของน้ำเย็นจะควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตามค่าอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้ในช่วงที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ มาเปรียบเทียบกับค่าจากค่าที่ปรับตั้งไว้โดยผู้ใช้

นำมาปรับอัตราไหลของน้ำเย็นด้วยระบบควบคุมแบบพีไอดี (PID Control) ซึ่งเขียนเป็นซอฟต์แวร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ สัญญาณ PWM (Pulse width modulation) จากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขับกระแสเฉลี่ยให้ปั้มน้ำขนาดเล็กทำงาน ส่งสารพาความร้อนไหลผ่านท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่ำ

นอกจากนี้ในระบบที่นำเสนอ ยังมีเซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจรวมไว้ด้วย เพื่อเพิ่มความสะดวกในการประเมินผลสัมฤทธิ์มากขึ้นในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายผ่านค่าอัตราการเต้นของหัวใจ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้หลักการดูดกลืนแสงอินฟราเรดบริเวณตึงใบหูหรือในนิ้วมือของเมดเลือดแดงในเส้นเลือดฝอย เซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้เป็น ไดโอดอินฟราเรด (Infrared LED) และโฟโตไดโอด (photo diode) สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างเล็ก และมีสัญญาณรบกวน จึงจำเป็นต้องมีการกรองสัญญาณรบกวนออก โดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน $F_c = 2.34 \text{ Hz}$ และผ่านวงจรรายยอัตราขยาย $A_v = 101$ เท่า จากนั้นจึงนำสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ MINI2440 S3C2440 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลโดยการตรวจจับขอบขาขึ้นของสัญญาณเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW™ ซึ่งสะดวกต่อการเขียน GUI (Graphic User Interface) ให้สะดวกต่อผู้ใช้งาน ซึ่งจะแสดงค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ที่วัดค่าจากท่อทองแดง การแสดงผลใช้หน้าจอสัมผัสกราฟฟิก ซึ่งมี GUI ให้มีการปรับค่าอุณหภูมิ ปรับตั้ง โดยการเลื่อน scrollbar เพื่อง่ายต่อการใช้งาน

การประเมินผลการใช้งานและผลสัมฤทธิ์ของการช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ได้กระทำทั้งในบุคคลปกติที่ไม่ใช่นักกีฬา และกับนักกีฬามวยปล้ำ ซึ่งให้ผลในทางเดียวกันคือ อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายสามารถช่วยลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้เร็วกว่าผู้เข้าร่วมการทดสอบที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย โดยสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายกับบุคคลปกติ ที่ไม่ใช่ นักกีฬา ในสภาวะห้องปฏิบัติการ จะลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยทั้ง 4 ราย ได้เร็วกว่า 22.2 % ในผู้เข้ารับการทดลองทุกรายเมื่อเทียบการทดสอบที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ และสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย กับนักกีฬามวยปล้ำ ในสภาวะการแข่งขันจริง กลุ่มนักกีฬาที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย จำนวน 6 ราย จะลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในช่วงพักยก (Recovery) ได้ถึง 22.4 % ในขณะที่กลุ่มนักกีฬาที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายจำนวน 4 ราย จะลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยได้เพียง 8.7 %

นอกจากนี้ในนักกีฬามวยปล้ำยังได้ทดสอบค่าอัตราการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption, VO_2) และค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (dioxide Consumption, VCO_2) ซึ่งผลการทดสอบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนพบว่านักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย จำนวน 6 ราย จะลดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนเท่ากับ 50.4 % ในช่วง พักยก ครบ 3 นาที ในขณะที่นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย จะลดลงเท่ากับ 47.5 % ในส่วนของผลการทดสอบค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ในช่วงการ พักยก ครบ 3 นาที สามารถลดค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 52.5 % ในขณะที่นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายจะลดค่าอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 48.5 % จะเห็นว่าในส่วนของผลการทดสอบค่าอัตราการใช้ออกซิเจน และอัตราการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่สามารถบ่งบอกถึงสมรรถภาพที่ฟื้นฟูขึ้นของนักกีฬาได้อย่างชัดเจน

สำหรับผลการทดสอบค่าพลังงานการออกกำลังกายแบบ แอโรบิก (Anaerobic) ผู้วิจัยได้มีการทดสอบเก็บค่ากำลังสูงสุด (Peak Anaerobic Power) ค่ากำลังเฉลี่ย (Averaged Anaerobic Power) และ ค่ากำลังลดลง (Anaerobic Power Drop) ซึ่งในการทดสอบกับนักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย จะเห็นว่าในการทดสอบรอบที่ 2 ของการปั่นจักรยานวัดงาน นักกีฬากลุ่มนี้จะให้ค่ากำลังสูงสุด และค่ากำลังเฉลี่ย ในการปั่นจักรยานสูงกว่านักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย อย่างชัดเจน ในส่วนของค่ากำลังลดลง เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในรอบที่ 2 ของการปั่นจักรยานวัดงาน จะเห็นอย่างชัดเจนว่า นักกีฬากลุ่มที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ไม่มีค่ากำลังลดลง ในขณะที่นักกีฬากลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย จะมีค่ากำลังลดลงอย่างมาก หรืออาจสรุปได้ว่า อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สามารถชะลอการลดลงของสมรรถภาพทางกายแบบ แอโรบิก ได้

5.2 วิจารณ์ ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ระบบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา แสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬามวยปล้ำได้ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวได้มีการพัฒนามาจากเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนเพียง 1 ฝ่ามือ เพื่อนำมาฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย ของนักกีฬาประเทศไทย นอกจากนี้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬา ทั้งยังได้มีการเพิ่มส่วนของการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ได้อีกด้วย

เนื่องจากการออกแบบและ สร้างระบบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ตลอดจนการนำไปใช้จริงในนักกีฬามวยปล้ำ พบปัญหาดังต่อไปนี้

5.2.1 การขดท่อทองแดงขนาดเล็กเป็นขดลวดสปริง ภายในท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่าที่เป็นเส้นทางการไหลของสารพาความร้อน จำเป็นต้องใส่วัสดุ คือ เม็ดทราย เพื่อป้องกันการหัก งอของท่อทองแดงขนาดเล็ก ในขั้นตอนการขดท่อทองแดงขนาดเล็กเป็นลักษณะสปริง

5.2.2 ในการชาร์จแบตเตอรี่ 5 Volt / 2 Ah ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ควรตรวจสอบไฟสถานะเตือนระดับแรงดันแบตเตอรี่เต็ม และไม่ควรถชาร์จแบตเตอรี่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน เพื่อป้องกันการเสียหายของแบตเตอรี่

5.2.3 เมื่อเปิดใช้งานอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา และอุปกรณ์ดังกล่าวมีการแจ้งเตือน Error อาจสันนิษฐานได้ว่ามอเตอร์ปั้มน้ำขนาดเล็กไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากมีฟองอากาศหรือลมค้างอยู่ในท่อทองแดงขดเป็นลักษณะสปริง ควรทำการไล่ลมออกก่อนโดยการดึงสายยางที่ต่อกับท่อทองแดงขดออกก่อน เพื่อให้มอเตอร์ปั้มน้ำทำงาน แล้วจึงใส่สายยางเข้าไปในลักษณะเดิม

5.2.4 อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มีการเขียนโปรแกรมการทำงาน ลงไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายใต้ Windows CE™ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิของท่อทองแดงโค้งรูปตัว U คว่า ได้เป็นอย่างดี

5.2.5 อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ที่ผู้วิจัยประดิษฐ์ขึ้นอาจมีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยการลดความดันภายใน Chamber ให้เป็น Negative Pressure (ความดันติดลบ) เพื่อเร่งกระบวนการไหลเวียนโลหิตบริเวณที่ฝ่ามือที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนร่างกาย ให้มีการไหลเวียนโลหิตมากขึ้น จึงอาจจะส่งผลให้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มีประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจมีการทำงานวิจัยต่อไป

ข้อจำกัดของอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายคือใช้ได้กับนักกีฬาที่ไม่ได้สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่มือ อย่างไรก็ตามดีที่อุปกรณ์ชนิดนี้ น่าจะสามารถขยายขอบเขตการใช้งานไปยังผู้ป่วยหลอดเลือดสมองหรือภาวะอื่นซึ่งต้องการควบคุมอุณหภูมิแขนไม่ให้สูงเกินไป

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักกีฬาต่าง ๆ ได้หลากหลายประเภท เช่น นักกีฬาประเภทไตรกีฬา จักรยานทางไกล นักกีฬาเทนนิส และนักกีฬาฟุตบอล นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้กับบุคคลต่าง ๆ ที่มีการทำงานอย่างหนักได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dennis A Grahn, Julie vLS Murray, H Craig Heller. Cooling via one hand improves physical performance in heat-sensitive individuals with Multiple Sclerosis. BMC Neurology 2008, 8: 14.
- [2] Victoria Goosey-Tolfrey, Michelle Swainson, Craig Boyd, Greg Atkinson, Keith Tolfrey. The effectiveness of hand cooling at reducing exercise-induced hyperthermia and improving distance-race performance in wheelchair and able-bodied athletes. J Appl Physiol 105: 37 – 43, 2008.
- [3] Grahn DA, Cao VH, Heller C. Heat extraction through the palm of one hand improves aerobic exercise endurance in a hot environment. J Appl Physiol 99: 972 – 978, 2005.
- [4] ญัฐชานันท์ ทิพยมนตรี. การแบ่งสมรรถภาพทางกาย เข้าได้จาก <http://www.gotoknow.org/posts/229655?>
- [5] เอกสารวิทยาศาสตร์การกีฬา เรื่อง การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย และนันทนาการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. เข้าได้จาก <http://www2.udru.ac.th/~sci102/Data/Unit3/Unit3-2.htm>
- [6] Gisolfi CV, Wegner CB. Temperature regulation during exercise: Old concepts, new ideas. Exer and Sport Sci Reviews, 12: 339 – 372, 1984.
- [7] CompareSkinCare.co.uk. Good skin care routine: What is skin? เข้าได้จาก <http://www.compareskincare.co.uk/blog/?p=39>
- [8] GCSE Bitesize. Counter-current heat exchange. เข้าได้จาก http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/ocr_gateway/understanding_environment/adaptationsrev4.shtml
- [9] Fauci, Anthony, et al. Harrison's Principles of Internal Medicine (17 ed.). McGraw-Hill Professional: 117 – 121, 2008, ISBN 978-0-07-146633-2.
- [10] Agricultural Tailgate Safety Training. Training Module: Heat Stress. The Ohio State University Extension.
- [11] Health Central. Health Encyclopedia: Frostbite of fingers. เข้าได้จาก <http://www.healthcentral.com/ency/408/imagepages/9339.html>
- [12] จุฑาลักษณ์ ศรีสวัสดิ์, ชลิตา งอกनावัง. การวัดอุณหภูมิร่างกาย. เข้าได้จาก <http://110.164.64.137/grouphealth/index.php/en/2013-01-29-07-42-32>
- [13] BMedical. VitalSense. เข้าได้จาก <http://www.bmedical.com.au/shop/activity-heat-research/vitalsense.htm>
- [14] Duffield R, Dawson B, Bishop D, Fitzsimons M, Lawrence S. Effect of wearing an ice-cooling jacket on repeated sprint performance in warm/humid conditions. Br J Sports Med 37: 164 – 169, 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [15] Hasegawa H, Takatori T, Komura T, Yamasaki M. Wearing a cooling jacket during exercise performance in a warm environment. *J Strength Con Res* 19: 122 – 128, 2005.
- [16] Livingstone SD, Nolan RW, Keefe AA. Heat loss caused by cooling the feet. *Aviat Space Environ Med* 66: 232 – 237, 1995.
- [17] D.A. Grahn, J.L. Dillon, H.C. Heller. Heat Loss Through the Glabrous Skin Surfaces of Heavily Insulated, Heat-Stressed Individuals. *Journal of Biomechanical Engineering* 131: 2009.
- [18] Young Sub Kwon, Robert A. Robergs, Len R. Kravitz, Burke A. Gurney, Christine M. Mermier, Suzanne M. Schneider. Palm Cooling Delays Fatigue during High-Intensity Bench Press Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* : 1557 – 1565, 2010.
- [19] Hunter Kylie E, Murphy Aron J, Coutts Aaron J, Watsford Mark L, Graham Kenneth. The effect of a CoreControl RTX on recovery and performance in hot and humid conditions. University of Sydney: 2011.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

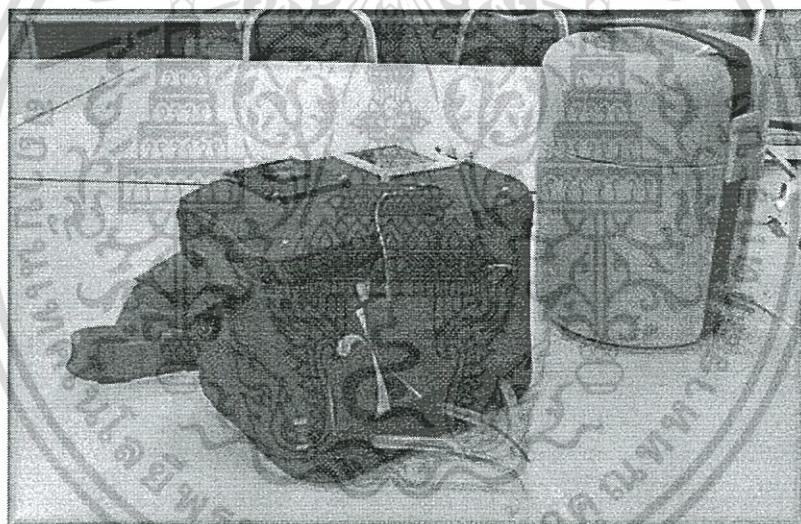
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

รายละเอียด

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ใช้สำหรับการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้จะเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถของร่างกายโดยเฉพาะนักกีฬาและบุคคลที่มีความจำเป็นต้องทำงานกลางแจ้ง ดังนั้นอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬา จะสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายให้กับบุคคลเหล่านี้ โดยการใช้หลอดเลือดที่บริเวณฝ่ามือทั้ง 2 ฝ่ามือ ถ่ายเทความร้อนออก และนำความเย็นกลับเข้าสู่แกนกลางของร่างกายเพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางนั่นเอง วิธีดังกล่าวจะช่วยวิธีการระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยธรรมชาติเพื่อการลดอุณหภูมิออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น



รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ดังรูปที่ 1 ประกอบไปด้วยท่อทองแดงควบคุมอุณหภูมิลักษณะโค้งรูปตัว U คว่ำ อยู่ภายในกระเป๋าผ้าเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้ ท่อโค้งรูปตัว U คว่ำมีการต่อท่อน้ำขนาดเล็กไปยังปั้มน้ำซึ่งเป็นส่วนสร้างความเย็น ปั้มน้ำนี้จะอยู่ภายในกระติกเก็บความเย็นที่จะใช้น้ำแข็งเป็นตัวสร้างความเย็นนั่นเอง แบตเตอรี่ได้มีการจัดเก็บไว้ด้านหลังของกระเป๋าผ้า และชาร์จด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มีการออกแบบเป็น เครื่องมือลดอุณหภูมิแบบ Noninvasive สำหรับนักกีฬา บุคคลที่มีภาวะเสี่ยงต่อสภาวะ Hyperthermia (สภาวะเกิดอุณหภูมิสูงผิดปกติ) รวมไปถึงบุคคลที่มีความจำเป็นต้องทำงานกลางแจ้ง

คำเตือน

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ไม่ได้มีการออกแบบให้ลดอุณหภูมิร่างกายที่มีความร้อนสูงเกิน 40.5 °C ถ้าร่างกายมีความร้อนสูงเกิน 40.5 °C ควรรับนำส่งแพทย์ทันที

ข้อควรระวัง

อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ถูกออกแบบมาสำหรับ ใช้ในอุณหภูมิแวดล้อมที่ 10 – 43 °C (50 – 110 °F)

1. ในขณะที่ชาร์จแบตเตอรี่อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ห้ามสลับขั้วแบตเตอรี่ เพราะจะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้

2. ไม่ควรเปิดใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา เป็น ระยะเวลา เวลานาน ควรให้เครื่องหยุดพักบ้าง

วิธีการใช้

1. ชาร์จแบตเตอรี่ : อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มาพร้อมกับ adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ไฟเตือนสถานะแบตเตอรี่เต็ม ลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2 ลักษณะการชาร์จแบตเตอรี่ 12 Volt / 2Ah ที่ใช้ในอุปกรณ์ช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

1.1 เสียบปลั๊ก adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับไฟ 220 V ไฟ LED จะติดสีเขียวและสีเหลือง

1.2 นำแบตเตอรี่ออกจากด้านหลังอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา เสียบ Jack แบตเตอรี่เข้ากับ Jack adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ไฟ LED สีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เริ่มชาร์จแล้ว

1.3 เมื่อชาร์จแบตเตอรี่ไปได้ระยะเวลาหนึ่ง แบตเตอรี่จะเริ่มเต็ม ไฟ LED สีแดงจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็น

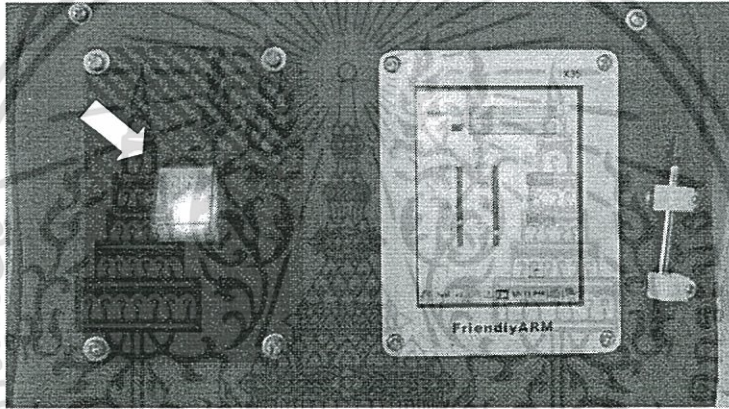
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

! ไม่ควรพยายามแกะซิลิโคน ซึ่งอาจทำให้มีการสลับขั้วแบตเตอรี่ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับแบตเตอรี่ได้

2. เติมน้ำแข็ง : เปิดฝาดัง (สีเขียว) โดยปลดล็อกด้านข้างถึง ใส่น้ำแข็งลงไปอย่างน้อย 3/4 ของถัง จากนั้นเติมน้ำให้เต็ม จะเห็นว่าภายในถังจะเห็นปั้มน้ำติดตั้งอยู่ภายในซึ่งเป็นปั้มน้ำที่สามารถทำงานภายในน้ำได้ การไหลเวียนน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของเครื่องลดความร้อนชนิดเร็วลักษณะ ใช้จับ 2 มือ

3. เปิดอุปกรณ์เพิ่มสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักศึกษา : ใส่อุปกรณ์เข้าที่ด้านหลังของเครื่องเสียบ Jack แบตเตอรี่เข้ากับ Jack ของตัวเครื่อง

3.1 เปิดสวิตช์บนอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักศึกษา



รูปที่ 3 สวิตช์การเปิดใช้งาน อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักศึกษา

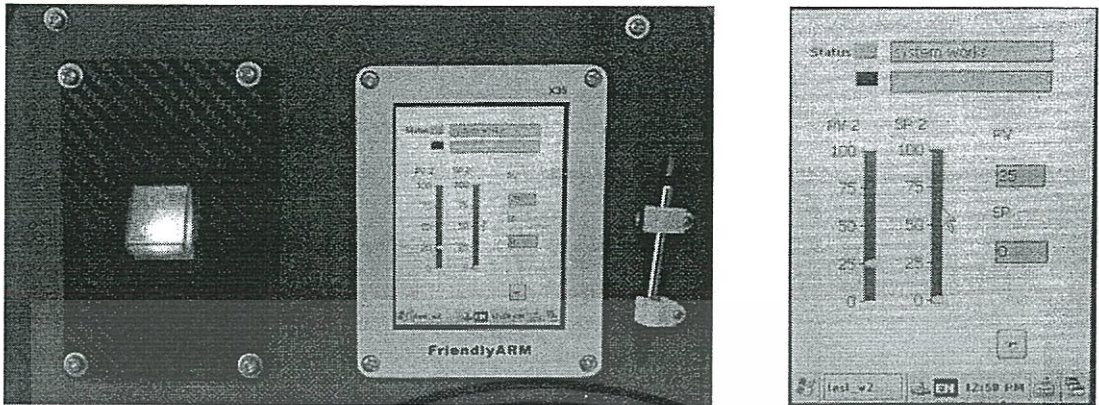
3.2 อุปกรณ์ทำการไหลต่อเข้ากับระบบปฏิบัติงาน



รูปที่ 4 อุปกรณ์ทำการไหลต่อเข้ากับระบบปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เข้าสู่ระบบปฏิบัติการ :



รูปที่ 5 ลักษณะอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา เมื่อเข้าสู่ระบบปฏิบัติการ

4.1 ระบบปฏิบัติการมีการบอกสถานการณ์ทำงาน โดยปกติจะแสดงคำว่า “system works” พร้อมแสดงไฟ LED สีเขียว และถ้ามีอะไรผิดปกติจะแสดงคำว่า “system error” พร้อมแสดงไฟ LED สีแดง

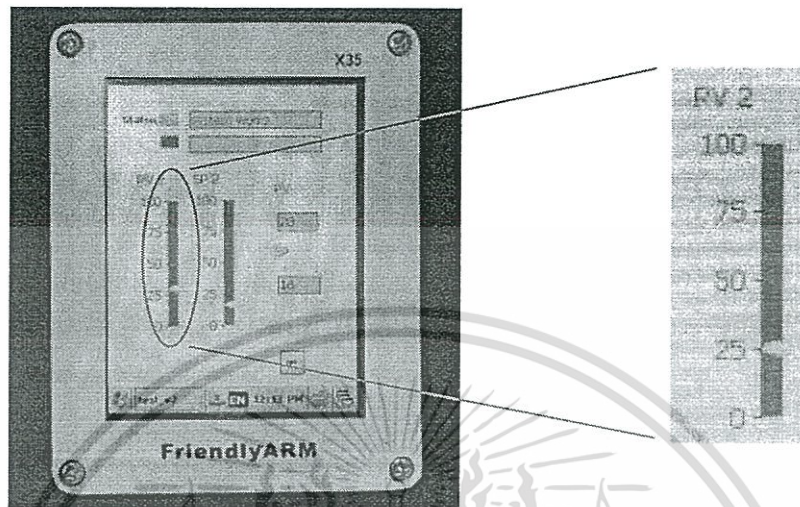


รูปที่ 6 ระบบแสดงสถานะความพร้อมของอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

! เมื่อระบบแสดง Status system error พร้อมแสดงไฟ LED สีแดงให้ทำการตรวจสอบเครื่องลดความร้อนชนิดเร็วลักษณะใช้จับ 2 มือ ซึ่งอาจมีความผิดปกติบางอย่างเกิดขึ้น เช่นเป็นไมไ่สน้ำหรือน้ำแข็งลงในถัง

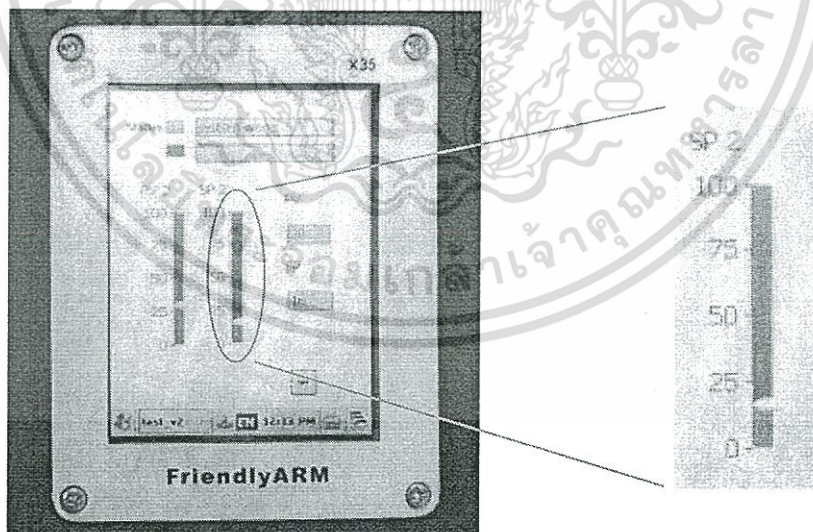
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระบบปฏิบัติการจะแสดงอุณหภูมิโลหะ ณ.เวลาปัจจุบัน ในรูปแบบค่าตัวเลข ค่า PV (Process Value) และรูปแบบ กราฟแท่งสีแดง (PV2)



รูปที่ 7 ระบบปฏิบัติการแสดงอุณหภูมิของโลหะ (Process Value)

4.3 ทำการตั้งอุณหภูมิโลหะที่ต้องการ โดยการเลื่อน กราฟแท่งสีน้ำเงิน (SP2) ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเราเลื่อนกราฟแท่งขึ้น ค่าตัวเลขจะแสดงใน SP (Set point)



รูปที่ 8 ระบบปฏิบัติการแสดง scrollbar (กราฟแท่งสีฟ้า) ในการตั้งค่าอุณหภูมิที่ทองแดงโค้งรูปที่ U คว่า

! ระบบการทำงานของอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา สามารถปรับค่าอุณหภูมิได้ต่ำสุดถึง 10 °C (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำแข็งด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ระบบจะมีการปฏิบัติการลดค่าอุณหภูมิโลหะตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ตลอดเวลา

5. ระยะเวลา : เพื่อให้ระบบลดอุณหภูมิโลหะ ให้มีค่าเท่ากับที่กำหนด ดูค่าแสดงอุณหภูมิของโลหะทางหน้าจอ

6. จับโลหะ : อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มีการออกแบบมาสำหรับการสัมผัส 2 ฝ่ามือ โดยการเปิดเครื่องด้านหน้า และจับเข้าไปบริเวณโลหะ

! ถ้าหากทำตามขั้นตอนทุกประการแล้วไม่มีการปั้มน้ำเกิดขึ้น ให้สันนิษฐานว่าเกิดพองอากาศภายในท่อการไหลเวียนน้ำ ให้ทำการเปิดส่วนของกระดิดเก็บความเย็น แล้วทำการดึงท่อที่ติดอยู่ทางปั้มน้ำออก เพื่อให้ปั้มน้ำทำการไล่พองอากาศออกจนปั้มน้ำสามารถดูดน้ำได้ จากนั้นสวมใส่ท่อตามปกติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปการทดสอบ อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

ในการทดสอบ อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ที่จังหวัดสุพรรณบุรี โดยได้รับความร่วมมือจาก นักกีฬามวยปล้ำ การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 การทดสอบได้มี นักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดสอบทั้งหมด 10 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา จำนวน 6 คน และกลุ่มที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬาอีกจำนวน 4 คน

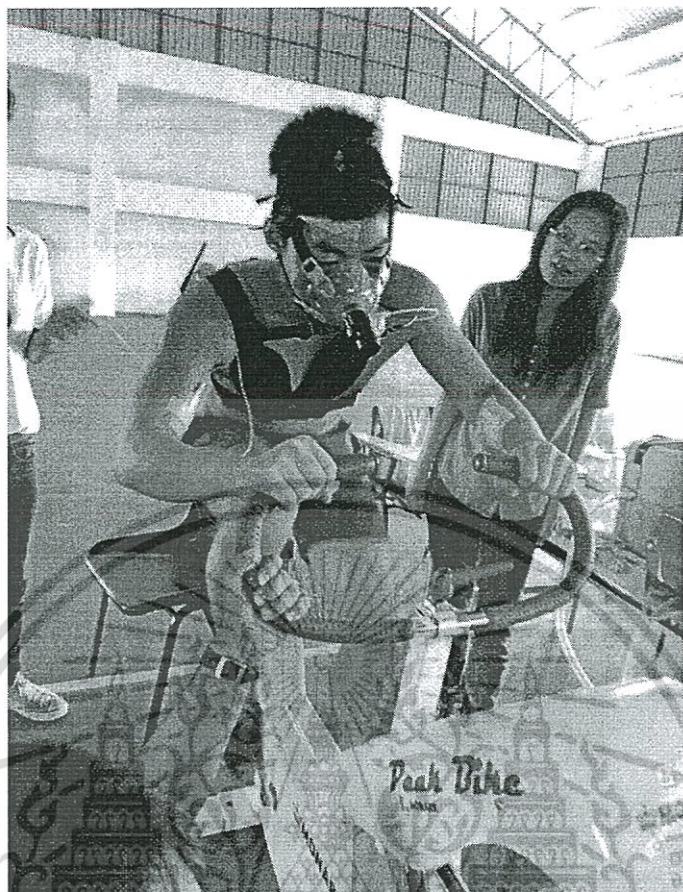
จากรูปที่ 9 แสดงจักรยานวัดงาน (Monark) ที่ใช้ในการทดสอบ โดยที่จักรยานวัดงาน สามารถปรับเพิ่มโหลดของการปั่นจักรยานได้



รูปที่ 9 จักรยานวัดงาน Monark

จากรูปที่ 10 นักกีฬาคนที่ 1 ที่เริ่มทำการทดสอบ ซึ่งนักกีฬาแบ่งอยู่ในกลุ่มนักกีฬาที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา รูปที่ 11 แสดงลักษณะการใช้งานของ อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ของนักกีฬาคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 นักกีฬามวยปล้ำผู้เข้าร่วมการทดสอบ คนที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับเอาไว้ใช้งานเพื่อตรวจสอบความพร้อมไปลงเวลาให้ไว้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 11 ลักษณะการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12 และ 13 แสดง นักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดสอบคนที่ 2 และการทดสอบ ซึ่งนักกีฬาคคนนี้จะไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา



รูปที่ 12 นักกีฬามวยปล้ำผู้เข้าร่วมการทดสอบ คนที่ 2



รูปที่ 13 แสดงลักษณะการทดสอบของนักกีฬามวยปล้ำคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 14 และรูปที่ 15 แสดงลักษณะนักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดสอบรายที่ 3 ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา



รูปที่ 14 นักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดสอบ คนที่ 3



รูปที่ 15 แสดงลักษณะการทดสอบของนักกีฬาผู้เข้าร่วมการทดสอบคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา มีลักษณะการทดสอบที่คล้ายรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 16 ซึ่งแสดงลักษณะและบรรยากาศการทำการทดสอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ดังกล่าว



รูปที่ 16 ลักษณะวิธีการใช้อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

รูปที่ 17 อาคารฝึกกีฬาอเนกประสงค์ ศิลปอาชา สถานที่ที่เดินทางไปทำการทดสอบ เก็บผลงานวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สร้างไว้สำหรับใช้ในการเผยแพร่เพื่อการศึกษาวิจัย ไม่ใช่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย



การกีฬาแห่งประเทศไทย
กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
๒๘๖ ถนนรามคำแหง หัวหมาก กรุงเทพฯ ๑๐๒๕๐
โทรศัพท์ : ๐ ๒๑๘๖ ๘๑๑๑

ที่ กก ๕๑๐๓ / ๗๖๐๒

วันที่ พุทธศักราช ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเรียนเชิญร่วมเป็นเกียรติและมอบอุปกรณ์ลดความร้อนชนิดเร็วชนิด ๒ มือจับ (Double-Hand Rapid Cooling Device)

เรียน ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล
ประธานสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ตามที่ ฝ่ายกีฬานานาชาติ กำหนดการจัดอบรมนักกีฬาที่เข้าร่วมโครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) สังกัดสมาคมกีฬาจังหวัดภายในภาค ๑ เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินงานโครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) และทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา เทคนิคกีฬา ให้มีขีดความสามารถและศักยภาพที่สูงขึ้น ระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ พฤศจิกายน ๒๕๕๕ ณ โรงแรมทาวน์อินทาวน์ กรุงเทพมหานคร นั้น

ฝ่ายกีฬานานาชาติ การกีฬาแห่งประเทศไทย ขอเรียนเชิญท่านเพื่อเป็นผู้แทนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และมหาวิทยาลัยมหิดล มอบเครื่องลดความร้อนชนิดเร็วชนิด ๒ มือจับ (Double-Hand Rapid Cooling Device) เพื่อสนับสนุนนักกีฬาในโครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) กับการกีฬาแห่งประเทศไทย ในวันที่เสาร์ที่ ๒๔ พฤศจิกายน ๒๕๕๕ เวลา ๐๙.๐๐ น. ณ โรงแรมทาวน์อินทาวน์ กรุงเทพมหานคร

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และขอขอบคุณล่วงหน้า ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(นายสังเวียน บุญโต)
รองผู้ว่าการ ปฏิบัติการแทน
ผู้ว่าการการกีฬาแห่งประเทศไทย



ฝ่ายกีฬานานาชาติ
โทรศัพท์ / โทรสาร ๐ ๒๑๘๖ ๘๑๑๑ ต่อ ๗๖๑๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 18 และ 19 งานส่งมอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา ให้กับการกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 2 จังหวัดสุพรรณบุรี



รูปที่ 18 งานส่งมอบอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา

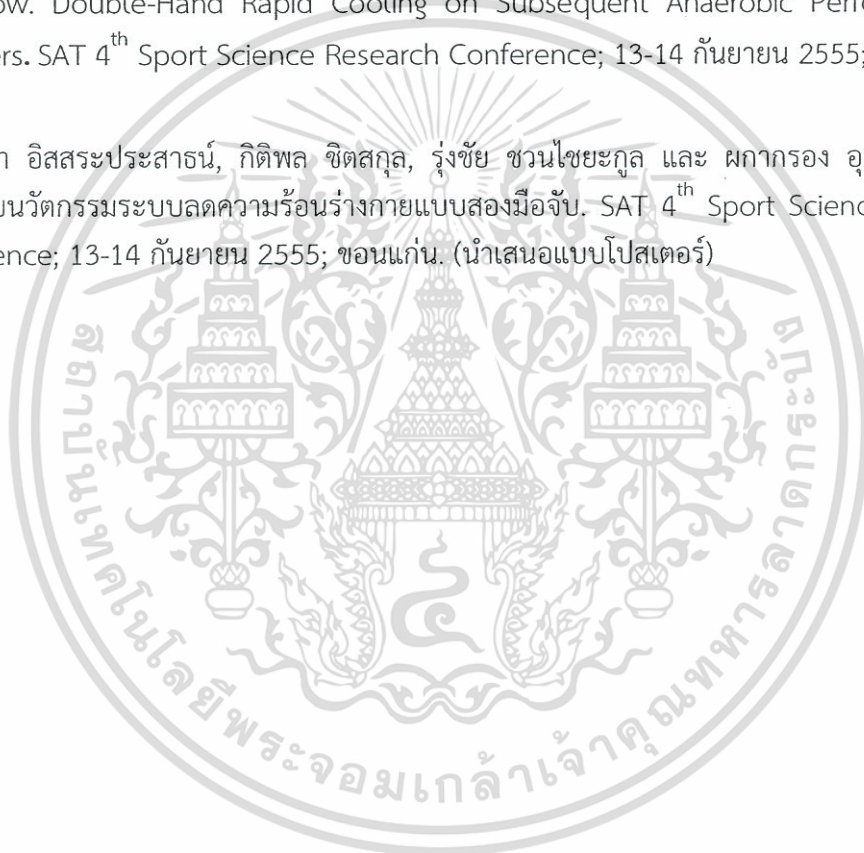


รูปที่ 19 ขึ้นไปให้ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย สำหรับนักกีฬา แก่นักกีฬา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในกลุ่ม Sport Hero ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. หัตทยา อิศสระประสาธน์, กิตติพล ชิตสกุล และ สุรเดช ตรีไตรลักษณ์. การออกแบบระบบควบคุมความร้อนร่างกายแบบใหม่เพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา. The 35th Electrical Engineering Conference (EECON-35); 12-14 ธันวาคม 2555; นครนายก.
2. Rungchai Chauchaiyakul, Kittipol Chitskul, Hattaya Issaraprasart, Montchai Chotidow. Double-Hand Rapid Cooling on Subsequent Anaerobic Performance in Wrestlers. SAT 4th Sport Science Research Conference; 13-14 กันยายน 2555; ขอนแก่น.
3. หัตทยา อิศสระประสาธน์, กิตติพล ชิตสกุล, รุ่งชัย ชวนไชยะกุล และ ผกากรอง อูสานนท์. การออกแบบนวัตกรรมระบบลดความร้อนร่างกายแบบสองมือจับ. SAT 4th Sport Science Research Conference; 13-14 กันยายน 2555; ขอนแก่น. (นำเสนอแบบโปสเตอร์)



การออกแบบระบบควบคุมความร้อนร่างกายแบบใหม่เพื่อการฟื้นฟูสมรรถนะของนักกีฬา A New Design of Body Thermal Regulation for Performance Recovering of Sportsmen

ทัชชา อิศสระประสาธน์ กิติพล ชิตสกุล และ สุรเดช ตรีไตรลักษณ์

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยคลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ : 0-2329-8321 E-mail: kckitiph@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อในการทำงานหรือการแข่งขันกีฬาก่อให้เกิดความร้อนจากการเผาผลาญสารอาหาร กลไกของร่างกายที่ จะควบคุมให้อุณหภูมิของร่างกายคงที่คือทำให้การไหลเวียนโลหิตเพิ่มสูงขึ้น จากการเต้นของหัวใจเร็วขึ้น ไปหรือมาจากการเพิ่มความถี่ในการหายใจ ผิวหนังขับเหงื่อ ปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายตามกลไกข้างต้น ทำให้สมรรถนะของร่างกายลดลง หากอุณหภูมิของร่างกายยังสูง ซึ่ง จำเป็นต้องพักจนกว่าร่างกายได้พักผ่อนเข้าสู่ภาวะปกติ แนวความคิดหนึ่ง ในการควบคุมอุณหภูมิให้กลับสู่สภาวะปกติเร็วขึ้นหลังการออกกำลังกาย คือเพิ่มการระบายออกทางฝ่ามือโดยการแลกเปลี่ยนกับวัตถุที่เย็นกว่า ในบทความนี้นำเสนอการพัฒนอุปกรณ์ที่ใช้หลักการดังกล่าวซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอุณหภูมิผ่าน 2 ฝ่ามือ โดยใช้ทองแดงเป็นวัสดุแลกเปลี่ยน ความร้อนกับน้ำเย็น และควบคุมให้อุณหภูมิของมือในช่วง 10-18 องศาเซลเซียสแบบ PID จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่า การใช้อุปกรณ์ แลกเปลี่ยนอุณหภูมิผ่าน 2 ฝ่ามือ สามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจได้ เร็วกว่าที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยใดๆ

คำสำคัญ: การรักษาอุณหภูมิร่างกาย, การแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกาย, สมรรถนะกีฬา, ระบบควบคุม PID

Abstract

Heat generates, in human body, from muscles during exercises or working occurs by metabolism of nutrients in cells. To keep core temperature at normal level, recovering muscle performances, blood circulation, heart rate and respiration rate are increasingly rise and also skin drains sweats to dissipate heat from body. During this body's mechanism, whole body performance reduces significantly unless body temperature rapidly recovers to normal again. However in sportive competitions the more rapid of recovering the changes to win the games are more possible. A concept proposed for decreasing body temperature to normal faster after exercise is using supplement heat exchange via palms to a colder object. This work aims so to develop a device, which is able to exchange body temperature via two palms. A

hollow copper bar with internal chamber circulated by cold water is used as supplement heat exchanger. The bar's temperature is constantly kept of 10 to 18 degrees Celsius by PID control. According to the preliminary results of comparative study has been shown that our device had been able to reduce the heart rate faster than in object without using the device.

Keywords: Body thermal regulation, Body heat exchange, sportive performance, PID control

1. บทนำ

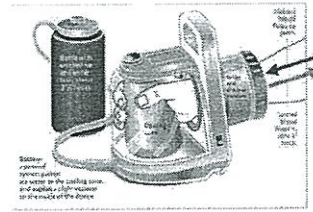
ร่างกายมนุษย์มีการผลิตความร้อนอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา [1] เนื่องจากหลายสาเหตุด้วยกัน กระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย (Metabolism) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ร่างกายผลิตความร้อน กระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ก่อให้เกิดพลังงานซึ่งสามารถนำมาใช้สำหรับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวอย่าง ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่งจะส่งผลให้ร่างกายมนุษย์มีการผลิตความร้อน มากยิ่งขึ้น โดยปกติเพื่อให้อวัยวะทุกส่วนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ร่างกายจะมีการรักษาระดับอุณหภูมิให้มีความคงที่ที่ 37 °C เสมอ โดยกลไก การควบคุมระดับอุณหภูมิของร่างกาย ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิร่างกายนี้ จะเกิดขึ้น โดยการทำหน้าที่ของศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิที่ Hypothalamus โดยมีกลไกในการปรับตัวเพื่อรักษาระดับความร้อน ภายในร่างกายให้คงที่ โดยการผลิตความร้อนและการระบายความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ปัจจัยคือ Thermal regulators, central integrator ตัว ควบคุมใน Hypothalamus, Effectors ผลที่เกิดจากตัวรับความร้อน-เย็นถูก กระตุ้น แล้วเกิดการปรับตัวของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิหรือเป็น ผลของ การปรับตัว สำหรับการระบายความร้อนออกจากร่างกาย จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ กลไกทางสรีรวิทยา (Physiologic mechanisms) และ กลไกทางพฤติกรรม (Behavioral mechanisms) ซึ่งการระบายความร้อนแบบ กลไกทางสรีรวิทยา นั้น จะมี การแผ่รังสีความร้อน

(Radiation), การนำความร้อน (Conduction), การพาความร้อน (Convection), การระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation) ส่วน กลไกทางพฤติกรรม เช่น การลดเสื้อผ้า (เสื้อผ้า สิ่งตกแต่งที่ทำให้ห่อหุ้ม), การลดกิจกรรมต่าง ๆ (slow-down), เพิ่มพื้นที่ผิวให้สามารถระบายความร้อน สิ่งที่ต้องคำนึงคือ การระบายความร้อนประเภท กลไกทางสรีรวิทยาข้างต้นจะต้องอาศัยการไหลเวียนเลือดในการนำส่งเลือดจากกล้ามเนื้อส่วนที่มีการเคลื่อนไหวไปยังผิวหนัง[2] (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1. ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในระยะพักและออกกำลังกายที่ 70% การใช้ออกซิเจนสูงสุด

Mechanism of heat loss	Rest		Exercise	
	% total	kcal/min	% total	kcal/min
Conduction	10	0.15	7.5	1.1
Convection	10	0.15	7.5	1.1
Radiation	60	0.9	5	0.8
Evaporation	20	0.3	80	12
Total	100	1.5	100	15

เมื่อร่างกายมีการผลิตความร้อนมากเกินไป ร่างกายไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้มีความคงที่ที่ 37 °C ไว้ได้ ร่างกายจะมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ เช่น อาการเพลียแดด (Heat Exhaustion), ตะคริวแดด (Heat Cramps), Fainting (Heat Syncope), Heat Rash และ โรคลมแดด (Heat Stroke) เป็นต้น นอกจากนี้การที่ร่างกายสะสมความร้อนมากเกินไปนั้นจะเป็นตัวจำกัดประสิทธิภาพของร่างกายอีกด้วย[3] ได้มีการคิดค้นเทคนิค ในการลดความร้อนร่างกายอื่นเสริมนอกเหนือการดื่มน้ำเย็นขณะพัก ตั้งแต่การใช้ถุงผ้าหนาใส่น้ำแข็งเพื่อใช้โปะตามผิวหนัง เครื่องระบายความร้อนชนิดเร็ว (Rapid Thermal Exchange, RTX) [4] นอกจากนี้ยังมีเสื้อควบคุมความเย็น [5] เพื่อช่วยลดความร้อนจากร่างกายอีกด้วย เครื่องระบายความร้อนชนิดเร็วได้เคยหลักการการไหลเวียนเลือดเพื่อนำความเย็นจากการสัมผัสโดยตรงที่ฝ่ามือกับ โลหะที่ควบคุมความเย็น เลือดที่บริเวณฝ่ามือจะไหลเวียนไปแลกเปลี่ยนความร้อนออกจกแกนกลางของร่างกาย จึงสามารถทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลง นอกจากนี้เนื่องจากบริเวณฝ่ามือมีเส้นประสาทอยู่เป็นจำนวนมาก การได้รับความเย็นจะส่งกระแสประสาทไปยังสมองให้ลดปฏิกิริยาของร่างกายในการพยายามลดอุณหภูมิลงด้วย RTX เครื่องแรกถูกสร้างขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยา จากมหาวิทยาลัย Stanford ลักษณะการใช้งานคือต้องยื่นมือเข้าไปจับส่วนโลหะของเครื่อง (ในลักษณะ Palm cooling) ดังรูปที่ 1 ได้มีการทดลองใช้กับนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล



รูปที่ 1 แสดงเครื่อง RTX และวิธีการลดอุณหภูมิร่างกาย จาก

<http://www.avacore.com/about>

ส่งผลทำให้หนักที่พามีอุณหภูมิลดลง ค่าอัตราการเดินของหัวใจลดลงได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้เครื่อง RTX ในประเทศไทยได้มีการใช้ RTX ในการลดอุณหภูมิร่างกายในกีฬากอล์ฟ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในการช่วยให้สมรรถภาพทางกายในยกที่ 3 [6] เมื่อเทียบกับไม่มีการใช้ RTX

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ในลักษณะเดียวกับ RTX โดยมีแนวคิดปรับเปลี่ยนโครงสร้างใหม่ ให้มีการจับส่วนโลหะทั้ง 2 ฝ่ามือสามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ เพื่อเป็นเครื่องมือที่ให้นักวิทยาศาสตร์การกีฬาในการประยุกต์ใช้กับนักกีฬานักต่าง ๆ หรือประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

1. วัสดุและกระบวนการ

วัสดุที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนผ่านฝ่ามือทั้ง 2 ฝ่ามือจะเป็นท่อทองแดงโค้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 นิ้วมาตรฐาน เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนได้คล้ายในท่อทองแดงโค้งนั้นจะมีท่อทองแดงกลางขนาดเล็กอยู่ในรูปแบบคล้ายกับสปริงดังรูปที่ 2 เพื่อใช้สำหรับกางส่วนความเย็นจากนี้เย็นผ่านปัมที่ควบคุมจากส่วนคอนโทรลเลอร์ ช่องว่างระหว่างท่อสามารถบรรจุของเหลวที่เก็บอุณหภูมิได้ ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนน้ำเย็น

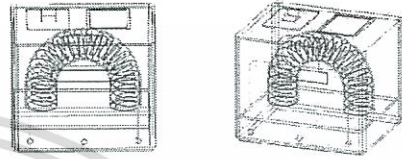


รูปที่ 2 ก) ท่อทองแดงโค้ง ข) แสดงให้เห็นภายในท่อทองแดงโค้ง ซึ่งมีท่อทองแดงขนาดเล็กขดแบบสปริงอยู่ภายในช่องว่างระหว่างท่อสามารถบรรจุสารเก็บความเย็นได้

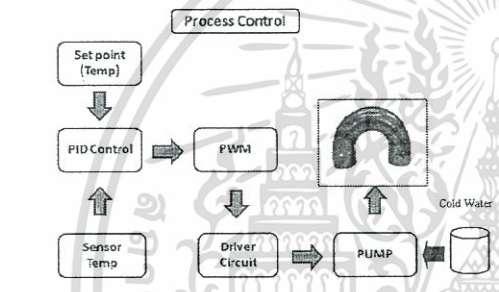
ระบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้เซนเซอร์ LM35 วัดค่าอุณหภูมิซึ่งจะให้แรงดันทางออกที่เป็นเชิงเส้นที่ค่าความชัน 10mVต่อ 1 องศาเซลเซียสตลอดช่วง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมระบบเป็น S3C2440 ARM9 Board ใช้ระบบปฏิบัติการ WINDOWS CE 6™ รองรับการใช้ซอฟต์แวร์ LABVIEW™ แสดงผลบน LCD ควบคุมการไหลของน้ำเย็นผ่านน้ำด้วยการควบคุมแบบ PID มีค่าอุณหภูมิที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 17 องศาเซลเซียส ระบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12 Vdc 2Ah เพื่อให้เป็นระบบหิ้วพาได้ ในระบบขับเคลื่อนปั้มน้ำใช้ Opto-Transistor เป็นตัวแยกส่วนระหว่างคอนโทรลเลอร์กับ MOSFET ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนปั้มน้ำ โดยวิธีการ PWM (Pulse-width modulation)

ระบบที่ได้ออกแบบมี GUI แบบจอ LCD กราฟฟิกส์ 4 นิ้ว ทำให้ใช้งานง่าย ต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น เป็นแบบกระเป๋าทัวร์ แยกกันสองส่วนระหว่างแหล่งเก็บน้ำเย็นและส่วนมือจับในกระเป๋ากักความเย็น แสดงในรูปที่ 5

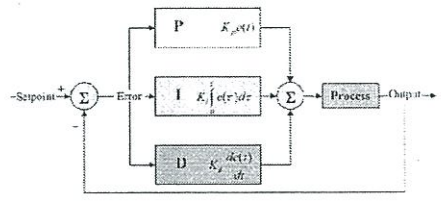


รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองเครื่องต้นแบบ โดยซอฟต์แวร์ Solidwork™



รูปที่ 3 แสดงระบบการทำงานของอุปกรณ์ลดอุณหภูมิร่างกาย

ผู้ใช้สามารถตั้งค่าอุณหภูมิ หรือ Set point (Temp) ให้มีค่าเหมาะสมที่จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับใช้ลดค่าอุณหภูมิร่างกายจะมีค่าอยู่ในช่วง 12 °C – 24 °C หรือ 35 °F – 65 °F ระบบควบคุมแบบ PID จะควบคุมอุณหภูมิที่ท่อทองแดงให้คงที่ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบวิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่า สัดส่วนตัวปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งซึ่งผ่านพ้นไป และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามพารามิเตอร์นี้จะใช้ในการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น



รูปที่ 4 แสดงแผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบ PID

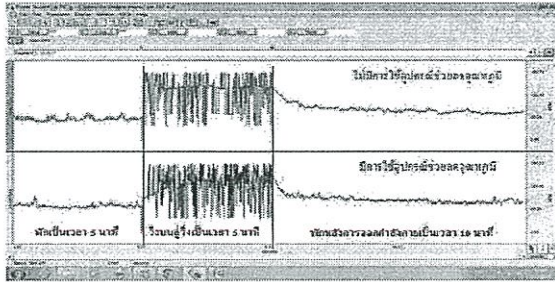
3. ผลการทดสอบ

หลังจากการทดสอบและปรับแต่งเชิงเทคนิคในห้องปฏิบัติการระบบสามารถให้อุณหภูมิในช่วง 17 องศาเซลเซียส ที่กำหนดไว้แล้ว ได้ทำการทดลองเบื้องต้นในแคมป์คมี ผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 4 ราย เพศชาย 2 คน เพศหญิง 2 คน อายุ 18-22 ปี เพื่อดูผลการลดอุณหภูมิกับอัตราการเต้นของหัวใจ จะทำการวัดสัญญาณ ECG โดยเครื่อง BIOPAC™ MP36 เป็นเวลา 5 นาที ในท่านั่งสบาย จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดลองวิ่งบนลู่วิ่ง เป็นเวลา 5 นาที และให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเฉยๆ เป็นเวลา 10 นาที แสดงในตารางที่ 2 การทดลองจะมีการวัดสัญญาณ ECG ตลอดระยะเวลาการทำการทดลอง จากนั้นอีกเป็นเวลา 1 วัน จึงเริ่มให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเริ่มการทดลองซ้ำแต่ในช่วงพักมีการใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิ นำอัตราการเต้นของหัวใจมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2 แสดงความเร็วของการวิ่งบน ลู่วิ่ง ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งเพศชายและเพศหญิงเป็นเวลา 5 นาที

ระยะเวลา (sec)	0-100	101-300
หญิง	2 km/h	4 km/h
ชาย	4 km/h	8 km/h

ผลการวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 4 ราย มีแนวโน้มไปในลักษณะเดียวกันดังรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นค่าอัตราการเต้นหัวใจของตลอดเวลาการทำการทดสอบ จะเห็นว่าการทดสอบที่มีการใช้อุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ จะลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจได้เร็วกว่า 22.2 % ในผู้เข้าร่วมการทดลองทุกรายเมื่อเทียบการทดสอบที่ไม่มีการใช้อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ อัตราการเต้นของหัวใจ โดยซอฟต์แวร์ของ BIOPACT™

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ลดอุณหภูมิร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มือแบบสองมือ เพื่อใช้กับนักกีฬา จากการศึกษาทดลองเบื้องต้นในคนปกติที่ไม่ใช่นักกีฬาในห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์สามารถช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงพักได้เร็วกว่า 22.2 % เมื่อเทียบกับไม่ได้ใช้อุปกรณ์ การทดลองต่อไปจะนำไปทดลองกับนักกีฬาสมัครเล่นที่ไม่มีการสวมใส่อุปกรณ์ห่อหุ้มมือ และใช้ตัวแปรที่แสดงสมรรถนะของร่างกายมากกว่า อัตราการเต้นของหัวใจ รวมถึงการพัฒนาเชิงเทคนิคเพื่อการใช้งานได้ง่ายขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศศ.พ.ต.ดร. รุ่งชัย ขวนไชยกุล รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิชาการ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] J Van Waversveld, ADF Addink, Van Den Thilart and H. Smit, Anaerobic heat production measurements: A new perspective. *J.Ecp.Biol.* 1988, 138:529-533.
- [2] Gisolfi CV and Wegner CB: Temperature regulation during exercise: Old concepts, new ideas. *Exer and Sport Sci Reviews*, 12, 339-372, 1984.
- [3] Randy Eichner. HEAT STROKE IN SPORTS: CAUSES, PREVENTION, AND TREATMENT. *Sports Science Exchange*. 2002, 15(3): 1-4.
- [4] Graha DA, Cao VH, Heller C. Heat extraction through the palm of one hand improves aerobic exercise endurance in a hot environment. *J Appl Physiol* 99: 972-978, 2005.
- [5] Duggield R, Dawson B, Bishop D, Fitzsimons M, Lawrence S. Effect of wearing an ice-cooling jacket on repeated sprint performance in warm/humid conditions. *Br J Sports Med* 37: 164-169, 2003.
- [6] รุ่งชัย ขวนไชยกุล รายงานโครงการวิจัย เรื่อง การลดอุณหภูมิร่างกายในสภาวะเลียนแบบการแข่งขันด้วยเครื่องลดความร้อนชนิดรวดเร็วเพื่อการฟื้นคืนสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาเทควันโด การกีฬาแห่งประเทศไทย .2554



พญ. อิศระ ประสาธน์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2554 ในปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



กิติพล ชิตสกุล สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ จาก Universite Paris XII ประเทศฝรั่งเศส ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



สุรเดช ตรีไตรลักษณ์ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ จาก Southern California ประเทศสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันปฏิบัติงานในตำแหน่งอาจารย์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1

Double-Hand Rapid Cooling on Subsequent Anaerobic Performance in Wrestlers

Rungchai Chaunchaiyakul^{1,*}, Kittipol Chitskul², Hattaya Issaraprasart², Montchai Chotidow¹,
Songsiri Pohcharoen³, Napat Tinanop³, and Poonyavee Choo-umnaj³

¹College of Sport Science and Technology, Mahidol University; ²Faculty of Engineering, King Mongkut's
Institute of Technology, Ladkrabang; ³Region 2 Center, Sport Authority of Thailand

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้เครื่องลดความร้อนชนิดเร็วชนิด 2 มือจับที่มีต่อสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกในการออกกำลังซ้ำ 2 ครั้ง **กลุ่มผู้ถูกทดลอง** ใช้ นักกีฬามวยปล้ำจำนวน 10 คนที่ฝึกซ้อมอยู่ที่จังหวัดสุพรรณบุรี แบ่งนักกีฬาแบบสุ่มเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง (ใช้เครื่อง 6 คน) และกลุ่มควบคุม (ไม่ใช้เครื่อง 4 คน) โปรแกรมการทดสอบใช้การปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงสุดโดยปรับปรุงมาจากวินเกต โดยต้องให้นักมวยปล้ำสามารถปั่นได้นาน 2 นาทีเพื่อเลียนแบบระยะเวลาในการแข่งขัน ในช่วงพัก 30 วินาทีจะให้นักกีฬาในกลุ่มทดลองจับเครื่องลดความร้อนชนิดเร็วชนิด 2 มือจับ ส่วนนักกีฬาในกลุ่มควบคุมให้นั่งพักนิ่งๆ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกก่อนและหลังการจับเครื่อง **ผลการทดลอง** เมื่อต้องออกกำลังกายซ้ำพบการลดลงค่าสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกสูงสุด ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิก และค่าดัชนีการลดลงของสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกในทั้ง 2 กลุ่ม แต่ค่าสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกสูงสุด ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกในกลุ่มควบคุมลดลงต่ำกว่ากลุ่มทดลอง ในขณะที่ดัชนีการลดลงของสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกในกลุ่มทดลองลดลงน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **การอภิปรายผล** เครื่องลดความร้อนชนิดเร็วแบบ 2 มือจับช่วยชะลอการลดลงของสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกเมื่อต้องออกกำลังกายซ้ำ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการลดความร้อนผ่านมือที่มีผลต่อกลไกการควบคุมความร้อนทั้งร่างกายผ่านระบบประสาทอัตโนมัติ

Abstract:

Objective: To identify effect of Double-Hand Rapid Cooling method (DHRC) on 2 repeated anaerobic performance exercise. **Subjects:** Ten wrestlers, who currently trained at Supanburi, were randomly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2

divided into DHRC (experimental) and non-DHRC (control) groups. Exercise protocol was modified from Wingate anaerobic test to enable wrestlers to complete 2 min maximal cycling. Double-hand rapid cooling was treated during 30-sec recovery period in experimental group, while control (non-DHRC) subjects sat quietly. **Results:** Both groups showed reductions in peak and averaged anaerobic powers where DHRC shows lesser decline than control group. Application of rapid cooling method delays anaerobic power dropping in DHRC group. **Discussion:** This technique offers better thermoregulatory changes during repeated exercise bouts. The underlying mechanisms may involve autonomic nervous system which conveys signals from palm to and from higher center in order to offer better heat exchange.

Keywords: Rapid thermal exchange, Wingate anaerobic test, Martial art sports

* corresponding author, contact address: gmrungchai@gmail.com

Introduction

Wrestling requires intermittent extreme physical performance which is characterized by repeated explosive power during attack and counterattack (Hrvoje Karnin *et al.*, 2009). With high physical demand during the game, wrestlers are trained for both aerobic and anaerobic energy systems (Callan *et al.*, 2000). Wrestling competition may consist of 2 minutes of 3-4 rounds with only 30 sec recovery in between. With high intense effort during the game, this sport makes body temperature rapidly rises up (Vito Perriello, 2001). Like other martial arts sports, wrestling requires rapid recovery technique, which is thought to be a key success factor to win during the subsequent game.

Initially, various post-exercise recovery methods have been proposed including massage, cold compression, and ice water intake (Reilley T and Ekblom B, 2005). Lately, technics of half- and whole-body cooling enhancing post-exercise recovery had been introduced (Cheung S, and Robinson A, 2004; Hagobian *et al.*, 2004). Recently, an effective palm cooling tool in human has been explored (Elliott, J M *et al.*, 2003) in which metabolic heat was effectively reduced in other sports (Suchada Saovieng *et al.*, 2010). We newly develop a double-hand cooling device which composes of a pump with an attachment hose that continuously brings cold water from the reservoir to thermal exchange chamber. Temperature of this unit is precisely controlled via digital set up panel. It is postulated that this double-hand thermal exchange unit may enhance physical performance during the subsequent training period despite

3

the very short period of recovery time, like in wrestling. Therefore, the main purpose of the study is to investigate the effects of double-hand rapid cooling during 30-sec rest period between 2 consecutive bouts of maximum anaerobic performance.

Materials and methods

Twelve wrestlers voluntarily participated in this study. Two among them were later excluded from failure to complete 2 consecutive bouts. They were routinely trained at Supanburi training camp under the same coach. Purposes, benefits and possible side effects, which might be induced during experimental protocol, were clearly explained. Health and physical condition were examined by investigators. Prior to the test, informed consents were obtained from all subjects. This study was approved by Ethics Committee on Human Experiment of Mahidol University.

Pre- Exercise Condition: Subjects were instructed to control their hydration status via amount of 24 hrs drinking water and also asked to avoid vigorous physical activity before the experimental day. Subjects wore their own wrestling uniforms. In addition, experiment was conducted within the same time of the day where all equipments were calibrated prior to the test.

Exercise Protocol: All subjects performed 2 maximal consecutive bouts on cycle ergometer (Monark, USA) using Modified Wingate Anaerobic test, loaded was set at $0.06/5 \times$ body weight (kg) (Suchada Saovieng *et al.*, 2010). Subjects were randomly selected for double-hand rapid cooling intervention (group 1: DHRC) during 30-sec recovery period between bouts whereas subjects who had no intervention (group 2: control, non-DHRC) were sat quietly during the same recovery period. The statistical analysis was obtained for between-group and within-group effects using *Independent -test*. The statistical significance was set at *p-value* less than 0.05 ($p < 0.05$).

Results

All subjects were trained regularly for 6 times/wk. Since they had stayed in the same camp, there was no concerned for investigators for nutritional and environmental differences. The physical characteristics were tabulated in Table 1. There was no significant different of age, height, body weight, %fat of the whole body, trunk, arms and legs.

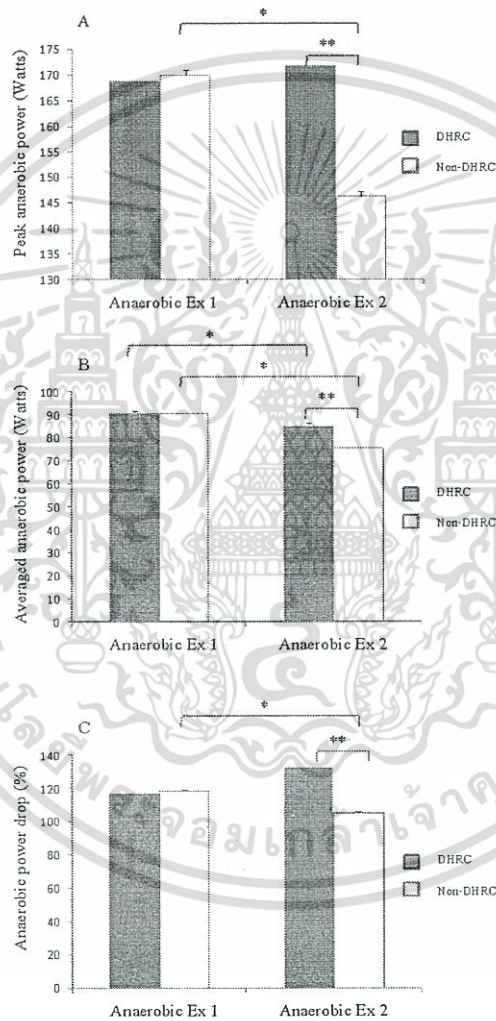
Table 1. General characteristics of subjects treated with double-hand rapid cooling (DHRC, n = 6) and non-DHRC (n = 4). Values are means and SD.

Variables	DHRC	Non-DHRC
Age (yrs)	16 ± 1.9	17 ± 0.0
Body weight (kg)	64.8 ± 8.4	65.1 ± 4.9
Height (cm)	168 ± 5.5	169 ± 7.1
Total body fat (%)	10.9 ± 1.2	12.5 ± 6.8
Trunk fat (%)	9.5 ± 1.2	10.4 ± 5.1
Arm fat (%)	15.5 ± 2.2	18.7 ± 10.2
Leg fat (%)	14.6 ± 2.3	17.2 ± 9.8

All subjects completed 2 consecutive bouts of anaerobic cycling tests using Modified Wingate protocol which was adjusted to enabling subject to sustain their maximum speed for 2 min. As shown in Figure 1 (A), peak anaerobic power (PAP in watts) of DHRC group remained unchanged during 2 consecutive exercise bouts whereas PAP of the second exercise trial in control group (non-DHRC) showed significantly lower than its initial power ($p < 0.05$). In addition, control group showed significantly lower PAP during the second exercise bout when compared to DHRC ($p < 0.05$).

5

Figure 1. Peak anaerobic power (A), Averaged anaerobic power (B) and %Power drop (C) from anaerobic exercises 1 and 2 in control group (non-DHRC, white bar) and with double-hand rapid cooling (DHRC, dark-blue bar) conditions. Values are means and SEM. Abbreviations * represents significantly different within the same group, ** represents significantly different between groups.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6

Averaged anaerobic power (AAP, watts) revealed significantly lower in the second bout ($p < 0.05$) for both DHRC and non-DHRC groups (Figure 1 B). Subjects treated with double-hand cooling technique had higher AAP than in control group ($p < 0.05$) in the consecutive bout.

It was shown that anaerobic power drop (APD, %) of DHRC group showed lesser decline during 2 consecutive exercise bouts whereas APD of the second exercise trial in control group showed significantly lower than its initial power ($p < 0.05$). When compared to DHRC group, APD during the second exercise bout was significantly lower in control group ($p < 0.05$).

Discussion

The present study demonstrated that double-hand cooling via palms surface sustains anaerobic performance during successive exercise bouts. With very brief recovery period of 30 sec, this particular sport is, therefore, requires effective recovery method. Recovery methods in other sports had been previously documented (Tessitore A *et al.*, 2007), the present study will concentrate on simple recovery method following wrestling bouts.

Thermoregulation during exercise is necessarily maintained in a relatively narrow range to offers efficient cellular metabolism at 37°C (Ramanathan, 1964). It was proposed that physical ability became deteriorate as core body temperature remarkably increased (Walters, *et al.*, 2000). Metabolic heat induced during physical exertion is generally removed via 3 different routes: sweating (55%), convection and conduction (35%) and radiation (10%) (Nybo, L. and Nielsen, B, 2001). The higher contribution of sweating depends on distribution of sweat glands on body surface (Walter C. Randall, 1946). It is possible that all sweat glands may contribute maximally at prolonged high intense exercise under heat stress (Poul-Erik Paulev, 2000).

Palm is the only hairless area which has highest density of sweat glands and high sensitive receptors which make it to be the best heat exchange zone (H. Craig Heller and Dennis A. Grahn, 2012; Ikoh Awahata and Thomas A, 1961). It was documented that human palm has sweat gland density up to 400-500 per square centimeters (Walter C. Randall, 1946) and can tolerate thermal changes up to 45 degree Celcius (Darian-Smith, I. and Johnson, K.O., 1977). Sweat gland is under controlled of the autonomic nervous system (Laurie Kelly McCorry, 2007) where it is

7

contributed more and more as physical exertion had been progressively increased. Thermal and cold stimuli from palm will be conveyed upward to higher center, Hypothalamus, which sends descending signals to cutaneous vessels, respiration and heart rates. On the other aspect, we believe that an abrupt cold stimuli applied on the palms will trigger in such a way that it reduces higher center temperature and induces vasodilation of cutaneous vessels.

During near exhaustive physical exertion, there is considerably readjustment between working muscles and skin blood flows. Increasing in skin blood flow will positively affect body heat exchange while diminished muscle blood volume, which, in turn, deteriorates muscular action. On the other hands, when muscle blood flow is continuously and remarkably supplied, dilation of skin vessels will be reduced, which, in turn, raises body temperature (Ricardo G. Fritzsche *et al.*, 1999; Rowell, L. B, 1986). The present study selected palm as site for heat regulation as mentioned from previous investigation in that the highest rate of heat transfer via palm area is recently reported (H. Craig Heller and Dennis A. Grahn, 2012). Furthermore, comparing to ice pack, palm cooling is more effective zone (Walker, TB *et al.*, 2009). We propose that with very short heat reduction via palmar surfaces of both hands is most likely reduced temperature at the higher center. Therefore, cold application via palms may reduce whole body overheating, which indirectly enhances body performance during subsequent exercise.

Conclusion

Double-hand rapid palm cooling method, treated during 30-sec recovery period, improves anaerobic peak power, averaged anaerobic power and delays anaerobic power dropping in wrestler athletes particularly on the subsequent bout. This technique offers better thermoregulatory changes during repeated exercise bouts. The results of this study are of interest for other competitive martial art sports.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank all wrestling athletes, coach and staffs from the Region 2 Center (Supanburi), the Sports Authority of Thailand for their cooperation in completing this study. Many thanks to Research staffs of College of Sport Science and Technology, Mahidol University.

References

Callan, S.D., Brunner, D.M., Devolve, K.L., Mulligan, S.E., Hesson, J., Wilber, R.L. and Kearney, J. Physiological

8

- profiles of elite freestyle wrestlers. *J Strength and Condition Res* 14, 162-169, 2000.
- Cheung S, and Robinson A. The influence of upper-body pre-cooling on repeated sprint performance in moderate ambient temperatures. *J Sports Sci.* 22(7):605-612, 2004.
- Darian-Smith, I. and Johnson, K.O. Thermal sensibility and thermal receptors. *J Investigative Dermatology*, 69, 146-153, 1977.
- Elliott, J M.; Lankford, D E.; Ruby, B C. Effects of the Rapid Thermal Exchange (RTX) Device on Exercise in A Heated Environment. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35(5): p S30, 2003.
- Hagobian, T. A., Jacobs, K. A., Kiratli, B. J., & Friedlander, A. L. Foot cooling reduces exercise-induced hyperthermia in men with spinal cord injury. *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 411-417, 2004.
- H. Craig Heller and Dennis A. Grahn. Enhancing Thermal Exchange in Humans and Practical Applications. *DISRUPTIVE SCIENCE AND TECHNOLOGY* 1(1):11-19, 2012.
- Hrvoje Karnin, Zoran Tocilj, Ognjen Uljevi and Marko Erceg. Lactate profile during Greco-Roman wrestling match. *J Sports Science and Medicine*.8(CSSI 3), 17-19, 2009.
- Ikoh Awahata and Thomas A. Racial Variations in Sweat Gland Distribution. *Proc Soc Exp Biol Med*106:862—865, 1961.
- Laurie Kelly McCorry. Physiology of the Autonomic Nervous System. *Am J Pharm Educ.* 71(4): 78, 2007.
- Nybo, L. and Nielsen, B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 91:1055–1060, 2001.
- Poul-Erik Paulev, M.D., D.Sci. Textbook in Medical Physiology And Pathophysiology. Essentials and clinical problems Copenhagen Medical Publishers, 2000, chapter21.
- Ramanathan, N. L. "A New Weighting System for Mean Surface Temperature of the Human Body." *J Appl Physiol* 19: 531-533, 1964.
- Ricardo G. Fritzsche, T. W. S., Bradley J. Hodgkinson, and Edward F. Coyle. Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. *J Appl Physiol*, 86(3), 799-805, 1999.
- Rowell, L. B. Human Circulation, Regulation During Physical Stress. New York: Oxford University Press, 363-406, 1986.
- Reilley T and Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. *J Sports Sci* 23(6):619-627, 2005.
- Suchada Saovieng, Waree Vidjaja, Thyon Chentanez and Rungchai Chaunchaiyakul. Rapid Palm Cooling on

9

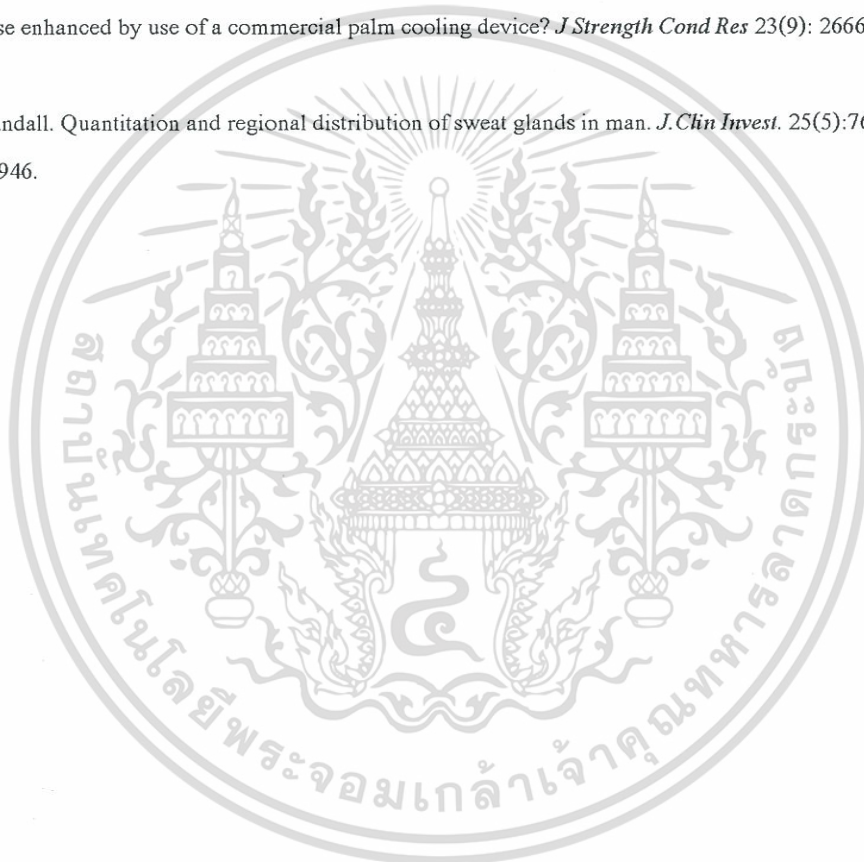
Physiologic Responses and Anaerobic Performance during Simulated Taekwondo Competitions. *J Sports Sci & Tech*10(S2):239-245, 2010.

Tessitore A, Meeusen R, Cortis C, Capranica L. 2007. Effects of different recovery interventions on anaerobic performance following preseason soccer training. *J Strength Cond Res*.21(3):745-50.

Vito Perriello. Aiming for healthy weight in wrestlers and other athletes. *CONTEMPORARY PEDIATRICS*. 18(9):54-74, 2001.

Walker, TB, Zupan, MF, McGregor, JN, Cantwell, AR, and Norris, TD. Performance of intermittent intense exercise enhanced by use of a commercial palm cooling device? *J Strength Cond Res* 23(9): 2666–2672, 2009.

Walter C.Randall. Quantitation and regional distribution of sweat glands in man. *J Clin Invest*. 25(5):761-767, 1946.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การออกแบบนวัตกรรมระบบแลกเปลี่ยนความร้อนร่างกายแบบสองมือจับ

An Innovative Design on Double-Hand Thermal Exchange Unit



ทิพย์ อิศระประสาธน์* ถิทธิศ จิตตฤกษ์* ฐิติชัย ขานไชยธัญญ์** และศุภภากร อุตสาหกรรม***

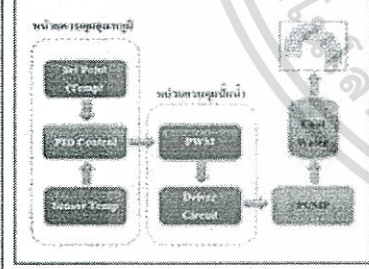
บทคัดย่อ

การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ที่สวมใส่เป็นเวลานานจะส่งผลให้ความร้อนภายในร่างกายมนุษย์สะสมเพิ่มขึ้นส่งผลให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายลดลง การศึกษานี้เป็นการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่างกายแบบสองมือจับเพื่อรับมือกับผลกระทบของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการออกกำลังกาย โดยหลักการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิจากฝ่ามือทั้ง 2 ข้าง ผ่านวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 10-18 °C ด้วยวิธีการควบคุมระบบความร้อนแบบปิดกั้นตามหลักการวิศวกรรม จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตจำนวน 9 คน พบว่านวัตกรรมนี้สามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจได้ 22.2% เมื่อเทียบกับแบบที่ควบคุมอุณหภูมิร่างกายด้วยวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนแบบธรรมดา

หลักการและเหตุผล

ผู้มีวิสัยทัศน์จะเกิดคิดทางวิศวกรรมในการควบคุมอุณหภูมิของตัวผู้ศึกษา (เฉพาะการออกแบบที่สวมใส่หรือเป็นเวลานานจะส่งผลให้ความร้อนภายในร่างกายมนุษย์สะสมเพิ่มขึ้น จากกระบวนการเมตาบอลิซึมและการไหลเวียนของโลหิต) เมื่อความร้อนนี้สะสมในระบบไหลเวียนที่ส่งผลให้สมรรถภาพในการออกกำลังกายลดลง ในบางกรณีขั้นถัดมาก็ที่การสะสมความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็วถึงขั้นสลายผลวมตามรูปที่ 1 ได้ศึกษา

จากการศึกษาสรุปได้ว่าเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสองมือจับสามารถลดอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ลงได้ 2 องศาเซลเซียส ในขณะออกกำลังกายหนัก ซึ่งช่วยลดอัตราการเต้นของหัวใจได้ โดยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัสดุที่มีอุณหภูมิในตัว จะช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายแบบสองมือจับที่สวมใส่ได้ โดยใช้น้ำเย็น 0 °C เป็นส่วนความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแนวคิดระบบควบคุมการไหลเวียน และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สวมใส่ 2 มือจับ

วัตถุประสงค์

ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิร่างกายของผู้ใช้ด้วยวิธี 2 มือจับที่สวมใส่บนข้อมือและฝ่ามือทั้ง 2 ข้าง หรือระหว่างการทำกิจกรรม

วิธีการวิจัย

งานวิจัยที่แสดงในรูปที่ 1 ได้สร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่างกายแบบสองมือจับ โดยใช้วัสดุที่นำได้ไปในประเทศ ประกอบด้วยคาบิซึมที่เปลี่ยนและส่วนที่แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นท่อรูปตัว U ขงเทคโนโลยีมือจับได้สวมใส่ การศึกษาเป็นเวลานานความร้อน ภายในท่อมือจับมีท่อทองแดงสลับเพื่อให้อุณหภูมิเย็น มีเซ็นเซอร์อุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของผิวหนังส่วนล่างของมือจับเกิน 18 องศาเซลเซียส PID จะช่วยให้อุณหภูมิที่ส่วนล่างของมือจับเย็นลงรูปตัว U มีอุณหภูมิที่คงที่ในช่วง 10-18°C การที่อุณหภูมิของระบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ที่ประจุพลังงานได้ และเทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ของอุปกรณ์ BMCL ที่สามารถวัดอุณหภูมิอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. แล้ว ได้ทดสอบทดลองเบื้องต้นในคนปกติจำนวน 9 คน และได้ทำไปทดลองภาคสนาม อันเป็นที่มาของผลการวิจัย 2 จำนวนตามรูปที่ 1

ผลการวิจัย



รูปที่ 2 อุณหภูมิร่างกายก่อนและหลังออกกำลังกาย 2 มือจับ

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบสองมือจับ

ผลที่พบคือ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบสองมือจับ 2 มือจับมีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจได้ 22.2% เมื่อเทียบกับแบบที่ควบคุมอุณหภูมิร่างกายแบบธรรมดา ส่วนการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบสองมือจับ 2 มือจับ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบสองมือจับ 2 มือจับ มีค่า Peak anaerobic power (Watt) (A) ที่ Averaged anaerobic power (Watt) (B) และ ที่ Anaerobic power drop (%) ไม่ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มที่สวมใส่แบบธรรมดา

ข้อสรุป

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่างกายแบบสองมือจับ สามารถช่วยลดอุณหภูมิร่างกายของผู้ใช้ระหว่างการออกกำลังกาย และระหว่างการทำกิจกรรม ทำให้เกิดกิจกรรมที่ปลอดภัยและสนุกสนานยิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

นวัตกรรมที่สวมใส่ได้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องออกกำลังกายของ บริษัทผู้พัฒนา



* สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
** สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยวิศวกรรมและเทคโนโลยีบริหาร มหาวิทยาลัยมหิดล
*** การกีฬาแห่งประเทศไทย 2 กรุงเทพมหานคร



ภาคผนวก จ
เอกสารการจดสิทธิบัตร อุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย
สำหรับนักกีฬา

คำอธิบายรูปโดยย่อ

- รูปที่ 1 แสดงภาพชิ้นส่วนทั้ง 2 ชิ้นส่วน ของสิ่งประดิษฐ์
รูปที่ 2 แสดงถึงส่วนควบคุมอุณหภูมิ และแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ของสิ่งประดิษฐ์
รูปที่ 3 แสดงถึงโลหะและภายในโลหะที่นำมาเป็นวัสดุในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ทั้งสองฝ่ามือ
รูปที่ 4 แสดงถึงส่วนถังเก็บความเย็น
รูปที่ 5 แสดงภาพจากด้านบน ภายในถังเก็บความเย็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงลักษณะโดยสมบูรณ์ของสิ่งประดิษฐ์ชนิดนี้ โดยประกอบขึ้นด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิดังรูปที่ 1.3 และส่วนถังเก็บความเย็นดังรูปที่ 1.2 ในส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมิตามรูปที่ 1.3 มีลักษณะเป็นกระเปาะสะพานมีฉนวนความร้อนอยู่โดยรอบภายในและฝาส่วนบนสามารถเปิดออกเพื่อสอดมือไปจับได้ตามรูปที่ 1.1 และภายในส่วนถังเก็บความเย็นจะติดตั้งปั๊มไฟฟ้าสูบลมขนาดเล็กไว้ภายในถัง เพื่อส่งสารพาความเย็นไปยังวัสดุแลกเปลี่ยนอุณหภูมิเพื่อควบคุมอุณหภูมิของวัสดุแลกเปลี่ยนอุณหภูมิให้คงที่ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป รูปที่ 1.4 เป็นสวิตช์ไฟฟ้าปิดเปิดการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ ส่วนรูปที่ 1.5 แสดงหน้าจอสัมผัสที่เป็นส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิ และใช้ปรับตั้งค่าอุณหภูมิอีกด้วย นอกจากนี้ด้านหลังของส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนและควบคุมอุณหภูมียังมีช่องเก็บแบตเตอรี่ (ไม่ได้แสดงไว้) ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับสิ่งประดิษฐ์นั่นเอง

ตามรูปที่ 2 แสดงลักษณะภายในของสิ่งประดิษฐ์ตามรูปที่ 1.3 แสดงให้เห็นส่วนประกอบที่เป็นวัสดุแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ ฝาด้านบนด้านใน (ไม่ได้แสดงไว้) จะบรรจุวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด เช่น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขับกระแส แผงวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น สำหรับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม มีหน้าที่ควบคุมระบบทั้งหมดให้มีการสั่งงานควบคุมการไหลของสารนำความเย็น วิ่งใช้เป็นน้ำทำให้อุณหภูมิของโลหะที่ใช้แลกเปลี่ยนอุณหภูมิมีค่าคงที่ที่อุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขับกระแสจะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปั๊มน้ำไฟฟ้าทำงานตามคำสั่งจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมได้ แผงวงจรแหล่งจ่ายไฟจะทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในสิ่งประดิษฐ์ รูปที่ 2.1 แสดงวัสดุที่ใช้แลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างฝามือทั้ง 2 ฝามือ (มีการแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3) รูปที่ 2.2 แสดงช่องวงกลมขนาดเล็ก 2 ช่อง ซึ่งเป็นช่องผ่านของสายยางพาสารนำความเย็นไหลผ่านเข้าและออก ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงช่องวงกลมขนาดเล็ก เพื่อเป็นช่องผ่านของสายยางซึ่งภายในสายยางนั้น จะบรรจุสายไฟจากปั๊มน้ำไปถึงส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม นั่นเอง

ตามรูปที่ 3 แสดงลักษณะของโลหะที่นำมาเป็นวัสดุแลกเปลี่ยนอุณหภูมิโดยละเอียด รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของโลหะ ซึ่งเป็นท่อทองแดงโค้ง เป็นรูปตัว U คว่ำ ซึ่งนำความร้อนได้ดี รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะภายในท่อทองแดง รูปตัว U คว่ำ จะเห็นว่าภายในท่อทองแดงโค้งรูปตัว U จะมีท่อทองแดงขนาดเล็กขดเป็นรูปสปริง เพื่อเป็นทางการไหลผ่านของน้ำเย็น ปลายด้านหนึ่งของท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขดเป็นรูปสปริง จะเป็นถูกต่อด้วยสายยางเพื่อเป็นทางเข้าของน้ำเย็นจากถังเก็บความเย็น ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งของท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขดเป็นรูปสปริง ถูกต่อด้วยสายยางเพื่อเป็นทางออกของน้ำเย็นไปยังถังเก็บความเย็นต่อไป

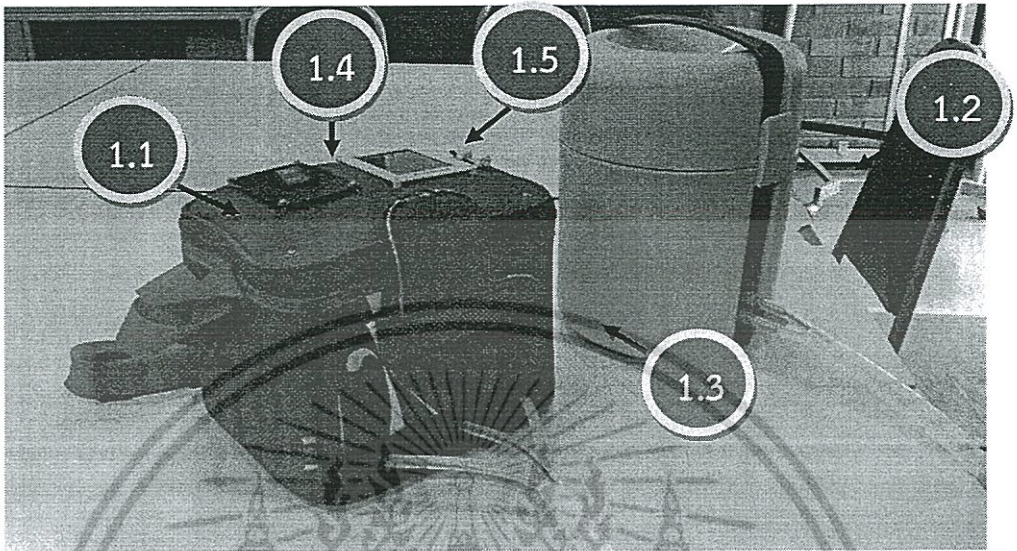
ตามรูปที่ 4 แสดงลักษณะโดยละเอียดของถังเก็บความเย็น (รูปที่ 1.2) ขนาดของถังเก็บความเย็น สูง 11 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว มีลวดด้านข้าง 2 ข้างดังรูปที่ 4.1 ด้านบนมีสายหนังทำเป็นหูหิ้ว รูปที่ 4.2 ถังเก็บความเย็นมีแท่งโลหะกลางทะลุผ่านผนังของถังเพื่อเป็นข้อต่อระหว่างท่อเอกสารอย่าง 3 เส้นต่อจากส่วนวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อนเข้ายังภายในถัง ซึ่งตามรูปที่ 4.2 แท่งโลหะกลางที่ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ติดกัน 2 แห่งด้านล่างจะเป็นแท่งที่ต่อสายยางเพื่อส่งผ่านน้ำเย็นเข้าและออก ส่วนรูปที่ 4.3 แท่งโลหะด้านบนจะเป็นแท่งที่จะต่อกับสายยางที่เป็นทางผ่านของสายไฟไปยังปั๊มน้ำขนาดเล็ก เพื่อป้องกันน้ำที่อาจจะทำให้สายไฟสัมผัสกับน้ำโดยตรง ถึงเก็บความเย็นมีหน้าที่เก็บน้ำที่บรรจุน้ำแข็งซึ่งเป็นแหล่งของสารนำความเย็น ส่งต่อไปยังท่อทองแดงขนาดเล็กที่ขดกันเป็นวงเรียงซ้อนกัน เพื่อให้ทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นที่ออกมาต่ำลง

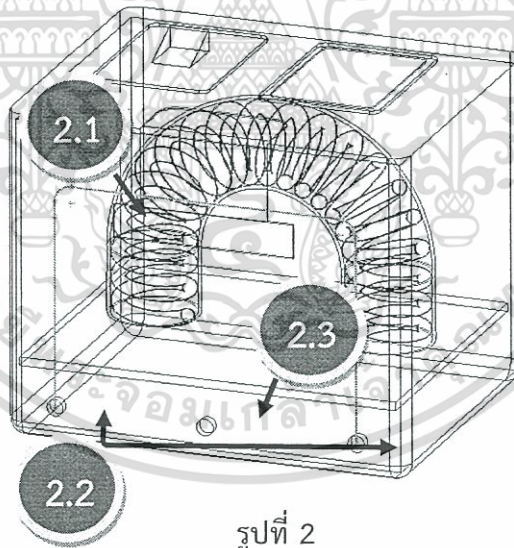
ตามรูปที่ 5 แสดงภาพด้านบนของถังเก็บความเย็น ซึ่งจะเห็นว่าภายในถังเก็บความเย็นจะถูกรักษาด้วยปั๊มน้ำขนาดเล็ก (รูปที่ 5.1) ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าปั๊มน้ำขนาดเล็กถูกวางภายในถังโดยจะต้องจุ่มแช่ในน้ำเย็นตลอดเวลาในการทำงาน เพื่อให้ น้ำไหลเวียนไม่ขาดตอน และเป็นการลดความร้อนที่จะเกิดขึ้นกับปั๊มน้ำด้วยนั่นเอง



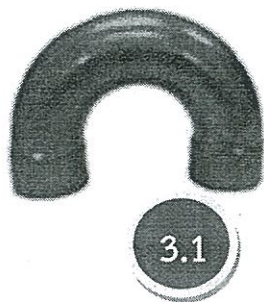
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1



รูปที่ 2



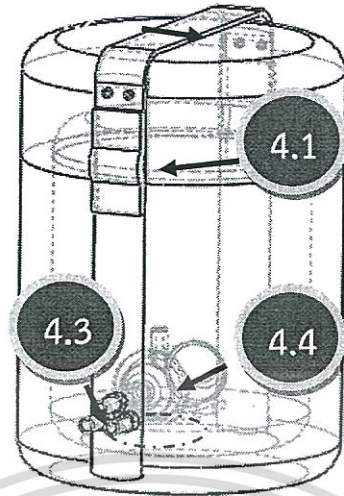
3.1



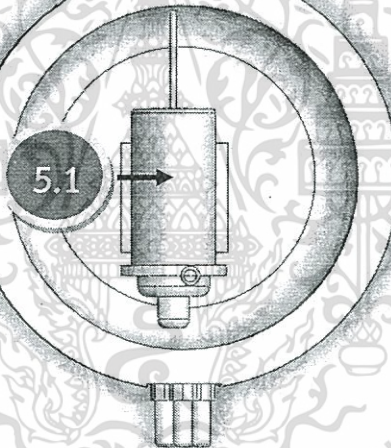
3.2

รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4



รูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล	นางสาวหัตยา อิศระประสาธน์
วัน เดือน ปีเกิด	6 พฤษภาคม พ.ศ. 2532 ที่จันทบุรี
ที่อยู่	27 ตรอกอมร 1 ถ.ท่าแฉลบ ต.ตลาด อ.เมืองจันทบุรี จ.จันทบุรี 22000 โทร 080-0817600 อีเมลล์ hattaya.biw@gmail.com
ประวัติการศึกษา	2553 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) การออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 2.) การออกแบบระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System Applications)
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ	<ul style="list-style-type: none">• 2012: Attend SAT 4th Sport Science Research Conference in titled “An Innovative Design on Double-Hand Thermal Exchange Unit”, at Khonkaen, Thailand.• 2012: Attend SAT 4th Sport Science Research Conference in titled “Double-Hand Rapid Cooling on Subsequent Anaerobic Performance in Wrestlers”, at Khonkaen, Thailand.• 2012: Attend The 35th Electrical Engineering Conference (EECON35) in titled “A New Design of Body Thermal Regulation for Performance Recovering of Sportsmen”, at Nakhonnayok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้