บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมนำเสนอ ดังนี้

1. พื้นฐานแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเมื่ออยู่บนพื้นที่สูง
   1.1 ความกดอากาศ
   1.2 การตอบสนองของร่างกายเมื่อขึ้นไปอยู่บนพื้นที่สูง
   1.3 กลไกของการเพิ่มเม็ดเลือดแดง
   1.4 ปัจจัยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีโมโกลบิน ปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณอิริทโทรโพอิติน
   1.5 สภาพแวดล้อมของพื้นที่สูง
   1.6 อุณหภูมิบนพื้นที่สูง
2. การอยู่บนพื้นที่สูงที่มีผลต่อร่างกายทางด้านสรีรวิทยา
   2.1 ระบบหายใจ
   2.2 การแพร่กระจายของก๊าซออกซิเจน
   2.3 การขนส่งก๊าซออกซิเจนและการส่งออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อ
3. งานวิจัยการฝึกบนพื้นที่สูง
   3.1 งานวิจัยในประเทศ
   3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

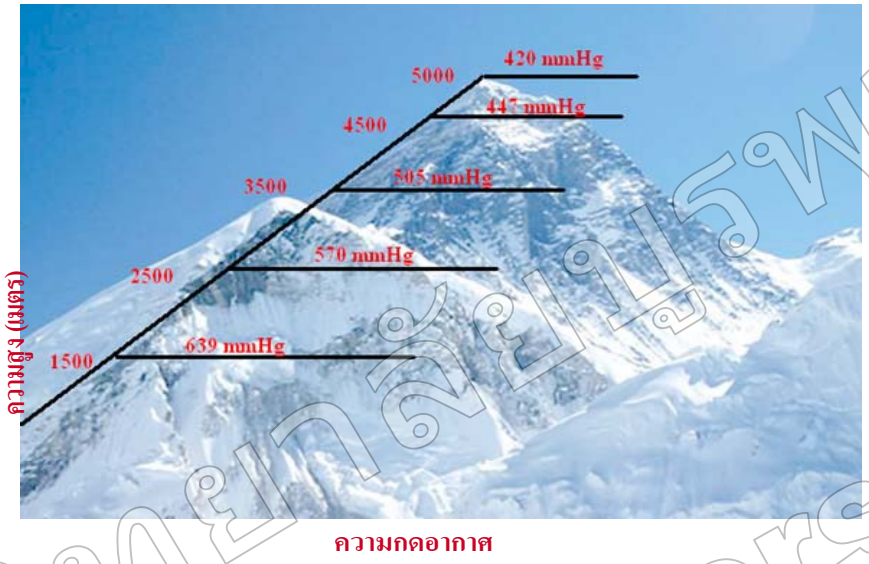
พื้นฐานแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเมื่ออยู่บนพื้นที่สูง

1. ความกดอากาศ (Air Pressure)

ที่ระดับน้ำทะเลความกดอากาศจะเท่ากับความลึกของน้ำ 10 เมตร กดลงบนตัวของเราตลอดเวลา สาเหตุจากน้ำหนักของอากาศเหนือตัวเราในชั้นบรรยากาศ เมื่อเราขึ้นไปบนภูเขา (ที่สูง) ในชั้นบรรยากาศก็จะมีอากาศอยู่เหนือตัวของเราน้อยลง ความสำคัญของผลจากการลดของความกดอากาศก็คือจะทำให้ปริมาตรของอากาศมีจำนวนโมเลกุลเบาบางลง (ความกดอากาศลดลง) ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของโมเลกุลของออกซิเจนที่อยู่ก็ยังคงเป็นร้อยละ 21 เท่าเดิม ปัญหาคือที่ความสูงระดับ

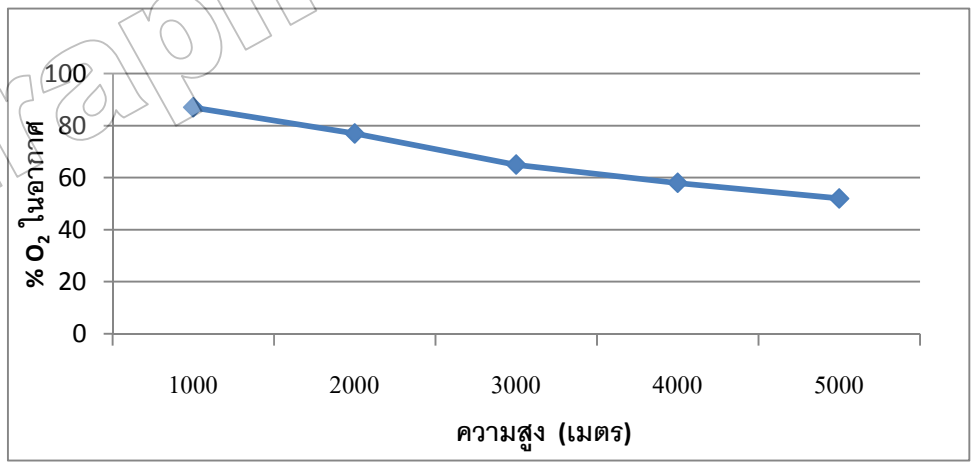
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ต่าง ๆ โมเลกุลของอากาศทุกชนิดน้อยลงรวมถึงออกซิเจนด้วย ยิ่งความสูงเพิ่มมากขึ้นเท่าใดความกดอากาศก็จะน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและความกดอากาศ (http://th.wikipedia.org/wiki/ยอดเขาเอเวอเรสต์

สำหรับก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญที่สุด เมื่อความสูงเพิ่มมากขึ้นปริมาณของออกซิเจนในอากาศจะน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับน้ำทะเลดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและร้อยละของออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับน้ำทะเล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การตอบสนองของร่างกายเมื่อขึ้นไปอยู่บนพื้นที่สูง

เมื่อคนขึ้นไปอยู่บนที่สูงร่างกายจะมีการสนองตอบทันทีหลายประการต่อระดับความสูงนั้น ๆ เช่นผลกระทบด้านการออกกำลังกาย ด้านความสามารถทางการกีฬา และด้านสรีรวิทยา ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.1 Fox & Mathews (1981) กล่าวว่าการปรับตัวจากการฝึกซ้อมเกิดขึ้นได้ระหว่างการอยู่บนที่สูงเป็นระยะเวลายาวนานในสภาวะพร่องออกซิเจนที่ระดับความสูง 5,000 ฟุต (1,524 เมตร) หรือสูงกว่านั้นจากระดับน้ำทะเลซึ่งอาจจะพัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความสามารถด้านความอดทนที่ระดับน้ำทะเลได้ ซึ่งได้มีการศึกษาทดลองพบว่าการฝึกบนที่สูงเป็นเวลา 25 วัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 แต่มีรายงานการวิจัยบางเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความคุ้นเคยที่อยู่หรือมีต่อการอยู่บนที่สูงพบว่าเมื่ออยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งบนที่สูงความสามารถของเลือด ในการขนส่งออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นและพบว่าปริมาณของเลือดที่ฉีดออกผ่านเส้นเลือดแดงใหญ่ในช่วงเวลา 1 นาที สูงสุดจะลดลงเมื่ออยู่บนที่สูงตามด้วยการขาดน้ำและสูญเสียมวลกล้ามเนื้อผลของการสูญเสียสิ่งเหล่านี้อาจอธิบายได้ว่าทำไมการอยู่และการฝึกซ้อมบนที่สูงจึงไม่พัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความอดทนเมื่อกลับสู่พื้นที่ระดับน้ำทะเล (Adams, Bermauer, Dill, & Bomar, 1975) ปัญหาหลักของการอยู่บนที่สูงคือความหนัก (Intensity) ของการฝึกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ที่ระดับความสูง 4,000 เมตร นักกีฬาจะออกกำลังกายได้เพียงร้อยละ 40 ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ระดับน้ำทะเลเท่านั้น และขณะอยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจนจะทำให้พลังงานที่ส่งออกมาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และด้วยประการนี้อาจจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความหนักของการฝึกซ้อมต้องลดลงในทุกกรณี เมื่อใช้การฝึกซ้อมบนที่สูงเป็นเครื่องเสริมช่วยในการฝึกซ้อม

2.2 การปรับปริมาณของฮีโมโกลบิน Berglund (1992) อธิบายว่าการฝึกสมรรถภาพทางกายจะพัฒนาสมรรถภาพทางกายหรือศักยภาพได้เมื่ออยู่บนที่สูง แต่จะพัฒนาศักยภาพที่ระดับน้ำทะเลหรือไม่ยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อประเมินการพัฒนาศักยภาพที่ระดับน้ำทะเลภายหลังจากการฝึกบนที่สูงกว่าได้ก่อให้เกิดข้อขัดแย้ง และมีแนวความคิดที่แตกต่างกันอีกหลายประการ โดยเฉพาะข้อโต้แย้งหรือขัดแย้งกันนั้นยังไม่มีข้อพิสูจน์ใดที่ชัดเจน แต่สิ่งที่ค้นพบอย่างสม่ำเสมอคือหลังจากขึ้นไปบนที่สูงหรือที่ที่มีสภาวะพร่องออกซิเจนคือการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน และฮีมาโตคริตชั่วคราว (ระยะสั้น ๆ) เนื่องจากการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณพลาสมา และตามด้วยการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอีริทโทรโพอิติน ซึ่งทั้งนักกีฬาและไม่ใช่นักกีฬาประเภทใช้ความอดทน จะมีเซลล์เม็ดเลือดแดงอ่อนสูงสุดหลังจากขึ้นไปอยู่บนที่สูงระดับปานกลาง

ประมาณ 8-10 วัน และนอกจากนี้ยังพบว่าการฝึกเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ที่ความสูงระดับปานกลาง มีผลทำให้นักกีฬาบางคนมีฮีโมโกลบิน เข้มข้นขึ้นประมาณร้อยละ 1-4 และการเพิ่มขึ้นของฮีโมโกลบินนี้จะพบได้ชัดเมื่ออยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจนในช่วงเวลาที่นานขึ้น

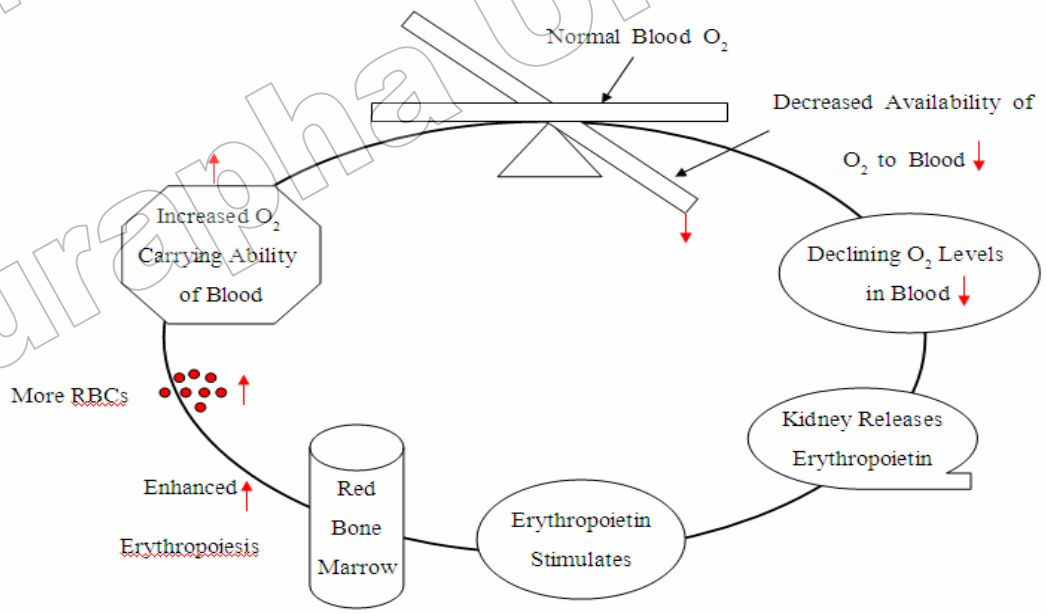
2.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากความคุ้นเคยกับการอยู่บนที่สูงทางสรีรวิทยา (CAT, 2008)

2.3.1 การนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย เมื่อลงจากที่สูงแล้วขณะที่นักกีฬาหายใจปริมาณออกซิเจนจะถูกนำเข้าไปสู่ปอดและกระแสเลือดได้มากกว่า

2.3.2 การขนส่งออกซิเจนหลังจากลงจากที่สูงแล้วร่างกายจะมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีมาโตคริตเพิ่มมากขึ้น เซลล์เม็ดเลือดแดงจะขนส่งออกซิเจนไปที่เซลล์กล้ามเนื้อและจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานสำหรับการทำกิจกรรมของนักกีฬา ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงที่มากกว่าจะทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่นำไปสู่กล้ามเนื้อได้มากกว่าเช่นกัน

3. กลไกของการเพิ่มเซลล์เม็ดเลือดแดง

เมื่อระดับออกซิเจนในเลือดต่ำลงหรือเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนในอากาศลดลง ไตจะสร้างฮอร์โมนอีริทโทรโพอิตินเพิ่มขึ้นและจะไปกระตุ้นให้ไขกระดูกสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นด้วยช่วยให้เม็ดเลือดแดงสามารถจับและขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอต่อการทำงานของอวัยวะส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 กลไกการเพิ่มเซลล์เม็ดเลือดแดง (Wilber, 2004)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากข้อ 3 ร่างกายสามารถสร้างหรือเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดแดงได้แต่ก็มีหลายสาเหตุที่ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงลดลงได้เช่นกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้คือ การออกกำลังกายที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เม็ดเลือดแดงเท่านั้นในหัวข้อต่อไป

4. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีโมโกลบิน ปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณอิริทโทรโพอิติน

4.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง

จากข้างต้นที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3 เซลล์เม็ดเลือดแดงนั้นสามารถเพิ่มขึ้นได้จากสภาพปกติเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจนหรือปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ แต่เนื่องจากเซลล์เม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์ที่ไม่มีนิวเคลียสดังนั้นเซลล์เม็ดเลือดแดงจึงไม่สามารถแบ่งตัวหรือซ่อมแซมตัวมันเองได้ และมีอายุที่จำกัดเพียง 120 วันโดยปกติ ดังนั้นเซลล์เม็ดเลือดแดงจึงต้องมีการสร้างขึ้นเองอย่างต่อเนื่องและเมื่อถูกทำลาย(แตก)หรือหมดอายุก็จะถูกกำจัดไป ดังนั้นปริมาณของเซลล์เม็ดเลือดแดงก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปซึ่งเป็นปัจจัยต่อเนื่องที่ทำให้ ฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน มีปริมาณที่อาจเปลี่ยนแปลงไม่ได้เป็นต้น

4.2 ระดับหรือปริมาณฮีโมโกลบิน

ระดับหรือปริมาณฮีโมโกลบินเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่บ่งชี้ถึงสุขภาพของบุคคล โดยปกติจะอยู่ระหว่าง 11.7 ถึง 18 ในผู้ใหญ่ถึงผู้สูงอายุ ซึ่งระดับของฮีโมโกลบินนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามเพศและอายุของแต่ละคน ระดับของฮีโมโกลบินอาจเปลี่ยนแปลงได้โดยเฉพาะเพศหญิงจะมีระดับต่ำกว่าเพศชายเล็กน้อย คนที่อาศัยอยู่บนที่สูงก็จะมีปริมาณฮีโมโกลบินสูงกว่าคนพื้นราบเล็กน้อยเช่นกัน ระดับฮีโมโกลบินนั้นอาจจะมีสาเหตุมาจากการขาดสารอาหารก็ได้เช่นในกรณีขาดธาตุเหล็กอาจทำให้เกิดโรคโลหิตจาง หรือการผิดปกติของไขกระดูก ในบางครั้งการหายใจสั้นๆ อาการหายใจลำบาก ก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะฮีโมโกลบินต่ำได้เช่นกัน

4.3 ระดับหรือปริมาณฮีมาโตคริต

ระดับหรือปริมาณฮีมาโตคริตจะเป็นตัวชี้วัดที่บอกให้ทราบถึงปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีอยู่ในขณะนั้น (ในปริมาณที่แน่นอน) ซึ่งในเพศชายและเพศหญิงอายุที่แตกต่างกันจะทำให้มีระดับฮีมาโตคริตแตกต่างกันด้วย ซึ่งในเพศชายจะมีระดับสูงกว่าเพศหญิงเล็กน้อย มีปัจจัยหลายประการ ที่ทำให้ระดับของฮีมาโตคริตเปลี่ยนเช่นร่างกายอยู่ในสภาวะขาดน้ำ การขาดน้ำรวมถึงอาการท้องเสียอย่างรุนแรงจะทำให้ระดับของ plasma ต่ำลง และระดับของฮีมาโตคริตก็จะเพิ่มขึ้น การสูบบุหรี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับของฮีมาโตคริตเพิ่มสูงขึ้น เพราะการสูบบุหรี่จะทำให้เส้นเลือดตีบลงทำให้การขนส่งออกซิเจนไปตามส่วนต่างๆของร่างกายลดลง เพื่อที่จะต้องการเพิ่มออกซิเจน ร่างกายก็จะต้องสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการขนส่งออกซิเจน ซึ่งเป็น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สาเหตุให้ระดับฮีมาโตคริตสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้อาจจะเกิดจากปอดมีปัญหาในการทำงานและการขึ้นไปบนที่สูงที่ทำให้เกิดสภาวะพร่องออกซิเจน อย่างไรก็ตามฮีมาโตคริตก็ลดลงได้เช่นกันโดยอาจจะมีปัจจัยดังนี้ เช่น เป็นโรคโลหิตจาง เซลล์เม็ดเลือดแดงถูกทำลาย การได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ เช่นวิตามินB_{12} โฟเลท และเหล็กเป็นต้น แม้กระทั่งการได้สารเคมีบางชนิด เช่นการได้รับการรักษาโดยเคมีบำบัด

4.4 ระดับหรือปริมาณอิริทโทรโพอิติน

ระดับหรือปริมาณอิริทโทรโพอิตินเป็นฮอร์โมนที่ผลิตโดยไตซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ไขกระดูกสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงโดยเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจนหรือมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ ร่างกายโดยไตจะสร้างฮอร์โมนอิริทโทรโพอิตินเพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงทันที ไม่ว่าด้วยสาเหตุใดก็ตามระดับฮอร์โมนอิริทโทรโพอิตินปกติจะอยู่ระหว่าง 0-19 mU/ ml การเพิ่มขึ้นของระดับอิริทโทรโพอิติน สามารถพบได้ในpolycythemia ซึ่งเป็นอาการผิดปกติที่มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงเกิน การลดลงของระดับอิริทโทรโพอิติน สามารถพบได้ในอาการผิดปกติของ chornic renal failure ฮอร์โมนอิโทรโพอิติน ได้มีการใช้ไปในทางที่ผิดสำหรับนักกีฬา เพื่อเพิ่มความสามารถในการเล่นให้สูงขึ้น โดยเฉพาะกีฬาประเภทความอดทนแต่อิริทโทรโพอิตินเป็นสารที่อันตรายเพราะจะทำให้ร่างกายขาดน้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้เลือดข้น(หนืด)ทำให้เกิดความเสี่ยงต่ออาการโรคหัวใจหรือหมดสติได้

สรุปการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงของเซลล์นั้นมีหลายประการ เช่น อายุ เพศ ฮอร์โมนอิริทโทรโพอิติน การทำลายหรือการลดลงของเซลล์เม็ดเลือดแดงเซลล์เม็ดเลือดเป็นเซลล์ที่มีช่วงชีวิตซึ่งโดยปกติมีอายุประมาณ 120 วัน และอาจถูกทำลายไปโดยเซลล์เม็ดเลือดขาวหรือโดยผนังของตัวเซลล์เม็ดเลือดแดงเองที่บางลงแล้วรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป จนกระทั่งเซลล์แตกและถูกกำจัดออกจากร่างกายไป ในกรณีเมื่อมีการออกกำลังกาย โดยเฉพาะการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมกีฬาในประเภทความอดทน ที่ต้องใช้เวลาในการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลานานกว่าการออกกำลังกายหรือฝึกซ้อมโดยปกติ ซึ่ง Smith (1995) ได้อธิบายว่า การออกกำลังกายหรือฝึกซ้อมกีฬาประเภทความอดทนอาจจะเป็นสาเหตุให้นำไปสู่ภาวะโลหิตจางในนักกีฬาได้ โยเฉพาะการฝึกซ้อมกีฬาประเภทว่ายน้ำ ขี่จักรยาน และวิ่ง ซึ่งการลดลงของเซลล์เม็ดเลือดแดงนี้อาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณฮีมาโตคริต และปริมาณฮีโมโกลบินลดลงไปได้ด้วย ซึ่ง Moosavizademonir (2011) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายในช่วงเวลาที่กำหนดของนักกีฬาหญิง อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเลือดได้โดยให้นักกีฬาออกกำลังกายแบบแอโรบิก เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยการวิ่งที่ความหนักที่ 60-65% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองเป็นเวลา 40 นาที 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายแล้วปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ปริมาณฮีโมโกลบิน และปริมาณฮีมาโตคริตลดลงอย่างมีมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับปริมาณฮอร์โมนอิริทโทรโพอิตินนั้น Bodary, Pate, Wu & Mcmilan (1999) ได้ทำการศึกษาที่เกี่ยวกับการออกกำลังโดยด้ำการทดลองกับนักกีฬาวิ่งระยะทางไกล โดยให้นักกีฬาออกกำลังกายแบบหนักสลับกับการออกกำลังกายแบบปานกลางและพัก การออกกำลังกายแบบหนักประกอบด้วยการออกกำลังกายวิ่ง 60 นาทีสลับกับการวิ่ง 5 นาทีที่ความหนัก 90% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด สลับการเดินเร็ว 5 นาที การออกกำลังกายระดับปานกลางประกอบด้วยการวิ่ง 60 นาที บนลู่วิ่งกลที่ 60% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะถูกเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง จากการศึกษา พบว่า การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา ที่ความหนักสูงไม่มีผลกระทบต่อปริมาณฮอร์โมนอิริทโทรโพอิตินในนักวิ่งระยะไกล

สรุปการออกกำลังกายมีส่วนในการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีมาโตคริต ปริมาณฮีโมโกลบินถึงแม้ว่าปริมาณฮอร์โมนอิริทโทรโพอิตินจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

5. สภาพแวดล้อมของพื้นที่สูง

ในการศึกษาเรื่องความสูงนั้นในช่วงแรก ๆ ของการศึกษาจะเป็นเรื่องของสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากกว่าสภาพของความกดอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อขึ้นไปอยู่บนพื้นที่สูง ซึ่งการศึกษาสภาวะความกดอากาศได้ปรากฏเด่นชัดในช่วงราวศตวรรษที่ 16 เมื่อมีการพัฒนาเครื่องมือวัดความกดอากาศโดยใช้ปรอทเป็นธาตุแทนการใช้น้ำซึ่งทำให้การวัดความกดอากาศมีความเที่ยงตรงยิ่งขึ้น โดยปรกติแล้วความกดอากาศหรือความดันบรรยากาศรวมจะเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเป็นความกดอากาศบนพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลและโดยทั่วไปแล้วเมื่อเรากล่าวถึงสภาพร่างกายหรือสภาพทางสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลงขณะที่อยู่หรือทำกิจกรรมใด ๆ จะหมายถึงบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลหรือที่ความกดอากาศ 760 มิลลิเมตรปรอทที่กล่าวข้างต้น แต่เมื่อความกดอากาศเปลี่ยนแปลงไป เช่น การขึ้นไปอยู่บนที่สูงความดันย่อยของก๊าซแต่ละชนิดก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยเฉพาะเมื่อความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนต่ำลงจะทำให้ความสามารถในการออกกำลังกายถูกจำกัดลงด้วย การขึ้นไปอยู่บนที่สูงจะมีผลต่อร่างกายมนุษย์สาเหตุมาจากความกดอากาศของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำลง ซึ่งได้มีการค้นพบสาเหตุนี้ในช่วงปลายปี 1,800 และต่อมาได้มีการค้นพบผลกระทบของความกดอากาศออกซิเจนที่ต่ำลงซ้ำอีก ในห้องปฏิบัติการของกองทัพสหรัฐอเมริกา โดยสถาบันเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยใช้ชื่อการทดลองว่า “ปฏิบัติการเอเวอเรส 2” โดยความสูงที่เป็นข้อโต้แย้งและใช้สำหรับการทดลองนั้นจะใช้ความสูงตั้งแต่ 1,500 เมตรขึ้นไป เพราะพบว่าผลกระทบ ในทางสรีรวิทยาที่มีต่อความสามารถนั้นมีน้อยมาก เมื่อความสูงต่ำกว่า 1,500 เมตร(Wilmore, Costill & Kenney, 2008)

6. ความดันบรรยากาศบนพื้นที่สูง

ความดันบรรยากาศที่ต่าง ๆ บนโลกหมายถึงน้ำหนักของอากาศในบรรยากาศที่อยู่เหนือจุด หรือบริเวณที่นั้น ๆ ซึ่งปรกติแล้วที่ระดับน้ำทะเลจะเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท และจุดที่อยู่สูงที่สุดบนพื้นโลกคือยอดเขาเอเวอเรส 8,848 เมตร และจะมีความดันบรรยากาศที่ 255 มิลลิเมตรปรอท ถึงแม้ว่าความดันบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงไปแต่เปอร์เซ็นต์ของก๊าซในอากาศที่เราหายใจก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ที่ระดับน้ำทะเลจนถึงพื้นที่ความสูงที่ ๆ ต้องการศึกษา ในทุก ๆ พื้นที่ความสูง บรรยากาศทั่วไปจะประกอบด้วย ออกซิเจนร้อยละ 20.93 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.03 และ 79.04 เป็นก๊าซไนโตรเจน

ถึงแม้เปอร์เซ็นต์ของก๊าซในอากาศไม่เปลี่ยนแปลงแต่เมื่อความดันอากาศรวมเปลี่ยนแปลงไปด้วยความสูง ความดันย่อยของก๊าซแต่ละชนิดก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยเฉพาะความดันของก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนก๊าซที่ปอดและการขนส่งออกซิเจนโดยเลือดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

7. อุณหภูมิบนพื้นที่สูง

จากที่กล่าวข้างต้นเป็นที่ชัดเจนว่าความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำลง จะมีผลต่อสรีรวิทยาการออกกำลังกายอย่างมาก แต่ก็มีสภาพแวดล้อมอื่นอีก เช่น อุณหภูมิจะมีผลต่อการออกกำลังกายด้วยเช่นกัน เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น 150 เมตร อุณหภูมิจะลดลง 1 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่ออุณหภูมิลดลงจะมีผลต่อความชื้น ความเร็วลม ซึ่งเป็นอุปสรรคและมีผลกระทบต่อการออกกำลังกายอย่างเห็นได้ชัด

การอยู่บนพื้นที่สูงที่มีผลต่อร่างกายทางด้านสรีรวิทยา

การอยู่บนพื้นที่สูงจะมีผลต่อร่างกายทางด้านสรีรวิทยา ดังต่อไปนี้

1. ระบบหายใจ

ก๊าซออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกายตั้งแต่การนำก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย การขนส่งออกซิเจนจากปอดโดยเลือดไปสู่กล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน ทุกขั้นตอนหรือระบบการทำงานที่สมบูรณ์เท่านั้นที่จะทำให้ความสามารถในการออกกำลังกายหรือ การทำงานของกล้ามเนื้อไม่เกิดการติดขัดหรือความสามารถถูกจำกัดได้ ขณะขึ้นไปอยู่บนพื้นที่สูง ความถี่ของการหายใจจะเพิ่มขึ้นภายในเวลาไม่กี่วินาที ทั้งขณะพักหรือขณะออกกำลังกาย สาเหตุเพราะเมื่อขึ้นไปอยู่บนพื้นที่สูง ความดันออกซิเจนจะต่ำและจะไปกระตุ้น Aortic arch และ Corotid arteries แล้วสัญญาณจะถูกส่งไปที่สมอง เพื่อเพิ่มความถี่การหายใจ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การแพร่กระจายของก๊าซออกซิเจน

ในขณะพักการแพร่กระจายของก๊าซออกซิเจนจากถุงลมปอดไปสู่เส้นเลือดแดงไม่ได้ถูกจำกัดในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ถ้าการแลกเปลี่ยนก๊าซถูกจำกัด ปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปในเลือดจะน้อยลง ทำให้ความดันของก๊าซออกซิเจนของเส้นเลือดแดงต่ำกว่าความดันของออกซิเจนในถุงลมปอด ซึ่งตามปรกติแล้วปริมาณออกซิเจนทั้ง 2 ส่วนจะมีค่าเท่ากัน ดังนั้นค่าความดันต่ำของก๊าซออกซิเจนในเส้นเลือดแดงจะเป็นตัวสะท้อนโดยตรงของค่าความดันต่ำของก๊าซออกซิเจนในถุงลมปอดด้วย และการแพร่กระจายของก๊าซออกซิเจนจากปอดไปสู่เลือดจะไม่ถูกจำกัดด้วย

3. การขนส่งก๊าซออกซิเจนและการส่งออกซิเจนสู่เนื้อเยื่อ

ออกซิเจนถูกขนส่งโดยเลือดซึ่งเป็นการจับไปกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงประมาณร้อยละ 98 หรือละลายไปกับน้ำเลือดประมาณร้อยละ 2 ประมาณ 3 มิลลิลิตรของออกซิเจนจะถูกละลายไปกับน้ำเลือด 1 ลิตร ซึ่งพอจะประมาณได้ว่าน้ำเลือด 3 ถึง 5 ลิตร จะสามารถขนส่งออกซิเจนไปได้เพียง 9 ถึง 15 มิลลิลิตรเท่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการขนส่งด้วยน้ำเลือดนี้จะทำให้ร่างการมีหรือใช้ออกซิเจนได้ไม่เพียงพอ เพราะขณะร่างกายไม่ทำงาน (ขณะพัก) ร่างกายจะต้องการออกซิเจนถึง 250 มิลลิลิตรต่อนาทีแล้ว (ขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายด้วย) แต่ฮีโมโกลบินที่มีอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดแดงจะเป็นตัวช่วยให้การขนส่งออกซิเจนเพียงพอได้โดยการจับของออกซิเจนและฮีโมโกลบิน ซึ่งออกซิเจนจะจับไปกับฮีโมโกลบิน ในรูปแบบออกซีฮีโมโกลบินโดยโมเลกุลของฮีโมโกลบิน 1 โมเลกุล สามารถจับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล

การจับตัวของออกซิเจนกับฮีโมโกลบินนั้นจะขึ้นอยู่กับความดันอากาศย่อยของออกซิเจน (PO_2) ในเลือด ความแข็งแรงของการจัดและแรงดึงดูดกันของออกซิเจนและฮีโมโกลบินด้วย ในคนทั่วไปถ้าร่างกายมีความเข้มข้นของฮีโมโกลบินต่ำ จะทำให้ความสามารถในการนำออกซิเจนไปสู่ส่วนต่าง ๆ ลดลงด้วย ซึ่งในเลือด 100 มิลลิลิตร จะมีฮีโมโกลบิน 14-18 กรัม แต่ละกรัมจะนำออกซิเจนไปได้ประมาณ 1.34 ลิตร โดยเฉพาะในขณะทำกิจกรรมหรือการออกกำลังกาย การนำออกซิเจนไปสู่ส่วนต่าง ๆ จะถูกจำกัด ซึ่งทำให้ความสามารถในการทำกิจกรรมถูกจำกัดลงไปด้วย

โดยที่กล่าวข้างต้นถ้าร่างกายมีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงมาก จะมีปริมาณฮีโมโกลบินมากไปด้วย ซึ่งจะทำให้การนำออกซิเจนไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่กำลังทำงานได้อย่างเพียงพอและไม่ถูกจำกัดด้านความสามารถ

งานวิจัยการฝึกบนที่สูง

1. งานวิจัยในประเทศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชัยสิทธิ์ ภาวิลาศ และคณะ (2533) ศึกษาวิจัยระดับฮีโมโกลบิน ปริมาตรเม็ดเลือดอัดแน่น จำนวนเม็ดเลือดแดง จำนวนเรติคูโลซัยต์และดัชนีของเลือดของนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลางและระยะไกล พบว่าความเข้มของฮีโมโกลบินของนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลางและระยะไกล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติรวมถึงปริมาตรเม็ดเลือดอัดแน่น และจำนวนเม็ดเลือดแดง ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน จากงานวิจัยแสดงว่าการฝึกซ้อมนักกีฬาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนเม็ดเลือดแดงในนักกีฬา

ชัยสิทธิ์ ภาวิลาศ และคณะ (2544) ศึกษาผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร ต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความสมบูรณ์ทางกายของนักกีฬากรีฑาชายทีมชาติจำนวน 16 คน ที่มีอายุระหว่าง 21-32 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ตามระยะวิ่งแข่งขัน (กลุ่มที่ 1 ระยะวิ่ง 5-10 กม. และกลุ่มที่ 2 ระยะวิ่งมากกว่า 10 กม.) ก่อนขึ้นและหลังจากฝึกซ้อมบนดอยอินทนนท์ ประมาณ 3-5 วัน นักกีฬาทุกคนเข้าร่วมทดสอบการทำงานของปอด สมรรถภาพการทำงานแบบอนากาศนิยม (ไม่ใช้ออกซิเจน) และการใช้ออกซิเจนสูงสุด ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องมือระบบไอโซไคเนติค (Cybex 6000) และเจาะเลือดเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงโลหิตวิทยา รวมถึงการตรวจระดับแลคแตทในเลือดของนักกีฬาขณะทดสอบด้วยการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงานที่ 250 วัตต์ ในการฝึกซ้อม ณ บ้านพักอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์เฉลี่ย 2-4 ชม. ต่อวัน และ 6 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ผลของการวิจัยพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจของนักกีฬาก่อนขึ้นฝึกซ้อมนั้น กลุ่มที่ 2 (X±SE; 61.66±2.17 มล./ นาที/ กก.) มีค่ามากกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากกลุ่มที่ 1 (56.61±1.30 มล./ นาที/ กก.) และหลังฝึกซ้อมบนที่สูงพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ของกลุ่มที่ 1 เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.40 และกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.17 ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าระดับแลคแตทในเลือดที่ระดับงาน 250 วัตต์ นี้มีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 กลุ่ม รวมทั้งค่าความจุปอดและปริมาณการหายใจออกเร็วที่สุดภายใน 1 วินาที (FEV) ของกลุ่มที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการวิเคราะห์จำนวนเม็ดเลือดแดงร้อยละของเรติคูโลซัยต์ และความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเลือด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของทั้ง 2 กลุ่มนอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากฝึกซ้อมบนดอยอินทนนท์จะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และพลังงานกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกัน สรุปการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าการฝึกซ้อมบนดอยอินทนนท์ที่ระดับความสูง 1,300 เมตร เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จะส่งผลในการเพิ่มความสมบูรณ์ทางกายของนักวิ่งระยะไกล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมิทธิเดช โม่งประณีต และคณะ (2551) ศึกษาผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลไม่ต่ำกว่า 1,000 เมตร ที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาโรงเรียนกีฬาขอนแก่นที่ระดับอายุ 16-18 ปี ซึ่งใช้การวิจัยเชิงทดลองออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมโดยคณะผู้วิจัย มุ่งศึกษาผลของสมรรถภาพทางกายนักกีฬาในการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายจำนวน 42 คนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 19 คน และกลุ่มควบคุม 23 คน กลุ่มทดลองให้เข้ารับการฝึกบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร และกลุ่มควบคุมฝึกซ้อมบนที่ราบตามปกติเป็นเวลา 28วัน ผลการทดลองพบว่านักกีฬาที่ได้รับการฝึกซ้อมบนที่สูงมีระดับสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกและแบบแอโรบิกดีกว่ากลุ่มควบคุมฝึกบนที่ราบและมีจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Levine and Gundersen (1992) ศึกษาการอยู่บนที่สูงและฝึกซ้อมที่ต่ำ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งระยะไกล จำนวน 19 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยวิธีการสุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 อยู่และฝึกซ้อมบนที่สูง 2,500-3,000 เมตร กลุ่มที่ 2 อยู่และฝึกซ้อมที่ระดับ 1,200 เมตรเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ อัตราการเต้นของหัวใจจะถูกบันทึกไว้ในแต่ละช่วงการฝึก ปริมาณออกซิเจนที่หายใจเข้า ปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่ปอดขณะหายใจ และกรดแลคติกจะถูกวัดสลับกันในการฝึกเพื่อให้แน่ใจว่าความหนักของการฝึกซ้อมของทั้ง 2 กลุ่ม เท่ากันกลุ่มตัวอย่างจะถูกทดสอบโดยการวิ่ง 150 เมตร และ 3,000 เมตร ผลของสมรรถนะและทางสรีรวิทยามีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน โดยการตอบสนองทางสรีรวิทยากลุ่มฝึกที่ระดับน้ำทะเลจะมีผลดีกว่ากลุ่มที่สูง สรุปผลการฝึกซ้อมบนที่สูงระหว่าง 2,500-3,000 เมตร ไม่ทำให้เกิดความได้เปรียบหรือดีกว่ากลุ่มฝึกที่ระดับน้ำทะเล เมื่อทำการฝึกซ้อมที่ความหนักเท่ากันกับการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเลในการทดสอบโดยการวิ่ง

Levine and Gundersen (1997) ศึกษาผลของการอยู่บนที่สูงและฝึกซ้อมที่ระดับต่ำกว่าที่มีต่อสมรรถนะของร่างกายที่ระดับความสูงปานกลาง 2,500 เมตร และฝึกซ้อมที่ระดับ 1,250 เมตร (อยู่ที่สูง ฝึกซ้อมที่ต่ำ) จะพัฒนาสมรรถนะร่างกายที่ระดับน้ำทะเลของนักวิ่งที่ได้รับการฝึกมาอย่างดี ได้มากกว่านักกีฬาที่ฝึกเฉพาะที่ระดับน้ำทะเลหรือในที่ที่ควบคุมความสูงให้อยู่ในระดับเดียวกัน นักวิ่งจำนวน 39 คน (ชาย 27 คน หญิง 12 คน) ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งโดยการสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 13 คน คือ กลุ่มที่ 1 อยู่ที่สูงและฝึกซ้อมที่ต่ำกว่า (2,500-1,250 เมตร) กลุ่มที่ 2 อยู่และฝึกซ้อมที่ระดับความสูงเดียวกันคือ 2,500 เมตร และกลุ่มที่ 3 อยู่และฝึกซ้อมที่ระดับความสูง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

150 เมตร ในการวัดสมรรถนะทางร่างกายจะใช้การวิ่ง 5,000 เมตร เป็นตัววัด สำหรับการวัดในห้องปฏิบัติการนั้นจะทำการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระบบแอนแอโรบิก และส่วนประกอบของเลือด ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่อยู่บนที่สูงทั้ง 2 กลุ่ม มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งกลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลง กลุ่มอยู่ที่สูง ฝึกซ้อมที่ต่ำ มีการพัฒนาเวลาในการวิ่ง 5 กิโลเมตรดีขึ้นซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงในการพัฒนา อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยการวิ่งที่ความเร็วขณะใช้ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก็พัฒนาขึ้นในกลุ่มอยู่ที่สูงและ ฝึกซ้อมที่ต่ำ เช่นเดียวกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเวลา 4 สัปดาห์ ของการอยู่ที่สูงและฝึกซ้อมที่ต่ำสามารถพัฒนาการวิ่งและคงสภาวะความเร็วขณะใช้อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ที่ระดับน้ำทะเลได้

Rusko, Kirvesniemi, Paavolainen, Vahasoyrinki and Kyro (1996) ศึกษาผลของการฝึกซ้อมบนที่สูงที่มีต่อพลังงานแอโรบิก และแอนแอโรบิก ที่ระดับน้ำทะเลในนักกีฬาระดับสูง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เป็นนักสกี 14 คน ฝึกซ้อมและแข่งขันบนที่สูงระหว่าง 1,600-1,800 เมตร เป็นเวลา 18 ถึง 28 วัน และอีกกลุ่มเป็นนักสกีจำนวน 7 คน ฝึกซ้อมและแข่งขันที่ระดับน้ำทะเล สรุปได้ว่านักกีฬาระดับสูงทำการทดสอบที่ระดับน้ำทะเล มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่เปลี่ยนแปลง และพลังงานแอนแอโรบิกลดลงหลังจากสิ้นสุดการฝึกซ้อมที่ความสูงระดับปานกลาง ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าอาจจะเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความเครียดและการลดลงของความหนักในการฝึกซ้อมขณะอยู่บนที่สูง ซึ่งการฝึกซ้อมบนที่สูงไม่ตอบสนองและไม่ทำให้ประสิทธิภาพทางด้านสรีรวิทยาเพิ่มขึ้นด้วยการทดสอบพลังงาน แอนแอโรบิก หรือการขนส่งออกซิเจนของร่างกาย ดังนั้นการฝึกซ้อมบนที่สูงจึงไม่มีประโยชน์ สำหรับนักกีฬาระดับสูง

Telford et al. (1996) ศึกษาการฝึกซ้อมบนที่สูงระดับปานกลางที่มีต่อสมรรถนะที่ระดับน้ำทะเล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งชายระดับสูง จำนวน 18 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 จะอยู่และฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเล กลุ่มที่ 2 จะอยู่และฝึกซ้อมบนที่สูงซึ่งถูกกำหนดตารางการฝึกซ้อมให้สอดคล้องกับการทดสอบพลังงานแอโรบิก สำหรับกลุ่มฝึกซ้อมบนที่สูงจะอยู่และฝึกซ้อมที่ระดับ 1,700 – 2,000 เมตร หลังจาก 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มฝึกซ้อมบนที่สูงไม่ได้เปรียบกลุ่มฝึกที่ระดับน้ำทะเล เมื่อทำการทดสอบด้วยการวิ่ง 3.2 กิโลเมตร สรุปการศึกษานี้ถูกควบคุมอย่างระมัดระวังและมีนักกีฬาชั้นนำเข้ามามีส่วนร่วมด้วย แต่ไม่มีการนำเสนอข้อมูลถึงประโยชน์ของการฝึกซ้อมบนที่สูงระดับปานกลาง

Dehnert et al. (2002) ศึกษาระดับของฮอร์โมนอิริทโทรโพอิติน และความสามารถหลังจากการอยู่บนที่สูงและฝึกซ้อมในที่ที่ต่ำกว่าของนักกีฬาไตรกีฬาที่ได้รับการฝึกเป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แล้วเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ที่มีผลต่อการเล่นกีฬาที่พื้นที่ระดับน้ำทะเลโดยเปรียบเทียบกับอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่มีความหนักของการฝึกซ้อมเท่ากันภายใต้การควบคุมของโปรแกรมการฝึกซ้อมเดียวกันผลการทดลองพบว่าฮอร์โมนอีริทโทรโพอีตินมีความเข้มข้นขึ้น แต่ปริมาณฮีโมโกลบิลไม่เปลี่ยนแปลง

Truijens, Toussaint, Dow and Levine (2003) ทำการวิจัยเรื่องผลของการฝึกซ้อมในสภาวะพร่องออกซิเจนที่มีผลต่อสมรรถนะการว่ายน้ำที่ระดับน้ำทะเล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำระดับมหาวิทยาลัยและนักกีฬาว่ายน้ำระดับสูงจำนวน 16 คน เป็นชาย 10 คน และหญิง 6 คน เข้าโปรแกรมการฝึกซ้อมเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ช่วงการฝึกซ้อมจะเสริมด้วยความหนักของงานที่ระดับปานกลางหรือต่ำในแต่ละสัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งและจัดกลุ่มให้เหมาะสมกับเพศ ระดับความสามารถ ประวัติการฝึกซ้อม และได้ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มในสภาวะพร่องออกซิเจน หรือกลุ่มสภาวะออกซิเจนปกติ การวัดสมรรถนะขั้นต้นโดยการว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตรและ 400 เมตร อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และพลังงานแอโรบิก จะถูกวัดในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าการว่ายน้ำ 100 เมตร และ 400 เมตร มีการพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม

Heinice, Heinicke, Schmidt and Wolfarth (2005) ศึกษาเรื่องการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติบนที่สูง 2,050 เมตร สามารถเพิ่มมวลฮีโมโกลบิน ปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง และการเปลี่ยนแปลงปริมาณของฮอร์โมนอีลิทโทรโพอิติน ในนักกีฬาชั้นนำชนิดความอดทนได้ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน เป็นนักกีฬาชาย 6 คน และนักกีฬาหญิง 4 คน ทำการฝึกซ้อมบนที่สูงเป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณฮอร์โมนอีริทโทรโพอิตินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของฮีโมโกลบินและปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยมีข้อแนะนำคือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เพิ่มขึ้นและช่วงระยะเวลาการเข้าแข่งขันที่ระดับน้ำทะเลต้องกำหนดให้แน่นอนตรงตามเวลา

Rods, Hellard, Schmitt and Robach (2006) ทำการวิจัยเรื่องผลของการอยู่และฝึกซ้อมบนที่สูงที่ระดับ 1,200 เมตร มีผลมากกว่าที่ระดับ 1,850 เมตร หรือระดับน้ำทะเลในด้านทักษะและประโยชน์ด้านโลหิตวิทยาจุดประสงค์ของการวิจัยเมื่อเปรียบเทียบผลของการอยู่และฝึกซ้อมบนที่สูงในระดับที่แตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอย่างดี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาทีมชาติว่ายน้ำ ฝึกซ้อมและอยู่ที่ระดับความสูง 1,200 เมตร เป็นเวลา 13 วัน แล้วลงมาอยู่ที่ระดับน้ำทะเล 6 สัปดาห์ จากนั้นขึ้นไปฝึกซ้อมและอยู่ที่ระดับความสูง 1,850 เมตร อีก 13 วัน ผลการวิจัยพบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม การทดสอบ ว่ายน้ำระยะทาง 2,000 เมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กลุ่มที่ฝึกซ้อมระดับความสูง 1,200 เมตร มีการพัฒนาขึ้น แต่อัตราส่วนของเซลล์เม็ดเลือดแดงอ่อนลดลง โดยกลุ่มที่ฝึกซ้อมระดับ 1,850 เมตร เซลล์เม็ดเลือดแดงอ่อนมีปริมาณเพิ่มขึ้น

Wehrlin, Zuest, Hallen and Marti (2006) ศึกษาการอยู่บนที่สูงและฝึกซ้อมที่ต่ำในนักกีฬาระดับสูงชนิดความอดทน โดยทำการศึกษานักกีฬา 2 กลุ่ม ในกลุ่มทดลองเป็นนักกีฬาทีมชาติจำนวน 10 คน โดยอยู่บนที่สูงที่ระดับ 2,500 เมตร วันละ 18 ชั่วโมง และทำการฝึกซ้อมที่ระดับความสูง 1,800 เมตร และ 1,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล เป็นเวลา 24 วัน กลุ่มควบคุมเป็นนักกีฬาสกี จำนวน 7 คน ทำการฝึกซ้อมที่ระดับน้ำทะเล ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่อยู่บนที่สูงมีปริมาณฮีโมโกลบิลและเซลล์เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ปริมาณฮอร์โมนอีริทโทรโพอิติน และปริมาณฮีมาโตคริตเพิ่มขึ้น กลุ่มควบคุมไม่มีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงของรายงานการวิจัยนี้สอดคล้องกับการเพิ่มการใช้ออกซิเจนสูงสุด และยังสามารถเพิ่มความเร็วในการวิ่ง 5,000 เมตร ด้วย (เวลาลดลง) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจช่วยให้ความสามารถและความอดทนของนักกีฬาระดับสูงเพิ่มขึ้น

ผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ได้รวบรวมไว้ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าการฝึกซ้อมบนที่สูงจะมีประโยชน์ต่อร่างกายและสามารถพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ช่วยให้นักกีฬาประสบผลสำเร็จในการเล่นกีฬาหรือไปถึงเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้หรือไม่ ด้วยเหตุผลและบทสรุปจากรายงานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาการฝึกซ้อมบนที่สูงระดับ 1,520 เมตร เป็นเวลา 28 วันว่าจะส่งผลต่อสมรรถนะเชิงแอโรบิก แอนแอโรบิกและความสามารถในการพายเรือของนักกีฬาเรือพายหรือไม่ อย่างไร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University