

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาว่า วิธีการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานจะสามารถพบความแตกต่างของความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่ปกติและมากเกินปกติ เหมือนดังที่พบในการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุดหรือไม่ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถสรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ได้ ดังนี้

1) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 37 ปี โดยอาศัยเกณฑ์ความดันเลือดขณะพัก และความดันเลือดขณะออกกำลังกาย แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปกติ จำนวน 37 คน กลุ่มเสี่ยง จำนวน 15 คน และกลุ่มความดันเลือดสูง จำนวน 14 คน โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งสามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอายุ คชนิยมวลกาย และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด แสดงว่าความแตกต่างของความดันเลือดขณะออกกำลังกายระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสามที่พบในการศึกษานี้ไม่ได้เป็นผลมาจากการมีลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน

2) กลุ่มความดันเลือดสูง มีค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดซิสโตลิก และความดันเลือดไดแอสโตลิก มากกว่ากลุ่มปกติตลอดทั้งการทดสอบอัตราการออกกำลังกายสูงสุด และการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน โดยมีอัตราการเต้นหัวใจมากกว่ากลุ่มปกติเล็กน้อย ไม่มี

4) ความดันเลือดซิสโตลิกขณะทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุดและทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน มีความสัมพันธ์กับความหนักของงานในระดับดีมาก ($r = 0.90-0.92$; $r^2 = 0.81-0.85$) และมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นหัวใจในระดับดี ($r = 0.83-0.86$; $r^2 = 0.69-0.75$) สามารถนำสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการทำนายได้

5) ความดันเลือดไดแอสโตลิกขณะทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุดและทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน มีความสัมพันธ์กับความหนักของงาน และอัตราการเต้นหัวใจในระดับต่ำ ($r = 0.34-0.58$; $r^2 = 0.12-0.24$ และ $r = 0.15-0.57$; $r^2 = 0.18-0.37$ ตามลำดับ) ไม่สามารถนำสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการทำนายได้

6) ความชันของกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับอัตราการเต้นหัวใจ และระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับความหนักของงาน ที่บันทึกได้ขณะทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน ของกลุ่มเสี่ยงมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มความดันเลือดสูง (1.13 กับ 1.12 และ 0.64 กับ 0.58 ตามลำดับ) แต่มีค่ามากกว่ากลุ่มปกติ (1.13 กับ 0.66 และ 0.64 กับ 0.4 ตามลำดับ)

7) ความชันของกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับอัตราการเต้นหัวใจ และระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับความหนักของงาน ในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานกับการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด

8) ความดันเลือดซิสโตลิกที่วัดได้จากการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาที่ที่ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณ อัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นระหว่างค่าจากการทดสอบทั้งสอง มีค่าเท่ากับ 0.9545

9) ความดันเลือดไดแอสโตลิกที่วัดได้จากการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาที่ที่ 6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณ จุดที่อัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นระหว่างค่าจากการทดสอบทั้งสอง มีค่าเท่ากับ 0.6574

10) ค่าเฉลี่ย ± 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความดันเลือดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาที่ที่ 6 ในกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 194/104 มม.ปรอท

11) ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความหนักของงานสูงสุดและความหนักของงาน เมื่อสิ้นสุดการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน ในกลุ่มความดันเลือดสูง มีค่าน้อยกว่ากลุ่มปกติ และกลุ่มเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อภิปรายผล

แบ่งเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

- 1) ลักษณะโดยทั่วไปของการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดขณะออกกำลังกายที่พบในการศึกษาครั้งนี้
- 2) ลักษณะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย และความเป็นไปได้ในการใช้การทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน
- 3) กลไกทางสรีรวิทยาของการตอบสนองความดันเลือดมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย และข้อสันนิษฐานในการเชื่อมโยงไปสู่การเกิดโรคความดันเลือดสูง

ลักษณะโดยทั่วไปของการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดขณะออกกำลังกายที่พบในการศึกษาครั้งนี้

โดยทั่วไปแล้วในคนปกติขณะออกกำลังกายแบบพลวัต ความดันเลือดซิสโตลิกจะเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ความดันเลือดไดแอสโตลิกคงที่หรือลดลงเล็กน้อย อันเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ sympathetic activity กับการลดลงของความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย [Bern และ Levy, 1993] ในการศึกษาครั้งนี้ในกลุ่มปกติพบว่า ค่าเฉลี่ยของความดันเลือดซิสโตลิกมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตลอดการทดสอบ ส่วนค่าความดันเลือดไดแอสโตลิกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และลดลงในบางช่วงของการทดสอบ แต่ค่าเมื่อสิ้นสุดการทดสอบจะมีค่ามากกว่าค่าขณะพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Franz [1982] และรายงานของ Wilson และคณะ [1990] ซึ่งทำการศึกษาโดยใช้การทดสอบด้วยจักรยานวัดงานเช่นเดียวกัน ขณะที่ Tabakin และคณะ [1967] และ Diln และคณะ [1983] มีรายงานว่าความดันเลือดไดแอสโตลิกมีค่าลดลงขณะทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุดโดยใช้ลู่วิ่ง (Treadmill) เป็นเครื่องมือทดสอบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดไดแอสโตลิกส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลาย ซึ่งขณะออกกำลังกายจะได้รับอิทธิพลจากปริมาณ metabolic vasodilator ในกล้ามเนื้อที่มีการทำงาน ดังนั้นความแตกต่างของลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดไดแอสโตลิกขณะออกกำลังกายดังกล่าวจึงเป็นผลมาจากการใช้วิธีการทดสอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือในการออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่วิ่ง จะมีการใช้กล้ามเนื้อมากกว่าการออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงาน ดังนั้นผลของการขยายหลอดเลือดจาก metabolic vasodilator ที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ทำงานจึงมีมาก สามารถลบล้างผลที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของ sympathetic activity ทำให้ความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายมีค่าลดลงมากกว่าขณะออกกำลังกายโดยการใช้อุปกรณ์วัดงาน ความดันไดแอสโตลิกจึงมีค่าลด

ลงขณะออกกำลังกายโดยใช้ลู่วิ่ง อย่างไรก็ตามในกลุ่มเสี่ยง และกลุ่มความดันเลือดสูง ค่าเฉลี่ยความดันเลือดไดแอสโตลิกขณะออกกำลังกายมีค่ามากกว่ากลุ่มปกติในทุกระดับงาน เป็นความผิดปกติที่พบในทุกรายงานที่ศึกษาเรื่องนี้[Franz,1982; Lebile และคณะ,1983; Wilson และคณะ,1983]

ลักษณะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกาย และความเป็นไปได้ในการใช้การทดสอบสมรรถภาพแบบออสทราน

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ มีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงด้วย การทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานที่ใช้จึงถูกคัดแปลงจากวิธีการเดิม ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจ ความดันเลือดซิสโตลิก ความดันเลือดไดแอสโตลิก และอัตราการใช้ออกซิเจนในนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 ของกลุ่มตัวอย่างเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรวัดการทำงานของระบบไหลเวียนเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่ ทั้งนี้วิธีทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานสามารถพบความแตกต่างของความดันเลือดในกลุ่มตัวอย่างทั้งสามได้ตั้งแต่นาทีแรกของการทดสอบ โดยถือการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มปกติเป็นเกณฑ์สามารถสรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงระบบไหลเวียนในกลุ่มตัวอย่างที่มีความดันเลือดตอบสนองผิดปกติต่อการออกกำลังกาย ที่พบในการศึกษาครั้งนี้ได้ดังนี้

1) ความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินไปในผู้ที่มีความดันเลือดสูงขณะพัก (กลุ่มความดันเลือดสูง):

ค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดซิสโตลิก และความดันเลือดไดแอสโตลิก มีค่ามากกว่ากลุ่มปกติตลอดการทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจมากกว่ากลุ่มปกติตลอดการทดสอบ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) เพื่อดูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความดันเลือด พบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับอัตราการเต้นหัวใจ และความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับความหนักของงาน มีค่ามากกว่ากลุ่มปกติ (1.12 กับ 0.65 และ 0.58 กับ 0.4 ตามลำดับ) ดังรูปที่ 4.8 และ 4.15 โดยที่ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นหัวใจกับความหนักของงานมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มปกติ (0.55 กับ 0.53) ดังรูปที่ 4.16 จากข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ว่าในผู้ที่เป็นความดันเลือดสูงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดซิสโตลิกขณะที่อัตราการเต้นหัวใจเปลี่ยนแปลงไปตามความหนักของงานที่เพิ่มขึ้น มีมากกว่ากลุ่มปกติ

กล่าวคือ ในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักของงานที่เท่ากันผู้ที่มีความดันเลือดสูงจะมีความดันเลือดซิสโตลิก และอัตราการเต้นหัวใจมากกว่าคนปกติ จึงเป็นข้อจำกัดทำให้ผู้ที่มีความดันเลือดสูงสามารถออกกำลังกายสูงสุดได้ในระดับความหนักของงานที่ต่ำกว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติ และในการศึกษาครั้งนี้ ก็พบว่าค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานความหนักของงานสูงสุดของกลุ่มความดันเลือดสูงมีค่าน้อยกว่ากลุ่มปกติและกลุ่มเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.05$)

2) ความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินไปในผู้ที่มีความดันเลือดขณะพักปกติ (กลุ่มเสี่ยง):

ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดซิสโตลิกและความดันเลือดไดแอสโตลิกเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ มีค่ามากกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจน้อยกว่ากลุ่มปกติตลอดการทดสอบ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยกว่ากลุ่มความดันเลือดสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่หน้าที่ที่ 2 ของการทดสอบ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับอัตราการเต้นหัวใจและความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับความหนักของงาน มีค่ามากกว่ากลุ่มปกติ(1.13 กับ 0.66 และ 0.64 กับ 0.4 ตามลำดับ) ดังรูปที่ 4.8 และ 4.15 แต่มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มความดันเลือดสูง (1.13 กับ 1.12 และ 0.64 กับ 0.58) โดยที่ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นหัวใจกับความหนักของงานมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มปกติ (0.50 กับ 0.53) ดังรูปที่ 4.16 จากข้อมูลนี้บ่งชี้ว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักแต่มีความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความดันเลือดซิสโตลิกขณะที่อัตราการเต้นหัวใจเปลี่ยนแปลงไปตามความหนักของงานที่เพิ่มขึ้น มีมากกว่ากลุ่มปกติ และคล้ายกับผู้ที่เป็นความดันเลือดสูง อย่างไรก็ตามความหนักของงานสูงสุดและความหนักของงานเมื่อสิ้นสุดการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานที่กลุ่มเสี่ยงทำได้ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มปกติ และมีค่ามากกว่ากลุ่มความดันเลือดสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการออกกำลังกายไม่ได้ลดลงจากการมีภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกาย แต่เป็นผลจากการมีอัตราการเต้นหัวใจมากกว่าปกติทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกายในผู้ที่เป็นความดันเลือดสูง

ลักษณะความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดดังที่กล่าวมา เป็นลักษณะที่พบเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดขณะออกกำลังกายสูงสุด เนื่องจากอัตราการเต้นหัวใจที่หน้าที่ที่ 6 ขณะการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานสามารถประเมิน

ค่าความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายได้เทียบเท่ากับการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด จึงนำค่าความดันเลือดที่วัดได้ขณะทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 กับค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณจุดที่อัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ มาวิเคราะห์ความแตกต่างและวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิกระหว่างค่าที่วัดได้ขณะทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 กับค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณจุดที่มีอัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ ในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบว่าค่าความดันเลือดซิสโตลิกจากการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 กับค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณ จุดที่มีอัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ มีความสามารถจำลองแบบกันในระดับที่ดีมาก (excellent reproducibility) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของค่าความดันเลือดซิสโตลิกเท่ากับ 0.9545 ส่วนค่าความดันเลือดไดแอสโตลิกจากการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 กับค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณจุดที่มีอัตราการเต้นหัวใจประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุ มีความสามารถจำลองแบบกันในระดับที่ดี (good reproducibility) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของค่าความดันเลือดซิสโตลิกเท่ากับ 0.6574 ทั้งนี้ค่าเฉลี่ย ± 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความดันเลือดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 ในกลุ่มปกติ มีค่าเท่ากับ 194/104 มม.ปรอท จากข้อมูลดังกล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 สามารถใช้ประเมินภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกายได้ โดยอาจใช้ค่าความดันเลือดมากเกินไป 200/100 มม.ปรอท ที่นาทิตี 6 ของการทดสอบเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

เนื่องจากวิธีการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานนาทิตี 6 จะกำหนดความหนักของงานโดยพิจารณาจาก อายุ เพศ และระดับสมรรถภาพทางกาย [Rid และ Thomson ,1988] เป็นไปได้ที่การใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกายโดยใช้ค่าความดันเลือดคงที่ค่าใดค่าหนึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการประเมิน ซึ่งเป็นผลจากการใช้ความหนักของงานที่ไม่เหมาะสมกับบุคคลนั้นๆ จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง พบว่าค่าความดันเลือดซิสโตลิกมีความสัมพันธ์กับความหนักของงานในระดับดีมาก ($r = 0.90-0.92$) และมีค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ 1 ($r^2 = 0.81-0.85$) แสดงว่าความหนักของงานมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดซิสโตลิกเป็นอย่างมาก และมีแนวโน้มสมการของความสัมพันธ์อยู่ในแนวเส้นตรง จึงเป็นไปได้ว่าจะ

นำสมการถดถอยเชิงเส้นตรงมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย โดยการนำค่าจริงที่วัดได้ขณะทำการทดสอบ มาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรงของกลุ่มปกติ หากค่าที่วัดได้จริงมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ แสดงว่าบุคคลนั้นมีความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายปกติ แต่ถ้ามีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้มากกว่า 15 มม.ปรอท (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดันเลือดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบในกลุ่มปกติ) แสดงว่าบุคคลนั้นมีความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย โดยสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างความดันเลือดซิสโตลิกกับความหนักของงานของกลุ่มปกติ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คือ $y = 122.22 + 0.4x$ เมื่อ $y =$ ความดันเลือดซิสโตลิก, $x =$ ความหนักของงาน, 122.22 เป็นค่าคงที่เมื่อความหนักของงานเท่ากับศูนย์ ซึ่งเท่ากับค่าความดันซิสโตลิกขณะพัก และ 0.4 หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันเลือดซิสโตลิกเมื่อความหนักของงานเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย จึงสามารถเขียนเป็นสมการเพื่อนำไปใช้ได้ คือ ความดันเลือดซิสโตลิกขณะออกกำลังกาย = ความดันเลือดซิสโตลิกขณะพัก + 0.4(ความหนักของงาน) ซึ่งสมการนี้อาจจะสามารถนำไปใช้ในการทดสอบด้วยการออกกำลังกายแบบอื่นได้อีก

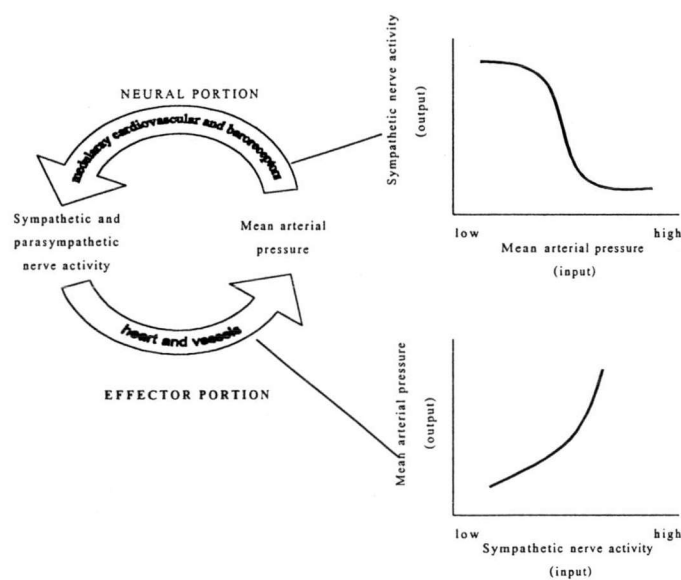
สำหรับความดันเลือดไดแอสโตลิกที่เปลี่ยนแปลงไปขณะออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นหัวใจและความหนักของงานในระดับต่ำ ($r=0.37-0.57$) มีการกระจายของข้อมูลเป็นอย่างมาก สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ($r^2=0.14-0.33$) แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดไดแอสโตลิกขณะออกกำลังกายเป็นผลมาจากปัจจัยร่วมอย่างอื่นอีก จึงเป็นผลทำให้เกิดความแปรผันในการวัดแต่ละครั้ง ไม่มีความเหมาะสมในการนำสมการถดถอยเชิงเส้นมาใช้ และเป็นเหตุผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของความดันเลือดไดแอสโตลิกระหว่างค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายระดับสูงสุดและการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานมีค่าต่ำกว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของความดันเลือดซิสโตลิก

กลไกทางสรีรวิทยาของการตอบสนองความดันเลือดมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย และข้อสันนิษฐานในการเชื่อมโยงไปสู่การเกิดโรคความดันเลือดสูง

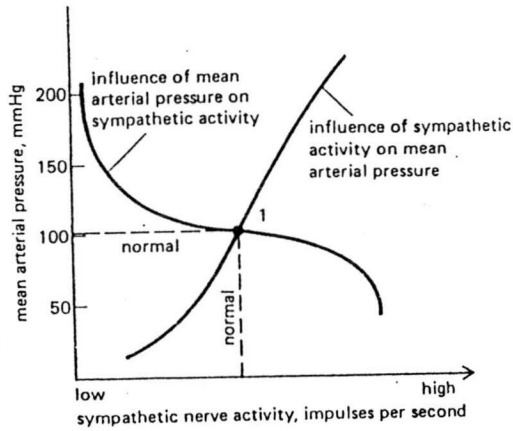
การออกกำลังกายเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาวะของร่างกายจากปกติ ไปสู่ภาวะที่มีความต้องการออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น ระบบไหลเวียนเลือดจึงต้องมีการปรับการทำงานเพื่อสนองความต้องการออกซิเจนของอวัยวะต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป การประเมินการทำงานของระบบไหลเวียนโดยใช้การทดสอบด้วยการออกกำลังกายจึงเป็นตัวแทนในการประเมินความสามารถในการสำรองการทำงานของ

ระบบไหลเวียนต่อความต้องการของร่างกายขณะที่มีการใช้ออกซิเจนในระดับสูงขึ้น ความดันเลือดเป็นดัชนีที่บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนที่สามารถตรวจประเมินได้ง่าย ดังนั้นภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปต่อการออกกำลังกายจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติในการตอบสนองของระบบไหลเวียนต่อสภาวะที่ร่างกายมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะบ่งชี้ถึงความผิดปกติในโครงสร้างของระบบไหลเวียนเลือด และ/หรือความบกพร่องในกลไกการควบคุมการทำงานเพื่อการตอบสนองต่อสภาวะที่เปลี่ยน อันจะนำไปสู่การเกิดภาวะความดันเลือดสูงที่ถาวรในอนาคตได้

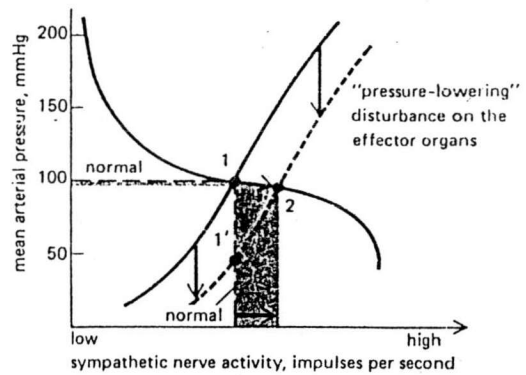
การเปลี่ยนแปลงความดันเลือดเป็นผลมาจากการปรับกลไกการควบคุมของระบบไหลเวียนเลือดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของร่างกายซึ่งมีกลไกหลายประการเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่การทดสอบด้วยการออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้เป็นสภาวะที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อความดันเลือดในระยะสั้น(acute) ดังนั้นกลไกที่ควบคุมการไหลเวียนเลือดที่มีความเกี่ยวข้องมากที่สุดควรจะเป็น arterial baroreceptor control system กล่าวคือในสภาวะพัก arterial baroreceptor control system จะมี set-point ของค่าความดันเลือดอยู่ในระดับหนึ่ง ซึ่งเกิดจากสมดุลจากการควบคุมผ่าน effector portion (หัวใจและหลอดเลือด) และ neural portion (arterial baroreceptor , afferent nerve fiber , medullary และ efferent nerve fiber) ดังรูปที่ 5.1 การรบกวนจากภายนอกต่อส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทั้งสองส่วนพร้อมกันจะมีผลทำให้ set-point เปลี่ยนไป[Mohrman และ Heller , 1996] ดังรูปที่ 5.2



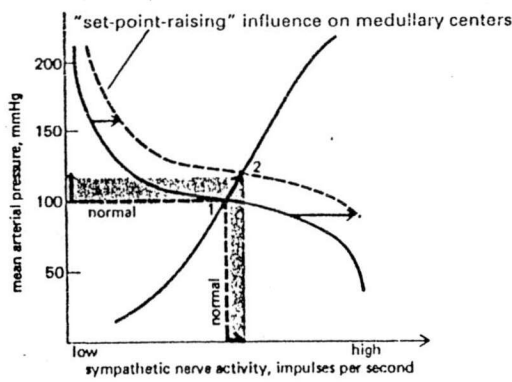
รูปที่ 5.1 neural portion และ effector portion ของ arterial baroreceptor control system [Mohrman และ Heller , 1996]



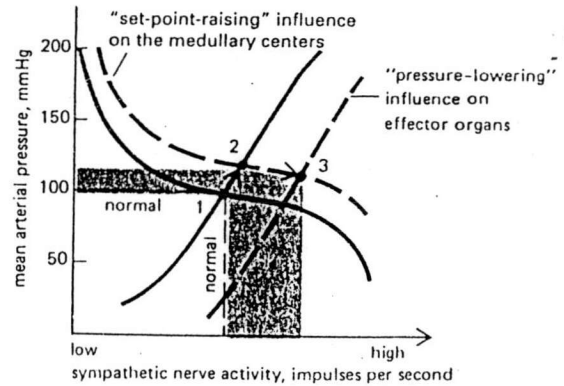
ก



ข



ค



ง

รูปที่ 5.2 แสดง set-point ของ arterial baroreceptor control system

ก. ภาวะสมดุลปกติ(normal equilibrium)

ข. ภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสมดุลเมื่อมีการรบกวน effector portion

ค. ภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสมดุลเมื่อมีการรบกวน neural portion

ง. ภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงสมดุลเมื่อมีการรบกวนทั้ง effector portion และ neural portion

[Mohrman และ Heller , 1996]

เมื่อเริ่มการออกกำลังกาย คำสั่งจาก cerebral cortex และการเพิ่ม chemoreceptor activity ในกล้ามเนื้อที่ทำงาน จะมีผลทำให้รับกดดันต่อ neural portion ของ arterial baroreceptor control system ทำให้ set-point ของความดันเลือดเพิ่มมากขึ้นมากกว่าขณะพัก ขณะเดียวกัน metabolic vasodilator ที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายจะมีผลทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) ในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายลดลง ความดันเลือดจึงลดลงมีผลลด firing rate ที่ arterial baroreceptor ซึ่งเป็นการรับกดดันต่อ effector portion ทำให้ set-point ถูกทำให้ลดลงต่ำกว่าการรับกดดัน คำสั่งจาก cerebral cortex ในครั้งแรก แต่ยังคงเป็น set-point ที่สูงกว่าขณะพัก ส่งผลให้ sympathetic activity ที่ออกจาก medullary cardiovascular center เพิ่มขึ้น parasympathetic activity ลดลง เป็นผลให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น แรงหดตัวเพิ่มขึ้น และ venous tone เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ปริมาณเลือดที่สูบน้ำออกจากหัวใจในแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าความดันเลือดเพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกาย ความดันเลือดขณะออกกำลังกาย จึงเป็นผลจากการปรับสมดุลใหม่ในการควบคุมระบบไหลเวียนภายหลังจากการรับกดดันทั้ง effector portion และ neural portion ของ arterial baroreceptor control system ดังนั้นภาวะความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินไป จึงน่าจะเกิดจากความผิดปกติที่ทำให้ set-point ที่เกิดจากการปรับสมดุลใหม่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่พบในคนทั่วไป ความผิดปกติเหล่านั้นอาจมีผลมาจาก :

- 1) มีความผิดปกติใน neural pathway ทั้งที่มาจาก cerebral cortex และ/หรือภายใน medullary cardiovascular center ทำให้ sympathetic activity ที่ออกจาก medullary cardiovascular center เพิ่มขึ้นมากกว่าในคนปกติ หรือ
- 2) การมี sensitivity ของ effector organ ต่อการกระตุ้น sympathetic activity ที่ออกจาก medullary cardiovascular center มากเกินไป หรือ
- 3) มีความบกพร่องของหลอดเลือดในการตอบสนองต่อ metabolic vasodilator ทำให้ความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายขณะออกกำลังกายลดน้อยลงกว่าปกติ ไม่สามารถลดล้างผลที่เกิดจากการกระตุ้น sympathetic activity ได้ หรือ
- 4) อาจเกิดจากการลดลงของความสามารถในการยืดขยายของหลอดเลือด (compliance) เมื่อความดันเลือดเพิ่มขึ้นอันเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของเลือดในแต่ละบุคคล

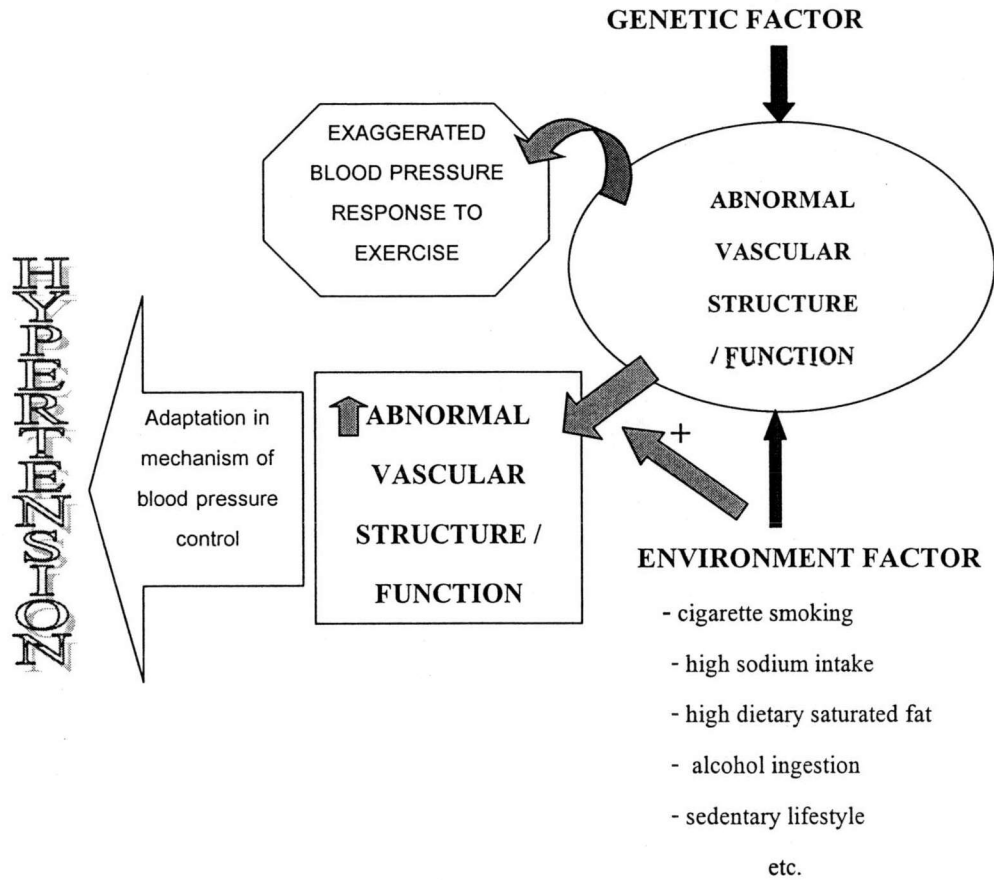
ตามข้อสันนิษฐานเบื้องต้นว่า การตอบสนองต่อความดันเลือดมากกว่าปกติขณะออกกำลังกาย ในผู้ที่มีความดันเลือดขณะพักปกติ อาจเป็นอาการเบื้องต้นของการพัฒนาไปสู่ความดันเลือดสูงขณะพัก ในอนาคต กลุ่มตัวอย่างที่มีความดันเลือดสูงระดับอ่อน (ตามเกณฑ์ของ JNC V) จึงถูกเลือกนำมาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับ ทั้งนี้ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน โดยการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ศึกษาระหว่างกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวดังนี้คือ ในกลุ่มความดันเลือดสูงพบว่า ขณะออกกำลังกาย ค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดซิสโตลิก และความดันเลือดไดแอสโตลิกมีค่ามากกว่ากลุ่มปกติตลอด ขณะที่อัตราการเต้นหัวใจมีค่ามากกว่ากลุ่มปกติด้วย

ส่วนในกลุ่มเสี่ยงพบว่าขณะออกกำลังกายค่าเฉลี่ย \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความดันเลือดซิสโตลิก และความดันเลือดไดแอสโตลิกมีค่ามากกว่ากลุ่มปกติเช่นกัน แต่อัตราการเต้นหัวใจมีค่าน้อยกว่ากลุ่มปกติ ซึ่งอัตราการเต้นหัวใจที่เพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการมี sympathetic activity ที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าผู้ที่เป็โรคความดันเลือดสูงจะมี sympathetic activity ที่มาจาก medullary cardiovascular center มากกว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติ โดยมีสาเหตุเนื่องมาจากการปรับตัวของ arterial baroreceptor reflex ต่อการมีภาวะความดันเลือดสูงต่อเนื่องเป็นเวลานาน [Mohrman และ Heller, 1996] แต่ในกลุ่มเสี่ยงอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกายมีค่าน้อยกว่ากลุ่มปกติภายหลังเริ่มการออกกำลังกาย 1-2 นาที ทั้งนี้เป็นเพราะผลมาจากการเพิ่ม firing rate ที่ arterial baroreceptor จากการที่มีความดันเลือดสูงกว่าปกติ มีผลให้ sympathetic activity ที่ออกจาก medullary cardiovascular center ลดลงจากเมื่อเริ่มออกกำลังกาย อัตราการเต้นหัวใจจึงลดลงกว่าระดับที่พบในกลุ่มปกติ ดังนั้น ความดันเลือดตอบสนองมากเกินปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพัก ไม่น่าจะมีสาเหตุมาจากการมี sympathetic activity เพิ่มขึ้นมากเกินปกติ แต่อาจจะป็นผลมาจากกลไกอื่น เช่น การมีความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายขณะออกกำลังกายมากกว่ากลุ่มปกติ โดยทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากความบกพร่องในการตอบสนองของหลอดเลือดต่อ metabolic vasodilator ซึ่งเกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย ความคิดเห็นนี้ตรงกับการศึกษาของ Wilson และคณะ (1993) ซึ่งพบว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักแต่มีความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินปกติ มีความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายขณะออกกำลังกายด้วยจักรยานวัดงาน มีค่ามากกว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย นอกจากนี้รายงานการศึกษาของ Nazer และคณะ [1997] ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของระดับ catecholamine ในกระแสเลือดขณะออกกำลังกาย ระหว่างผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักแต่มีความดันเลือดตอบสนองมากเกินปกติต่อการออกกำลังกาย กับผู้ที่มีความดันเลือดปกติทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย เป็นหลักฐานสนับสนุนว่าภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกิดปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพัก ไม่ได้เป็นผลมาจากการมี sympathetic activity เพิ่มขึ้นมากเกินปกติขณะออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานพิสูจน์อย่างชัดเจนว่าจะมีสาเหตุมาจากความบกพร่องในการตอบสนองของหลอดเลือดต่อ metabolic vasodilator ดังที่กล่าวมา ดังนั้นความยืดหยุ่นของหลอดเลือด (compliance) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลาย จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรพิจารณาความเกี่ยวข้องกับภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกิดปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่มีความดันเลือดปกติ ขณะพัก กล่าวคือหลอดเลือดที่มีความยืดหยุ่นต่ำจะทำให้ความต้านทานหลอดเลือดส่วนปลายเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะที่มีแรงดันในหลอดเลือดหรือมีปริมาณเลือดในหลอดเลือดเพิ่มขึ้นดังเช่นในขณะออกกำลังกาย

นั่นคือ ผู้ที่มีความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย อาจมีความยืดหยุ่นของหลอดเลือดต่ำ ซึ่งในสภาวะพักจะไม่มีผลต่อความดันเลือด แต่เมื่อออกกำลังกาย แรงดันในหลอดเลือดเพิ่มขึ้นจากปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจเพิ่มขึ้น ขณะที่หลอดเลือดที่มีความยืดหยุ่นต่ำ จึงเป็นผลให้แรงต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายขณะออกกำลังกายมีมากกว่าในคนปกติ เป็นผลให้ความดันเลือดขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นมากกว่าคนปกติด้วย

เมื่อพิจารณาสาเหตุของการเกิดภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกายตามที่กล่าวมาร่วมกับข้อสันนิษฐานว่าการเกิดโรคความดันเลือดสูงโดยไม่ทราบสาเหตุที่เชื่อว่าเป็นความผิดปกติอันเป็นผลมาจากปัจจัยทางพันธุกรรมร่วมกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม สามารถเชื่อมโยงภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกายกับการเกิดโรคความดันเลือดสูงได้ว่า ในผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักแต่มีความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกายอาจมีความผิดปกติในโครงสร้าง และ/หรือการทำงานของหลอดเลือด เป็นผลทำให้ความต้านทานรวมของหลอดเลือดส่วนปลายขณะออกกำลังกายสูงกว่าผู้ที่มีความดันเลือดปกติทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย ซึ่งความผิดปกติในโครงสร้าง และ/หรือการทำงานของหลอดเลือดนี้อาจจะเป็นความผิดปกติโดยกำเนิดหรือเกิดจากปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น การสูบบุหรี่ การบริโภคเกลือสูง การบริโภคอาหารไขมันสูง การดื่มสุรา การไม่ออกกำลังกาย ฯลฯ โดยการได้รับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นเพิ่มขึ้นซ้ำๆกันในเวลาต่อมาจะเป็นผลทำให้ความผิดปกตินั้นเพิ่มมากขึ้นอีก ทำให้ความดันเลือดเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนมีผลทำให้เกิดการปรับกลไกในการควบคุมความดันเลือดจนปรากฏเป็นความดันเลือดสูงในขณะพักที่ถาวรในเวลาต่อมา ดังรูปที่ 5.3

อย่างไรก็ตามข้อสันนิษฐานดังกล่าวเป็นเพียงการคาดคะเนจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันเลือด และอัตราการเต้นหัวใจ ของกลุ่มตัวอย่างที่พบในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งการศึกษาโดยใช้ข้อมูลของตัวแปรที่จะชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนเลือดโดยตรง ตลอดจนการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างทางกายภาพและความบกพร่องของการตอบสนองของหลอดเลือดต่อ metabolic vasodilator สามารถสนับสนุนข้อสันนิษฐานนี้ได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งหากข้อสันนิษฐานดังกล่าวเป็นจริง นั่นก็หมายความว่าภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกายเป็นอาการแสดงถึงความผิดปกติของโครงสร้าง และ/หรือการทำงานของหลอดเลือดที่จะก่อให้เกิดโรคความดันเลือดสูงในอนาคต ซึ่งสามารถตรวจพบได้โดยการใช้อุปกรณ์ทดสอบแบบออสทราน หรือการทดสอบด้วยการออกกำลังกายที่มีความหนักของงานตั้งแต่ 50 วัตต์ ขึ้นไป และสามารถป้องกันได้โดยการลดปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลส่งเสริมความผิดปกติเหล่านั้น



รูปที่ 5.3 แสดงความเกี่ยวข้องของความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินไปกับ โรคความดันเลือดสูงตามข้อสันนิษฐานที่อนุมานจากข้อมูลได้จากการศึกษาครั้งนี้

จากข้อมูลในการศึกษารั้วนี้ สรุปได้ว่า

1) การใช้วิธีการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานสามารถพบความแตกต่างของความดันเลือดขณะออกกำลังกายระหว่างกลุ่มความดันเลือดปกติ กลุ่มเสี่ยง และกลุ่มความดันเลือดสูง ได้เช่นเดียวกับการใช้วิธีทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด โดยการตอบสนองความดันเลือดขณะออกกำลังกายมากเกินปกติ สามารถพบได้ตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานในนาทีที่ 1

2) ค่าความดันเลือดซิสโตลิกและไดแอสโตลิกเมื่อสิ้นสุดการทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกายสูงสุด ณ จุดที่อัตราการเต้นหัวใจมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่คำนวณได้จากอายุสามารถใช้แทนกันได้ในระดับดี-ดีมาก

3) การทดสอบสมรรถภาพแบบออสทรานสามารถใช้ประเมินภาวะความดันเลือดตอบสนองต่อการออกกำลังกายมากเกินปกติ โดยอาจใช้ค่าความดันเลือดมากเกิน 200/100 มม.ปรอท ที่นาทีที่ 6 ของการทดสอบเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ หรืออาจใช้การเปรียบเทียบกับสมการถดถอยเชิงเส้นของกลุ่มปกติดังนี้

$$\text{ความดันเลือดซิสโตลิกขณะออกกำลังกาย} = \text{ความดันเลือดซิสโตลิกขณะพัก} + 0.4(\text{ความหนักของงาน})$$

4) ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นหัวใจและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ความดันเลือดไดแอสโตลิกระหว่างกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มความดันเลือดสูงที่พบในการศึกษารั้วนี้บ่งชี้ว่ากลไกการตอบสนองความดันเลือดมากเกินปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักมีความแตกต่างจากกลไกการตอบสนองความดันเลือดมากเกินปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่เป็นความดันเลือดสูง

5) ความดันเลือดตอบสนองมากเกินปกติต่อการออกกำลังกายในผู้ที่มีความดันเลือดปกติขณะพักอาจจะเป็นดัชนีที่บ่งชี้ได้ว่ามีความผิดปกติของโครงสร้าง และ/หรือการทำงานของหลอดเลือด ที่นำไปสู่โรคความดันเลือดสูงในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะ

- 1) การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมรรถภาพแบบอสม-
ทรานสามารถใช้ประเมินภาวะความดันเลือดตอบสนองมากเกินไปปกติต่อการออกกำลังกาย
ได้ โดยอาศัยข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพศชาย อายุระหว่าง 30-40 ปี ดังนั้นก่อนการขยายผล
เพื่อการใช้งานจึงควรเก็บข้อมูลจากประชากรกลุ่มใหญ่ แยกตามเพศ อายุ ตลอดจน
พิจารณาปัจจัยอื่นๆที่อาจจะมีอิทธิพลร่วมในการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดขณะ
ออกกำลังกาย
- 2) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการตอบสนองความดันเลือดมากเกินไปปกติต่อการออก
กำลังกาย โดยศึกษาในตัวแปรที่บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงระบบไหลเวียนที่ชัดเจนขึ้น
- 3) ควรมีการศึกษาลักษณะ โครงสร้าง และการทำงานของหลอดเลือดในระดับโมเลกุลเพื่อเป็น
การสนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้