บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันประชากรไทยกำลังประสบกับปัญหาเกี่ยวกับโรคเรื้อรังซึ่งเกี่ยวข้องกับการไม่ปฏิบัติตนตามพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม จากสภาวการณ์ปัจจุบันนี้เองเป็นผลทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพมากมาย จากการดำเนินชีวิตของคนไทยในปัจจุบันโดยเฉพาะในสังคมเมืองที่มีปัจจัยเสี่ยงทำให้ประชาชนคนไทยมีแนวโน้มเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังมากขึ้น หนึ่งในสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญของคนไทยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ก็คือโรคหัวใจและหลอดเลือด อาทิเช่น การรับประทานอาหารที่เกินพอดี ไม่สมดุลกับการออกกำลังกาย ไม่ถูกสัดส่วน รับประทานอาหารรสหวาน มัน เค็ม รับประทานผักผลไม้น้อย การไม่ออกกำลังกาย ความเครียด พักผ่อนไม่เพียงพอ ประกอบกับการสูบบุหรี่และการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่เป็นการละเลยสุขภาพ เป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมที่ส่งเสริมให้ภาวะน้ำหนักเกิน เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันสะสมในเลือดสูง

ปัจจัยของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จากรายงานสถิติโรค กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ในกลุ่มของผู้สูงอายุ ความรุนแรงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดจะเพิ่มมากขึ้นหากไม่ได้รับการรักษาและดูแลอย่างต่อเนื่อง [3] ซึ่งสาเหตุที่นำไปสู่ความผิดปกติของหัวใจและหลอดเลือด สาเหตุหลักของโรคหัวใจและหลอดเลือดในกลุ่มผู้สูงอายุนั้นส่วนใหญ่มักมาจากความผิดปกติของร่างกายที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิสม ความผิดปกติที่เกิดจากกระบวนความผิดปกติของเมตาบอลิสมมีผลให้เกิดโรคต่างๆ ขึ้น เช่น โรคเบาหวาน (diabetes) ไขมันในเลือดสูง (hyperlipidemia) ความดันโลหิตสูง (hypertension) เป็นต้น [17] และเมื่อความผิดปกติเหล่านี้เกิดขึ้นร่วมกันทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะอ้วนลงพุง(metabolic syndrome)โดยพบว่ามีภาวะน้ำหนักเกินมากกว่าสี่เท่าของวัยรุ่นสำหรับผู้สูงอายุผู้ชาย และหกเท่าสำหรับผู้สูงอายุผู้หญิง [16] การที่มีภาวะน้ำหนักเกินมักจะมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ [17, 18]

กลุ่มภาวะอ้วนลงพุง

Metabolic syndrome หมายถึง กลุ่มอาการที่มีกระบวนการเผาผลาญอาหารที่ผิดปกติ[6] หรือความผิดปกติทางการแพทย์ที่เกิดร่วมกันหรือเรียกว่าภาวะอ้วนลงพุง เป็นกลุ่มความผิดปกติที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือด ซึ่งพบร่วมกันได้บ่อย ความผิดปกติดังกล่าวได้แก่ ความผิดปกติของไขมันในเลือด ความดันโลหิต ระดับน้ำตาล ตลอดจนปัจจัยที่เป็นภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด (prothrombotic) และ การกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ [15] ปัจจุบันมีเกณฑ์ในการวินิจฉัย metabolic syndrome อยู่หลายเกณฑ์ด้วยกันเช่น WHO 1999 [19], European Group for the Study of Insulin Resistance (EGIR) 1999 [20] NCEP ATPIII 2001 [21] และ American College of Endocrinology (ACE) 2002 [22] เป็นต้น เกณฑ์ที่นิยมใช้ในการวินิจฉัย คือ เกณฑ์ของ NCEP ATPIII ซึ่งเมื่อกันยายน 2005 ได้มีเกณฑ์ในการวินิจฉัย metabolic syndrome เพิ่มขึ้นใหม่อีก 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์ของ International Diabetes Federation (IDF) [23] และเกณฑ์ของ American Heart Association (AHA) ร่วมกับ National Heart Lung and Blood Institutes (NHLBI) [24] ของประเทศสหรัฐอเมริกาเกณฑ์ของ NCEP ATPIII ในการวินิจฉัย metabolic syndrome

เกณฑ์ของThe US National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (2001) ต้องมีความผิดปกติอย่างน้อย 3 ข้อใน 5 ข้อต่อไปนี้ ได้แก่

1. อ้วนลงพุง (เส้นรอบเอวมากกว่าหรือเท่ากับ 102 ซม. หรือ 40 นิ้ว ในผู้ชายหรือมากกว่าหรือเท่ากับ 88 ซม. หรือ 35 นิ้วในผู้หญิง)
2. ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด $\geq$ 150 มก./ดล.
3. ระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอล $\leq$ 40 มก./ดล.ในผู้ชาย หรือ $\leq$ 50 มก./ดล.ในผู้หญิง
4. ความดันโลหิต $\geq$ 130/85 มม.ปรอท หรือรับประทานยาลดความดันโลหิตอยู่
5. ระดับน้ำตาลขณะอดอาหาร $\geq$ 110 มก./ดล.

เกณฑ์ของ WHO ในปี 1999 ในการวินิจฉัยภาวะอ้วนลงพุงต้องประกอบด้วยภาวะดื้อต่ออินซูลิน (วินิจฉัยได้โดยมีความผิดปกติของระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหาร $\geq$ 110 มก./ดล. หรือ น้ำตาลในเลือดที่ 2 ชั่วโมงหลังดื่มน้ำตาลกลูโคส $\geq$ 140 มก./ดล. หรือ วัดระดับการดื้อต่ออินซูลินได้มากกว่าร้อยละ 75 ของประชากรทั่วไป) ร่วมกับความผิดปกติอย่างน้อย 2 ข้อต่อไปนี้ [19]

1. มีภาวะอ้วน (BMI $\geq$ 30 กก.$ม^2$ หรือ อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบวงเอวต่อสะโพก, W/H ratio, > 0.9 ในผู้ชาย หรือ > 0.85 ในผู้หญิง)

2. ระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด $\geq$ 150 มก./ดล. หรือ ระดับ เอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอล < 35 มก./ดล.ในผู้ชาย หรือ < 39 มก./ดล. ในผู้หญิง

3. ความดันโลหิต $\geq$ 140/90 มม.ปรอท หรือรับประทานยาลดความดันโลหิตอยู่

4. ระดับอัลบูมินในปัสสาวะ $\geq$ 20 ไมโครกรัม/นาที หรืออัตราส่วนของอัลบูมิน/ครีตินิน $\geq$ 30มก./กรัม

คำจำกัดความของโรคอ้วนลงพุงและภาวะน้ำหนักเกินในคนเอเชียพบว่าต่างจากในคนชีกโลกตะวันตกเนื่องจากดัชนีมวลกาย (BMI) ในการเกิดโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงเริ่มตั้งแต่ 23 กก./$ม^2$ และจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อค่ามากกว่า 25กก./$ม^2$ [25, 26, 27, 28, 29, 30] ซึ่งคำจำกัดความของน้ำหนักเกินและโรคอ้วนในคนเอเชียจะใช้เกณฑ์ $\geq$ 23 และ 25 กก./$ม^2$ ตามลำดับ และเส้นรอบวงเอวที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจะถือเกณฑ์ $\geq$ 90 ซม.หรือ 36นิ้วในผู้ชาย และ $\geq$ 80 ซม. หรือ 32 นิ้วในผู้หญิง [29] ดังนั้น ค่า BMI และเส้นรอบวงเอวในการวินิจฉัย metabolic syndrome ในคนเอเชียจึงควรใช้ค่า 25 กก./$ม^2$ และ 90 ซม. ในผู้ชายหรือ 80 ซม. ในผู้หญิง [31]

ในส่วนของงานวิจัยนี้ ได้ใช้เกณฑ์การประเมินของเกณฑ์ National Cholesterol Education Program-adult treatment panel III (NCEP ATP III) ได้แก่

1. เส้นรอบเอวของกลุ่มคนเอเชียมากกว่า 90 เซนติเมตรในเพศชายและ80 เซนติเมตรในเพศหญิง

2. น้ำตาลในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 100 มก./ดล.

3. ไตรกลีเซอไรด์มากกว่าหรือเท่ากับ 150 มก./ดล.

4. ระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอล $\leq$40 มก./ดล.ในเพศชาย และ$\leq$ 50 มก./ดล. ในเพศหญิง

5. ความดันช่วงหัวใจบีบตัวมากกว่า 130 มม.ปรอท. ความดันช่วงหัวใจคลายตัวมากกว่า 85 มม. ปรอท. [32]

ระบาดวิทยาของภาวะอ้วนลงพุง (metabolic syndrome)

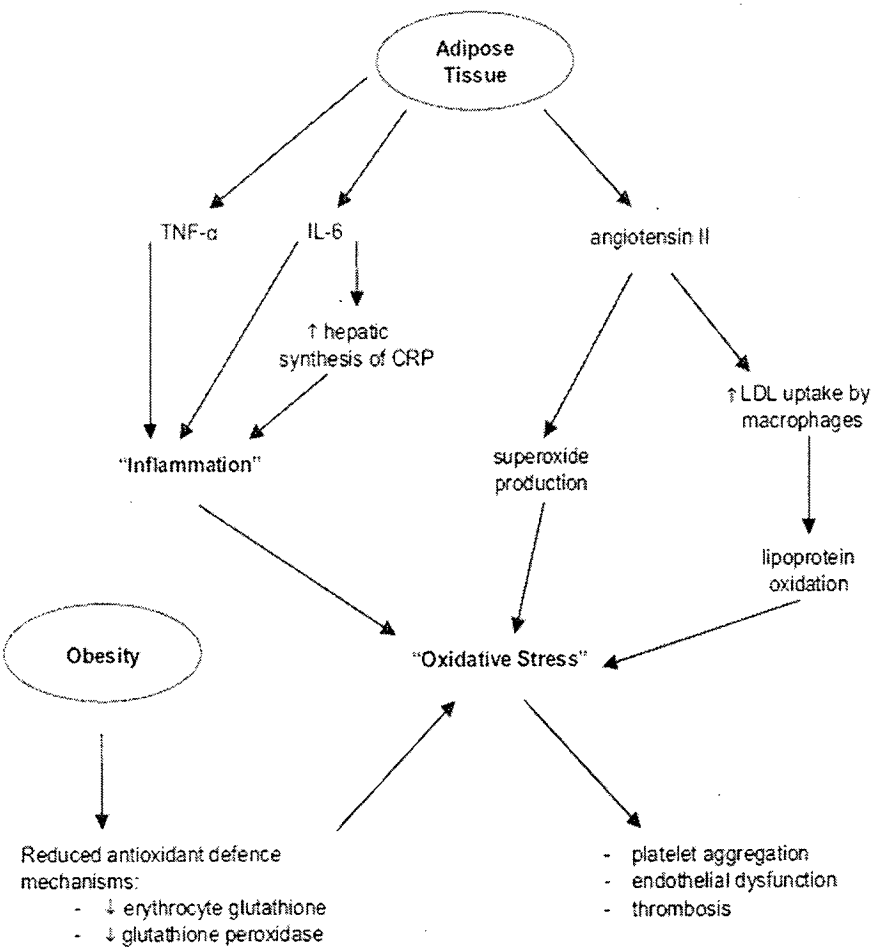
ความชุกของภาวะอ้วนลงพุงขึ้นอยู่กับอายุ เชื้อชาติและเพศ อายุมากขึ้นจะมีความชุกเพิ่มขึ้นโดยข้อมูลความชุกของกลุ่มโรคนี้ในประเทศไทยจากการศึกษา Interasia [33] โดยศึกษาในประชากรไทยทั่วประเทศที่อายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไป จำนวน 5,091 ราย พบความชุกร้อยละ 21.9 โดยใช้เกณฑ์ของ NCEP ATPIII แต่ถ้าใช้เกณฑ์เส้นรอบเอวของคนเอเชียใน NCEP ATPIII ความชุกจะเพิ่มเป็นร้อยละ 29.3 เพศหญิงจะพบมากกว่าเพศชาย โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ ความผิดปกติในแต่ละข้อของ metabolic syndrome พบว่าที่พบได้บ่อยมากที่สุดคือ ภาวะที่ระดับ เอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอลต่ำ ซึ่งพบได้มากกว่าร้อยละ 50 ในขณะที่ความชุกของเส้นรอบเอวมากกว่าเกณฑ์ของ NCEP พบเพียงร้อยละ 14.2 และเพิ่มเป็นร้อยละ 35.8 ถ้าใช้เกณฑ์ของเส้นรอบเอวในคนเอเชีย การศึกษาที่เป็นการศึกษาในกลุ่มประชากรพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในกรุงเทพ เมื่อปี พ.ศ. 2538 อายุระหว่าง 35-54 ปี จำนวน 3499 ราย พบความชุกของ metabolic syndrome ร้อยละ 16.4 (เพศชาย 18.2 และเพศหญิง 9.4) ถ้าใช้เกณฑ์การวินิจฉัยของ NCEP ATPIII และร้อยละ 21.5 (เพศชาย 23.6 และเพศหญิง 13.7) ถ้าใช้เกณฑ์ของเส้นรอบวงเอวของคนเอเชียใน NCEP ATPIII นอกจากนี้ยังมีความผิดปกติอื่นๆ ที่พบร่วมกับภาวะ metabolic syndrome ได้แก่ ภาวะ proinflammatory state คือ พบว่า มีระดับ CRP ในเลือดสูง [34] และ prothrombotic state คือ พบว่า ระดับ plasminogen activator inhibitor (PAI-1) และ fibrinogen สูง ซึ่งทั้งสองภาวะดังกล่าวเป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือด [35]

ความสัมพันธ์ของภาวะอ้วนลงพุง (metabolic syndrome) **กับโรคหัวใจและหลอดเลือด** (Cardiovascular disease; CVD)

ภาวะอ้วนลงพุงหรือ Metabolic syndrome คือ กลุ่มความผิดปกติที่ประกอบด้วยความอ้วนที่มีไขมันสะสมที่ท้อง (abdominalobesity) ความดันโลหิตสูง การดื้อต่ออินซูลิน (insulinresistance) และการมีไขมันผิดปกติ (dyslipidemia) โดยมีไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) สูง และระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอลต่ำ [36, 37] ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคหัวใจ และหลอดเลือด (cardiovascular diseases) ทั้งในผู้ที่เป็นเบาหวานและไม่เป็นเบาหวาน [38, 39, 40, 41] กลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจ และหลอดเลือดด้วย คือ การมีไขมันผิดปกติ ความดันโลหิตสูง และเบาหวาน หรือการดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งพยาธิกำเนิดของโรคหัวใจ และหลอดเลือดนั้นมักเกิดจากการมีภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว ในหลอดเลือดแดงขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากมีการอักเสบเรื้อรังแบบค่อยเป็นค่อยไป (chroniclow-grade inflammation) ในขณะเดียวกันภาวะน้ำหนักเกินมีความเกี่ยวข้องกับการอักเสบ การอักเสบที่เกิดขึ้นมีผลทำให้

มีการหลั่ง proinflammatory cytokines เพิ่มขึ้น ลดการหลั่งกรดไนตริก (nitric oxide; NO) และทำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ทำให้เซลล์เอนโดทีเลียม (endothelial cell) ที่บุผนังหลอดเลือดทำหน้าที่ผิดปกติแล้วมีการปล่อย von Willebrandfactor (vWF) และ plasminogen activator-1 (PAI-1) เข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลจากการอักเสบยังมีผลทำให้มีการสร้างปัจจัยการแข็งตัวของเลือด (coagulation factors) เพิ่มขึ้น ลดการสร้างสารต้านการแข็งตัวของเลือด (anticoagulants) และยับยั้งการละลายลิ่มเลือด (fibrinolysis) ซึ่งนำไปสู่ภาวะภาวะการแข็งตัวของเลือดมากผิดปกติ (hypercoagulablestate) หรือภาวะเร่งการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด (prothrombotic state) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด (thrombosis) [42, 43]

ภาวะอ้วนลงพุง และภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัวมีความเกี่ยวข้องกับการอักเสบและเซลล์เม็ดเลือดขาว เช่น ลิมโฟไซต์ (lymphocyte) และโมโนไซต์ (monocyte) มีบทบาทสำคัญในการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว (atherosclerosis) และการที่เซลล์เหล่านี้สามารถเกาะกับเซลล์เอนโดทีเลียมที่บุผนังหลอดเลือดได้ทำให้มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือดด้วย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ามีการเพิ่มขึ้นของ tumor necrosis factor-alpha, interleukin-6 (IL-6) และ C- reactive protein (CRP)[44] โดย adipose tissue มีบทบาทสำคัญในการสร้างสารเหล่านี้ (ภาพ 1)ซึ่งtumor necrosis factor-alpha ที่สูงขึ้น อาจทำให้เกิดการดื้อต่ออินซูลินได้จาก 2 กลไก กล่าวคือ ยับยั้งตัวรับของอินซูลิน (insulin receptor) และการรับส่งสัญญาณ (signaling) โดยตรงหรือทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ non-esterified fatty acid (NEFAs) แล้ว NEFAs ทำให้เกิดการดื้อต่ออินซูลิน นอกจากนี้ NEFAs ยังมีบทบาททำให้เกิดภาวะความเครียดออกซิเดชัน และภาวะเร่งการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด เมื่อ non-esterified fatty acid (NEFAs) ถูกสลายที่ตับ จะทำให้ตับสร้างไตรกลีเซอร์ไรด์ และ very low density lipoprotein (VLDL) เพิ่มขึ้น VLDL ที่สูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นของ HDL-C ในกระแสเลือดลดลง ในขณะที่ small dense low density lipoprotein (LDL) ในกระแสเลือดต่ำลง ซึ่งโดยปกติแล้ว HDL-C มีคุณสมบัติเป็น สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ดังนั้นการที่มีความเข้มข้นในกระแสเลือดต่ำลงจึงทำให้เกิดภาวะความเครียดออกซิเดชัน ซึ่งภาวะความเครียดออกซิเดชันในกลุ่มที่มีไขมันในเลือดผิดปกติ และยังเกิดได้จากการมีไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสร้างซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไตรกลีเซอร์ไรด์ที่สูงขึ้นยังเกี่ยวข้องการเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด โดยทำให้เกล็ดเลือดเกาะกลุ่มได้ง่ายขึ้น อันนำไปสู่การเกิดภาวะหลอดเลือดอุดตันจากลิ่มเลือด และโรคหัวใจและหลอดเลือด [42]



ภาพ 1 แสดงกลไกจากภาวะอ้วนลงพุงที่อาจจะก่อให้เกิดภาวะความเครียดออกซิเดชัน [42]

การรักษาภาวะอ้วนลงพุงหรือ metabolic syndrome

การรักษา metabolic syndrome ประกอบด้วยการแก้ไขปัจจัยที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ โรคอ้วน และภาวะดื้อต่ออินซูลิน นอกจากนี้การรักษาหรือลดปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ด้วยเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากเช่นกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิต (lifestyle modification) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคอาหาร เพิ่มการใช้พลังงาน เช่น การออกกำลังกาย การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นการรักษามุ่งเน้นการควบคุมน้ำหนักให้สมดุล

หลักการรักษาโรคอ้วนหรือน้ำหนักเกินทำได้โดยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการออกกำลัง โดยให้ลดพลังงานจากอาหารที่รับประทานและเพิ่มการออกกำลังกาย [45] การลดอาหาร เพื่อการลดน้ำหนักที่ได้ผลมากที่สุดในระยะยาว คือ การลดพลังงานจากอาหารที่ควรได้รับประมาณวันละ 500-1,000 แคลอรี่ [45] เป้าหมายที่เหมาะสมในการลดน้ำหนัก

คือ การลดน้ำหนักให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 5-10 ในช่วง 6-12 เดือน การลดน้ำหนักในระยะยาวที่ได้ผลดีจำเป็นที่จะต้องมีการออกกำลังกายร่วมด้วย การลดน้ำหนักโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้ได้น้ำหนักลดลงอย่างน้อยร้อยละ 5-10 ของน้ำหนักตัวเริ่มต้น พบว่าทำให้ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ของโรคหัวใจ และหลอดเลือด ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด ความดันโลหิต ระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง และระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น [45] การศึกษาในผู้ป่วย metabolic syndrome ที่มีโรคเบาหวานแฝงพบว่าการลดน้ำหนักโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมดังกล่าวเป็นเวลาประมาณ 3 ปี สามารถป้องกันการเกิดโรคเบาหวานได้ [46]

การออกกำลังกายนอกจากจะมีผลดีต่อการลดน้ำหนักตัวแล้วยัง พบว่า ทำให้ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดดีขึ้นด้วย การออกกำลังกายควรจะทำทุกวันอย่างน้อยวันละ 30 นาที ด้วยความแรงของการออกกำลังกายที่ระดับปานกลาง (moderate intensity) นอกจากนี้การออกกำลังกายในระยะเวลาสั้นๆครั้งละ10-15 นาที เช่น การเดินเร็วๆ การทำงานบ้าน แต่ทำบ่อยๆ วันละหลายครั้งก็พบว่ามีประโยชน์เช่นกัน [47]

การรักษาปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ของโรคหัวใจและหลอดเลือดได้แก่ การรักษาภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ การรักษาความดันโลหิตสูง และการรักษาน้ำตาลในเลือดสูง เพื่อลดความเสี่ยงที่จะส่งผลต่อหัวใจ [48]

การรักษาไขมันในเลือดผิดปกติในผู้ป่วย metabolic syndrome ตามแนวทางปฏิบัติของ NCEP ATPIII แนะนำให้ยึดตามความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดของผู้ป่วยเป็นเกณฑ์ [49] โดยแบ่งผู้ป่วยเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงมาก (very high risk) ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจ และหลอดเลือดอยู่แล้ว และผู้ป่วยเบาหวาน ผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง (high risk) ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงอย่างน้อย 2 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ผู้ชายอายุตั้งแต่ 45 ปีหรือผู้หญิงอายุตั้งแต่ 55 ปีขึ้นไป
2. มีประวัติญาติสายตรง เป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายก่อนอายุ 55 ปีในผู้ชายหรือก่อนอายุ 65 ปี ในผู้หญิง
3. สูบบุหรี่
4. เป็นโรคความดันโลหิตสูง
5. ระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอล (HDL-C) ในเลือดต่ำกว่า 40 มก./ดล.)

ผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงน้อย (low risk) คือ ผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงในข้างต้นน้อยกว่า 2 ข้อ ไขมันที่พิจารณาตัวแรกคือ แอล-ดี-แอลโคเลสเตอรอล (LDL-C) หรือไขมันตัวไม่ดี โดยเกณฑ์ที่เหมาะสมในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงมาก คือ น้อยกว่า 100 มก./ดล. (ในผู้ป่วยบางรายเช่นผู้ป่วย acute

coronary syndrome เกณฑ์ที่เหมาะสมอาจจะต้องน้อยกว่า 70 มก./ดล.) ในกลุ่มผู้ป่วยที่ความเสี่ยงสูงแอล-ดี-แอลโคเลสเตอรอล (LDL-C) ควรมีระดับน้อยกว่า 130 มก./ดล. ส่วนกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำของแอล-ดี-แอลโคเลสเตอรอล (LDL-C) ควรมีระดับน้อยกว่า 160 มก./ดล. การรักษาประกอบด้วย การควบคุมและหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีไขมันอิ่มตัว และอาหารที่มีโคเลสเตอรอลสูง ยาที่ใช้เป็นอันดับแรกในการลดแอล-ดี-แอลโคเลสเตอรอล (LDL-C) คือ ยาในกลุ่ม statin เมื่อควบคุมระดับเอช-ดี-แอลโคเลสเตอรอล ได้ตามเป้าหมายแล้วจะทำการพิจารณาระดับไตรกลีเซอไรด์ ในกรณีที่ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงเกิน 400 มก./ดล. หลังจากที่ควบคุมอาหารและออกกำลังกายแล้วควรให้ยาในกลุ่ม fibrates เพื่อป้องกันการเกิดโรคตับอ่อนอักเสบจากการที่ระดับไตรกลีเซอไรด์สูงมาก ในกรณีที่ระดับไตรกลีเซอไรด์อยู่ระหว่าง 200-400 มก./ดล. ให้พิจารณาค่า non-HDL-C เป็นเกณฑ์ (ค่า non-HDL-C คำนวณได้จากระดับ total cholesterol ลบด้วย HDL-C) เป้าหมายของ non-HDL-C ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 130 มก./ดล. กลุ่มความเสี่ยงสูงเท่ากับ 160 มก./ดล. และกลุ่มความเสี่ยงน้อยเท่ากับ 190 มก./ดล. ตามลำดับ [49]

การลดความดันโลหิตในผู้ป่วย metabolic syndrome มีเป้าหมายของความดันโลหิตในผู้ป่วย metabolic syndrome คือ น้อยกว่า 140/90 มม.ปรอท ยกเว้น ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานซึ่งเป้าหมายของความดันโลหิตควรน้อยกว่า 130/80 มม.ปรอท การลดน้ำหนักโดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ได้แก่ การควบคุมอาหารและการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ เป็นการรักษาอันดับแรกที่ต้องทำในการลดความดันโลหิตในผู้ป่วยที่เป็น metabolic syndrome [50] การลดน้ำหนักลงร้อยละ 0 ของน้ำหนักเดิมหรือลดน้ำหนักลงประมาณ 10 กิโลกรัม สามารถลดความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว (systolic) ได้ประมาณ 7 มม.ปรอท และความดันช่วงหัวใจคลายตัว (diastolic) ได้ประมาณ 3 มม.ปรอท [50] ในกรณีที่ความดันโลหิตยังลดลงมาไม่ได้ถึงเกณฑ์ที่ต้องการหลังจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมแล้วก็ควรจะพิจารณาใช้ยาลดความดันโลหิตร่วมด้วย [50] หลักในการเลือกใช้ยาลดความดันโลหิตในผู้ป่วยที่เป็น metabolic syndrome มีวัตถุประสงค์ในการลดการเกิดโรคแทรกซ้อนทางหัวใจและหลอดเลือดจากความดันโลหิตสูง ในทางทฤษฎียาที่น่าจะมีผลดีที่สุดในการรักษาความดันโลหิตสูงในผู้ป่วย metabolic syndrome คือ ACE-Inhibitors และ angiotensin receptor blockers เนื่องจากยาดังกล่าวมีผลลดการกระตุ้นของระบบเรนิน และแองจิโอเทนซิน (rennin–angiotensin) และทำให้ลด proteinuria นอกจากนี้ยาในกลุ่ม ดังกล่าวเมื่อเทียบกับยากลุ่มอื่น พบว่า สามารถลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรคเบาหวานได้ [51, 52, 53, 54] ยาขับปัสสาวะหรือ thiazide ถ้าใช้ในขนาดที่เหมาะสมคือ 12.5-25 มก./ดล. ก็ได้ผลดีในกลุ่มที่มี

metabolic syndrome เนื่องจากมีผลต่อเมตาบอลิซึมน้อยมาก ยาในกลุ่ม calcium channel blocker ก็ใช้ได้ดี เช่นกัน เนื่องจากไม่มีต่อเมตาบอลิซึมเลย ส่วนยาในกลุ่ม beta blocker น่าจะเป็นกลุ่มที่ควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากผลข้างเคียงทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ระดับไตรกลีเซอไรด์และโคเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น และอาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานถ้าเทียบกับยาในกลุ่ม ACE-Inhibitors และ angiotensin receptor blockers [53, 54, 55]

การรักษาภาวะน้ำตาลในเลือดสูงในผู้ป่วย metabolic syndrome ขึ้นอยู่กับระดับน้ำตาลที่สูงถึงระดับที่เป็นโรคเบาหวานหรือไม่ ในกรณีที่ระดับน้ำตาลในเลือดไม่ถึงขั้นที่วินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวาน (น้อยกว่า 126 มก./ดล.) การรักษาหลัก ได้แก่ การลดน้ำหนักโดยการควบคุมอาหารและออกกำลังกาย แม้ว่าจะมีการศึกษาว่าการใช้ยา metformin [56] และ acarbose [57] สามารถป้องกันการเกิดโรคเบาหวานได้ก็ตามแต่ผลที่ได้น้อยกว่าการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การควบคุมอาหารและออกกำลังกาย ในผู้ป่วย metabolic syndrome ที่เป็นโรคเบาหวานและมีระดับน้ำตาลในเลือดเกินเป้าหมาย (ระดับน้ำตาลขณะงดอาหารมากกว่า 120 มก./ดล., HbA1c มากกว่า 6.5%) [58] หลังจากที่ได้รับการควบคุมอาหารและออกกำลังกายเป็นเวลา 1-3 เดือน ควรพิจารณาใช้ยา metformin เป็นยาอันดับแรก ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ยา metformin ได้ เนื่องจากเกิดอาการข้างเคียงของยาทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย หรือมีภาวะไตเสื่อมร่วมด้วยอาจจะพิจารณาใช้ยาในกลุ่ม thiazolidinedione แทนได้ ในกรณีที่เพิ่มขนาดยา metformin ถึงระดับสูงสุดแล้ว (2,550-3,000 มก./วัน) ระดับน้ำตาลในเลือดยังเกินเป้าหมาย ควรพิจารณาเสริมยาในกลุ่ม thiazolidinedione หรือ sulfonylurea ร่วมกับยา metformin

การตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง (Echocardiography)

การตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงของหัวใจเป็นการตรวจหัวใจโดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงซึ่งส่งออกมาจากผลึกแร่ชนิดพิเศษและเมื่อรับสัญญาณคลื่นเสียงที่ส่งออกไป สัญญาณจะถูกแปรออกมาเป็นภาพทำให้สามารถเห็นการทำงานของหัวใจขณะกำลังบีบตัวและคลายตัวและจากการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้สามารถเห็นการไหลเวียนของเลือดผ่านช่องหัวใจห้องต่างๆ และเห็นการทำงานปิด-เปิดของลิ้นหัวใจทั้งสี่ลิ้นได้[10] การตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงของหัวใจเป็นการตรวจแบบไม่รุกราน เพื่อประเมินการทำงานของหัวใจที่มีมานานและมีประโยชน์ในการตรวจวินิจฉัยโรค สามารถใช้ในการประเมินลักษณะทางกายวิภาคและสรีรวิทยาภายในหัวใจ โดยแสดงเป็นภาพ 2 มิติ ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปมากสามารถสร้างภาพหัวใจแบบ 3 มิติ และ 4 มิติ ทั้งนี้ยังใช้ความเร็วของกระแสเลือดมาวัดการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจได้อีกด้วย [10]

หลักการ

คลื่นเสียงความถี่สูงจะถูกส่งผ่านออกจากหัวตรวจที่เราเรียกว่า Transducer ส่งไปที่หัวใจทำให้เกิดคลื่นเสียงสะท้อนกลับ เรียกว่า Echo และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นเสียงสะท้อนกลับ จะแปรเปลี่ยนตามระยะทางที่ใช้ซึ่งก็คือระยะห่างของโครงสร้างต่างๆ ในหัวใจ ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์ของเครื่องตรวจจะทำการประมวลผลแปลสัญญาณแสดงออกมาเป็นภาพ [10]

ความถี่ของคลื่นเสียงที่ใช้ในการทำส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงประมาณ 2-10 Mega-Hertz (MHz) แต่ที่ใช้บ่อยที่สุดคือประมาณ 2.5-5 MHz ซึ่งจะเห็นว่าเป็นย่านความถี่สูงกว่าความถี่เสียงที่คนเราได้ยิน คือ 2-18 KHz [10]

การใช้ความถี่เสียงต่างกันจะมีผลต่อความละเอียดของภาพและความสามารถในการส่งผ่านทะลุเข้าไปในเนื้อเยื่อ กล่าวคือ คลื่นความถี่ที่สูงกว่าจะให้ความละเอียดของภาพได้มากกว่า แต่ความสามารถในการทะลุเข้าเนื้อเยื่อจะได้น้อยกว่า ยกตัวอย่างเช่นถ้าใช้คลื่นความถี่ 5 MHz จะสามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ถึง 2 มิลลิเมตร ขณะที่คลื่นความถี่ 3 MHz จะเห็นรายละเอียดของภาพได้ในระดับ 3 มิลลิเมตร แต่ขณะเดียวกันถ้าผู้ป่วยที่มีลักษณะผนังบริเวณหน้าอกหนา คลื่นที่มีความถี่สูงซึ่งทะลุเข้าเนื้อเยื่อได้น้อยกว่าคลื่นความถี่ต่ำกว่าก็อาจจะไม่สามารถมองเห็นภาพบางส่วนที่อยู่ลึกๆ ได้ [10]

หลักของการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงของหัวใจใช้หลักการของคลื่นเสียงที่มีความถี่เกินกว่า 20000 (Hz) รอบต่อวินาที ซึ่งเป็นความถี่ที่เราไม่ได้ยิน คลื่นความถี่ 2-3 ล้านรอบจะเดินทางเป็นเส้นตรง มีการหักเหน้อยและมีการสะท้อนเหมือนคลื่นแสง เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับผิววัตถุก็จะสะท้อนกลับและมีคลื่นบางส่วนทะลุไป การเคลื่อนที่ของเสียงในเนื้อเยื่อเดียวกันจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ทำให้สามารถวัดขนาดความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจได้หลักการที่ทำให้เกิดภาพสะท้อนนั้นประกอบไปด้วย 4 หลักการของคุณสมบัติคลื่นเสียงซึ่ง ได้แก่ [10]

1. ปรากฏการณ์สะท้อน (Reflection) คลื่นเสียงจะถูกส่งออกไปจากหัวตรวจ (transducer) เมื่อไปกระทบรอยต่อของตัวกลาง ทำให้เกิดการหักเห การสะท้อนกลับ

2. การกระเจิง (Scattering) คือ การกระจัดกระจาย แตกกระเจิงของสัญญาณคลื่นเสียงเมื่อไปกระทบกับวัตถุ

3. การหักเห (Refraction) คือ การเบี่ยงเบนมุมของการตกกระทบของคลื่นเสียงทำให้คลื่นเสียงมีทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

4. การกระจาย (Diffraction) การกระจายออกของลำแสงหรือคลื่นเสียงเมื่อมีการผ่านสิ่งกีดขวางจะทำให้คลื่นมีการกระจายออกลักษณะเหมือนพัดจีน

โดยใช้คุณสมบัติของคลื่นเสียงประกอบไปด้วย ความเร็วเฉลี่ยของคลื่นเสียงใน Soft tissue ความถี่คลื่นเสียง (frequency) และการทะลุทะลวง (penetration) ซึ่งในการส่งคลื่นไปยังอวัยวะที่ต้องการ มีความสัมพันธ์กับความถี่ที่ส่งไปคือ ในความถี่ต่ำจะมีการดูดกลืนได้ (absorb) น้อย คลื่นเสียงจะถูกส่งไปได้ลึก ในทางตรงข้ามความถี่ที่สูงทำให้การดูดกลืนได้ (absorb) สูง คลื่นเสียงที่ถูกส่งไปจะถูกส่งไปได้ตื้น [10] นอกจากนั้นเครื่องมือยังสามารถติดตามการทำงานของหัวใจแบบ real time ปลายเครื่องจะมีสารผลึก Piezo-electric crystal ซึ่งจะหดและขยายตัวอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น และรับคลื่นเสียงด้วย คลื่นเสียงที่สะท้อนกลับจะแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำไปประมวลผลแสดงเป็นภาพต่อไป [59]

ชนิดของเครื่องตรวจคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง [59] การตรวจด้วยวิธีนี้มี 2 แบบ

1. การตรวจผ่านผนังทรวงอกด้านหน้าเรียกว่าTransthoracic echocardiography (TTE) เป็นการตรวจปกติที่ใช้กันอยู่

2. การตรวจผ่านกล้องตรวจในหลอดอาหาร เรียกว่า Transesophygealechocardiography (TEE) เป็นการตรวจเฉพาะรายใช้เฉพาะกรณีที่ต้องการเห็นรายละเอียดบริเวณหัวใจด้านหลังชัดเจนขึ้น เช่นกรณีสงสัยก้อนลิ่มเลือดในหัวใจห้องบนซ้าย, กรณีสงสัยโรคผนังหัวใจห้องบนรั่วแต่กำเนิด

ประโยชน์ของการตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง [59]

การตรวจวินิจฉัยการทำงานของหัวใจคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงมีประโยชน์คือทำให้ได้ข้อมูลขนาดของหัวใจห้องต่างๆ วัดเปอร์เซ็นต์การบีบตัวของหัวใจ วัดความเร็วและแรงดันที่จุดต่างๆ ในหัวใจ สามารถตรวจวิเคราะห์ โรคหัวใจชนิดต่างๆ ได้แก่

1. โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด การตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงสามารถบอกตำแหน่งของกล้ามเนื้อหัวใจที่ตายได้ รวมทั้งสามารถวัดแรงบีบตัวของหัวใจตลอดจนการคลายตัวของหัวใจ

2. โรคลิ้นหัวใจผิดปกติทั้งชนิดลิ้นหัวใจรั่วและตีบ การตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงสามารถบอกความรุนแรงของการตีบและรั่วของลิ้นหัวใจ ซึ่งจำเป็นอย่างมากในการใช้ประเมินความรุนแรงก่อนพิจารณาทำการผ่าตัด นอกจากนี้ยังสามารถบอกสาเหตุของโรคลิ้นหัวใจบางชนิดได้

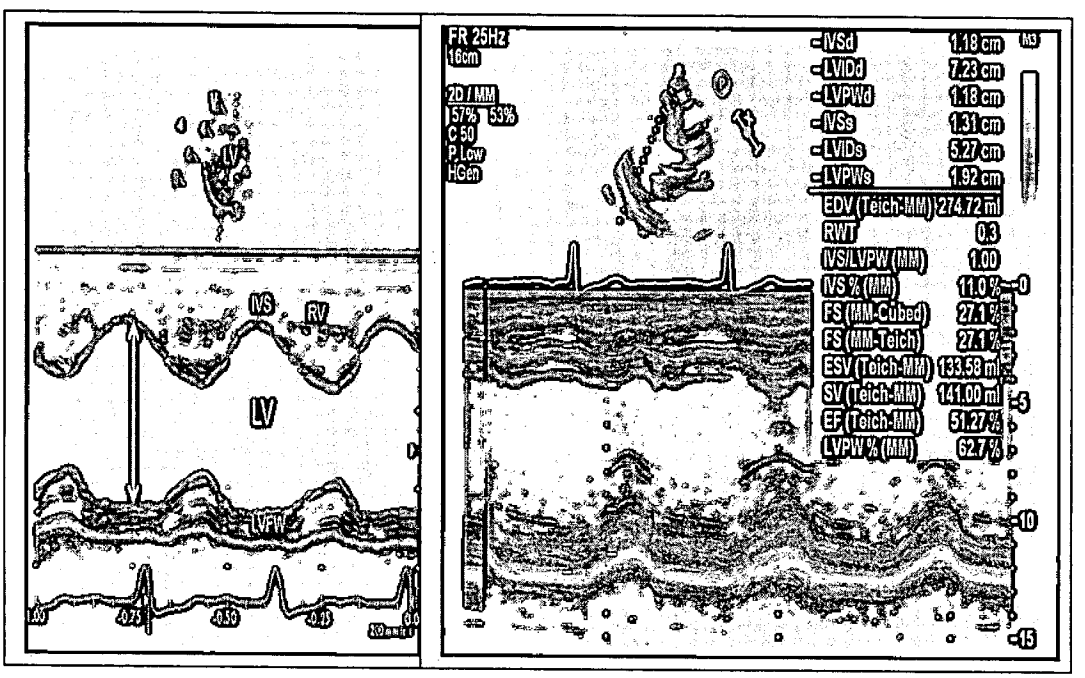
3. โรคเยื่อหุ้มหัวใจ เช่น เยื่อหุ้มหัวใจอักเสบเรื้อรัง ภาวะน้ำในเยื่อหุ้มหัวใจ ทั้งนี้นอกจากการตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงจะใช้ในการวินิจฉัยและบอกความรุนแรงของโรคแล้วยังมีส่วน สำคัญในการบอกตำแหน่งที่จะใช้เจาะดูดของเหลวออก เพื่อส่งวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการและใช้เป็นการรักษาในรายที่มีของเหลวในช่องเยื่อหุ้มหัวใจเป็นจำนวนมากจนมีการกดเบียดหัวใจ

4. ใช้ประเมินอัตราเสี่ยงของผู้ป่วยโรคหัวใจ ในกรณีที่จำเป็นต้องเข้ารับการผ่าตัดโรคที่เกี่ยวกับอวัยวะอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจด้วย

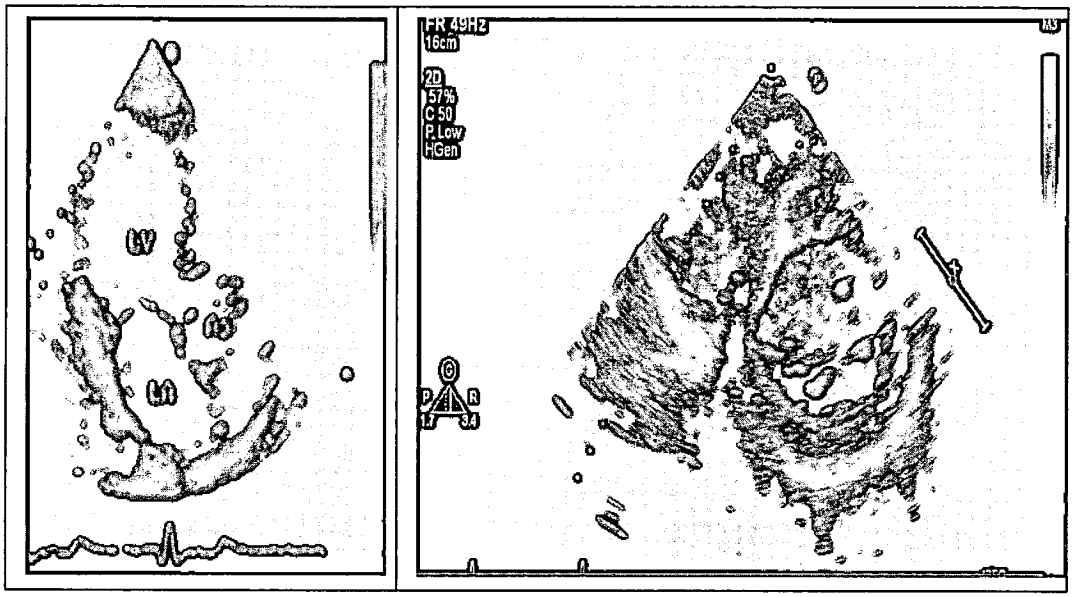
ภาพที่ได้จากการตรวจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. ภาพหนึ่งมิติ หรือที่เรียกว่า M-mode เป็นการเห็นภาพเฉพาะในแนวลึกเท่านั้น ไม่เห็นภาพในแนวกว้าง [10] ภาพที่ได้จะเหมือนการมองหัวใจผ่านช่องเล็กๆ ลักษณะเหมือนการมองลอดผ่านช่องบานพับประตู เมื่อนำภาพมาต่อกันในระยะเวลาต่างๆ กันที่หัวใจกำลังเต้นก็จะเกิดเป็นภาพต่อเนื่องได้ ประโยชน์นำมาใช้สำหรับวัดระยะทางต่างๆ ในหัวใจ รวมทั้งขนาดของส่วนต่างๆ ในห้องหัวใจ [59] (ภาพ 2)

2. ภาพสองมิติ หรือที่เรียกว่า 2D mode เป็นการเห็นภาพสองมิติทั้งในแนวลึกและแนวกว้าง[10] และที่สำคัญสามารถเห็นหัวใจขณะกำลังเต้นอยู่ รวมทั้งเห็นการปิดเปิดของลิ้นหัวใจด้วย จึงมีประโยชน์อย่างมากในการดูการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆในหัวใจ และเห็นก้อนที่ผิดปกติในหัวใจ 2D mode นี้ถือเป็นภาพหลักในการตรวจหัวใจด้วยเครื่องชนิดนี้ [59] (ภาพ 3)

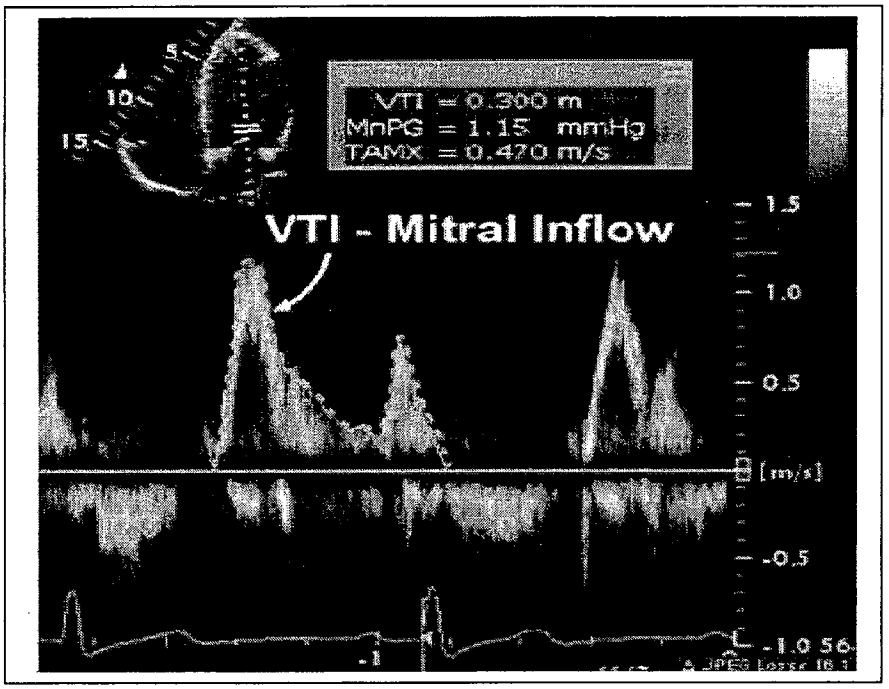


ภาพ 2 แสดงการแสดงผลแบบ M-mode

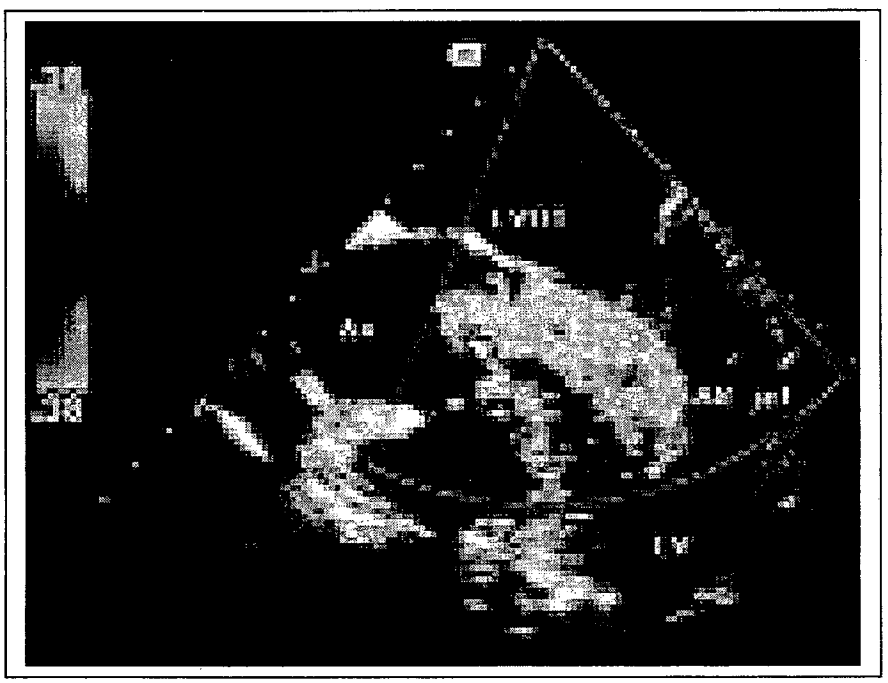


ภาพ 3 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จาก 2D-mode

3. ภาพคลื่นเสียง หรือที่เรียกว่า Doppler mode เป็นการดูลักษณะรูปร่างและขนาดของคลื่นเสียงที่ผ่านจุดต่างๆในหัวใจ [10] ซึ่งมีประโยชน์ใช้ในการประเมินความรุนแรงของภาวะลิ้นหัวใจตีบและรั่ว และคำนวณความดันของหัวใจ ณ จุดต่างๆ นอกจากนี้เครื่องยังสามารถประมวลข้อมูลที่ได้จากคลื่นเสียงสะท้อนแปลเปลี่ยนเป็นภาพสีของเลือดที่ไหลผ่านในหัวใจที่เรียกว่า color Doppler (ภาพ 4) และสามารถประเมินความรุนแรงจากสีที่เกิดจากการรั่วหรือตีบของลิ้นให้ใจสังเกตุจากมีการไหลหมุนวนของสี (tubulent flow) (ภาพ 5)

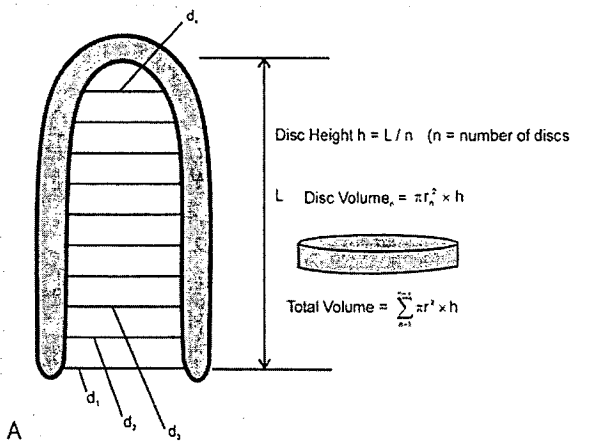


ภาพ 4 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จาก Doppler mode

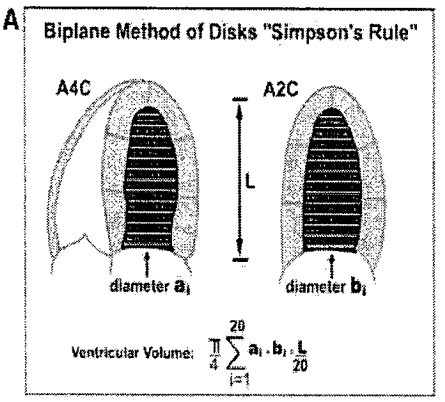


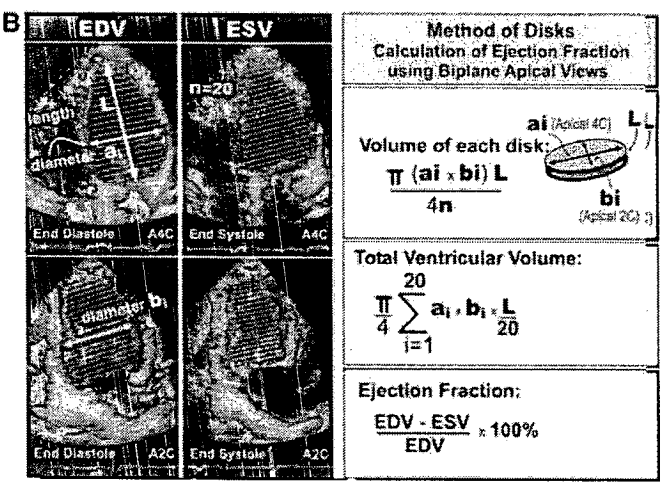
ภาพ 5 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จาก color Doppler

การตรวจคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงของหัวใจแบบ 2 มิติ (2D echo) เป็นตัวเลือกหลักที่ใช้ในการประเมินการทำงานของหัวใจ ทั้งการบีบตัว (Systolic function) และการคลายตัว (Diastolic function) โดยวิธีโมดิไฟด์-ซิมสัน (Modified Simpsons) เป็นวิธีทั่วไปที่ใช้ในการประเมินการบีบตัวของหัวใจซึ่งสามารถทราบถึงปริมาตรภายในหัวใจด้วย ภาพเป็นการตัดแบบภาพตัดขวางของหัวใจ เป็นการเห็นภาพสองมิติทั้งในแนวลึกและแนวกว้าง วัดในภาพหัวใจ 2 ห้อง และ 4 ห้อง (Biplane) ทั้งช่วงสุดท้ายขอการคลายตัว (End-diastole) และช่วงสุดท้ายของกาบีบตัว (End-systole)[60] เครื่องจะคำนวณเป็นค่าการบีบตัวของหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricular ejection fraction) (ภาพ 6, 7)



ภาพ 6 แสดง Method for determining the left ventricular volume from the rule of disks or Simpson rule [66]



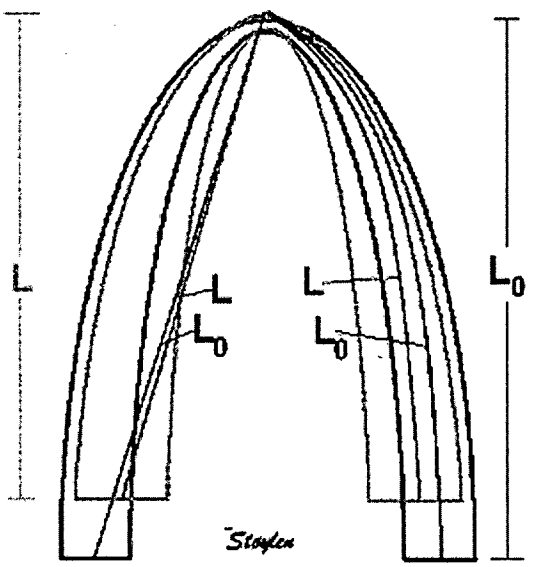


ภาพ 7 แสดงภาพ A และ B เป็นการวัดด้วยวิธี Modified Simpson's method **สำหรับ** LV systolic function

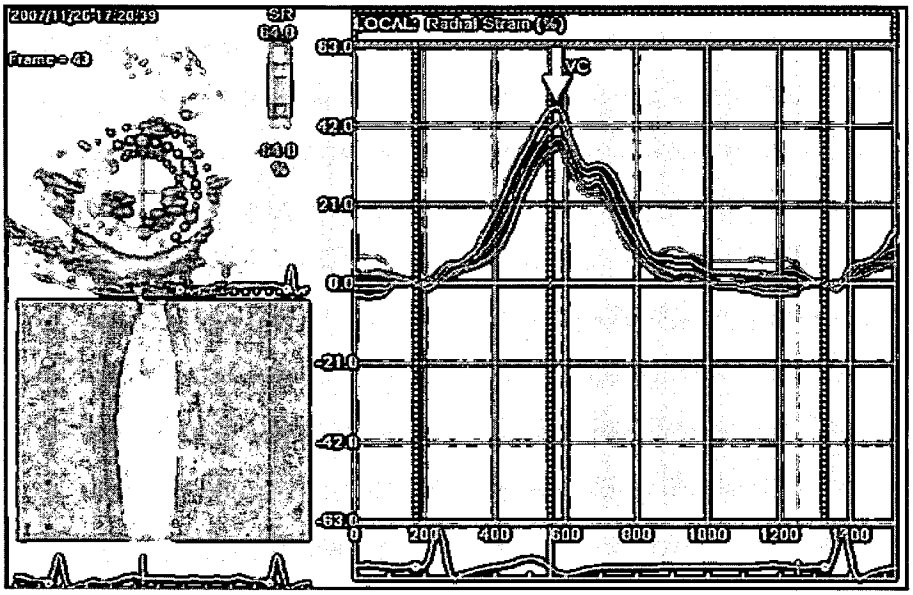
ที่มา: http://www.enapure.com/echocardiography/a4c.html

การตรวจคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูงของหัวใจเพื่อหาเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อหัวใจ (strain) และระยะเวลาการเคลื่อนที่ (strain rate) โดยใช้วิธีสเป็กเกิล แทรกกิง(Speckle tracking echo) เป็นวิธีใหม่ที่สามารถตรวจพบความผิดปกติของการขยับตัวของกล้ามเนื้อหัวใจและการทำงานของหัวใจทั้งหมด (regional wall motion and global cardiac function) โดยใช้การตรวจ strain ซึ่งมีความแม่นยำว่าการตรวจแบบเดิม การหา Strain และ Strain rate ของกล้ามเนื้อหัวใจมีแนวโน้มในการตรวจจับภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายก่อนที่จะสามารถมองเห็นจากการขยับของกล้ามเนื้อหัวใจหรือความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจได้[61] นอกจากนี้ยังใช้ตรวจสอบความสามารถในการบีบตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (Systolic and diastolic myocardial function)

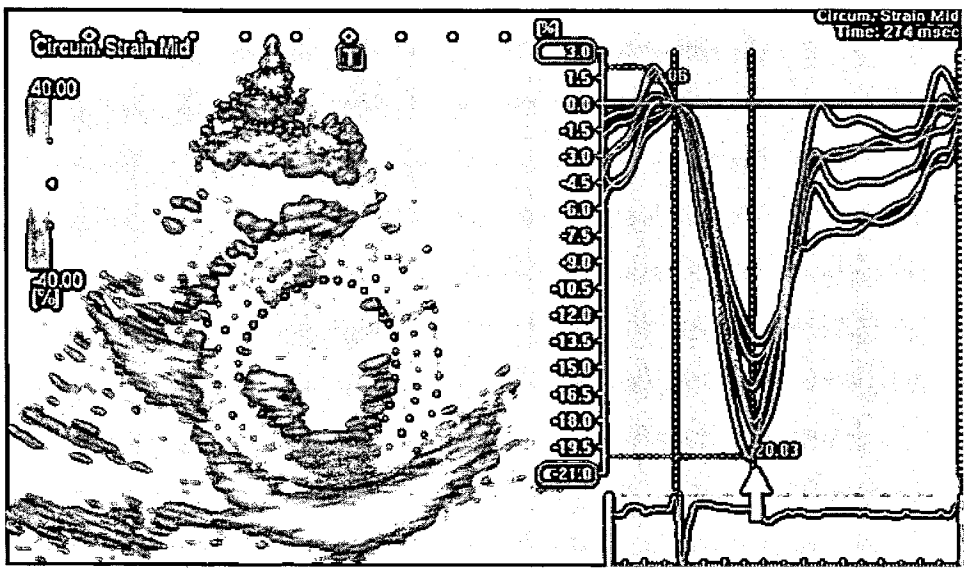
โดยการประเมินการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจมี 3 แนว ด้วยกัน คือ ส่วนที่ออกจากเส้นผ่านศูนย์กลาง (Radial) (ภาพ 9) ส่วนตามแนวเส้นรอบวง (Circumferential) (ภาพ 10) และ ส่วนตามแนวยาว (Longitudinal) (ภาพ 11) [69] แต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardial fibers) มีทิศทางของการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ซึ่งสามารถดูการเปลี่ยนแปลงขณะที่มีการหดตัวได้ด้วยการวัดการเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อหัวใจ (Strain) และระยะเวลาการหดตัว (Strain Rate) หน่วยของค่าหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (Strain) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ และอัตราหดตัว (Strain Rate) มีหน่วยเป็นตัวเลขต่อนาทีหรือเปอร์เซ็นต์ต่อนาที โดยสมการของการเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อหัวใจ (strain) คือ $\varepsilon = L - L_0/L_0$ โดย L คือ ความยาวของวัตถุหลังการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่วน L_0คือความยาวของวัตถุตอนเริ่มแรกโดยรูปแบบทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับทิศทาง ความยาว หรือความหนาของการเปลี่ยนแปลงรูป



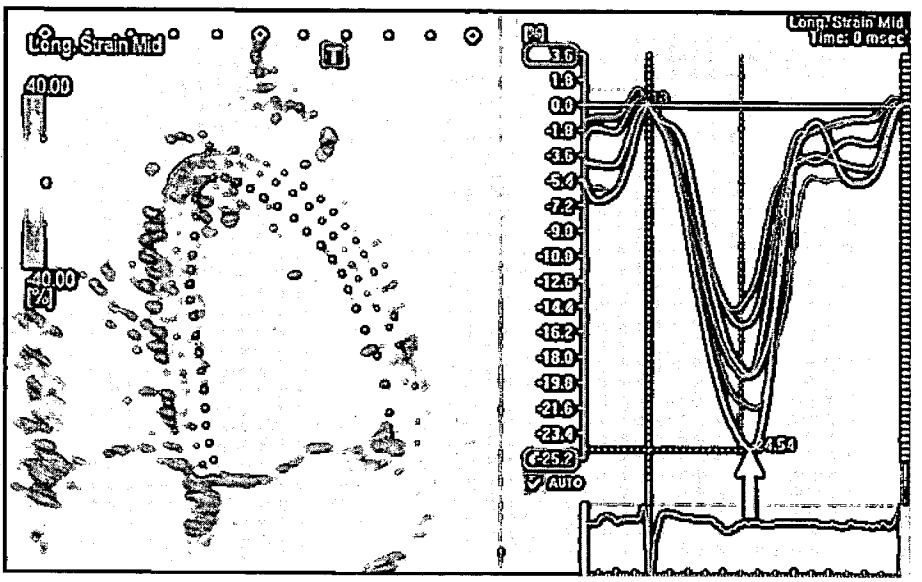
ภาพ 8 แสดงถึงความยาวที่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง (L) กับ ความยาวแรกเริ่มของวัตถุ (L_0) [62]



ภาพ 9 แสดง Radial Strain โดย 2D Speckle Tracking ในคนปกติ [63]



ภาพ 10 แสดง Circumferential Strain โดย 2D Speckle Tracking ในคนปกติ [63]



ภาพ 11 แสดง Longitudinal Strain **โดย** 2D Speckle Tracking **ในคนปกติ** [63]

Strain หมายถึงความเครียดตามแนวยาว คือ การวัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกล้ามเนื้อหัวใจ เช่น การบีบตัวของหัวใจ ซึ่งกล้ามเนื้อหัวใจจะมีการหดตัวในแนวยาวและแนวเส้นรอบวง (Negative strain) และการหนาตัวหรือยาวขึ้นในแนวรัศมี (Positive strain) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกล้ามเนื้อหัวใจจะเกิดขึ้นใน 3 แนว ค่าการเคลื่อนไหวมีความเกี่ยวเนื่องกับแรงตึงของกล้ามเนื้อต่างๆ ดังนั้นค่าการวัดที่ได้จาก Strain จะมีค่าใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวของหัวใจจริงๆ [64] Strain คือ อนาล็อก (Analog) ของการทำงานของหัวใจ (Regional Ejection fraction) ค่าที่ได้จึงมีความสัมพันธ์กับภาระที่เกิดขึ้นก่อนหัวใจจะเริ่มหดตัว (Pre-load) และภาระที่กระทำต่อหัวใจห้องล่างหลังจากหัวใจหดตัว (After-load) แต่ในทางตรงข้าม Strain rate มีความสัมพันธ์กับภาระที่เกิดขึ้นก่อนหัวใจจะเริ่มหดตัว (Pre-load) และภาระที่กระทำต่อหัวใจห้องล่างหลังจากหัวใจหดตัว (After-load) ไม่มากนัก (Ejection fraction) [64] จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการแสดงถึงการประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ (Ejection fraction) และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (strain) โดยใช้วิธีสเป็กเกิล แทรกกิง(Speckle tracking echo) ในกลุ่มโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary artery disease) หรือในกลุ่มที่มีกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ซึ่งสามารถให้ข้อมูลในเชิงลึกในการเคลื่อนที่ของเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อหัวใจและเพิ่มการพยากรณ์ในการเกิดโรค [64]