บทนำ (Introduction)

โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต ในปี พ.ศ.2553 พบจำนวนผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดที่นอนรักษาในโรงพยาบาลทั้งประเทศ 119,623 คน ต่อประชากร 1,000 คน โดยพบผู้ป่วยนอนรักษาในโรงพยาบาลของจังหวัดพิษณุโลก 2,197 คน ต่อประชากร 1,000 คน (1) และอัตราเสียชีวิตของโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดในปี พ.ศ.2553 เท่ากับร้อยละ 138.3 ต่อประชากร 100,000 คน (2)

ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด จะได้รับการตรวจด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ การตรวจการทำงานของหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อนความถี่สูง การตรวจหลอดเลือดของหัวใจด้วยการฉีดสารทึบรังสีหรือการใช้สารกัมมันตภาพรังสี และการทดสอบสมรรถภาพของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่ง

ในขณะออกกำลังกายกล้ามเนื้อหัวใจต้องการเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น หากหลอดเลือดหัวใจเกิดการตีบแคบ ผู้ป่วยจะแสดงอาการของกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ได้แก่ เจ็บแน่นหน้าอก ใจสั่น กระสับกระส่าย หายใจลำบาก หน้ามืดเป็นลม หรือหัวใจหยุดเต้น แพทย์หรือบุคลากรจึงต้องเตรียมยาและอุปกรณ์สำหรับช่วยเหลือผู้ป่วย ติดตามอาการและอาการแสดงอย่างใกล้ชิด และต้องอยู่ด้านข้างของผู้ป่วยตลอดการทดสอบบนลู่วิ่ง เนื่องจากผู้ป่วยมีโอกาสล้มลงหลังเกิดอาการ ล้มลงจากกล้ามเนื้อขาอ่อนแรงหรือเสียการทรงตัว การล้มอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บหรือทุพพลภาพได้ จึงทำให้ผู้ป่วยและบุคลากรเกิดความวิตกกังวล

การปรับความเร็วของการเลื่อนของสายพานของลู่วิ่งเพิ่มขึ้น ร่วมกับการปรับลู่วิ่งให้สูงชันขึ้น ทำให้ผู้ป่วยต้องออกแรงมากขึ้น จึงมีโอกาสอ่อนแรง เสียการทรงตัวและลื่นล้มได้มากขึ้น การล้มของผู้ป่วยซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ มักทำให้กระดูกหักหรืออาจมีการบาดเจ็บของศีรษะ ซึ่งจำกัดการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย นำสู่ความพิการและการเสียชีวิตได้ (3)

ประภัสสร แซ่เล้า และคณะ (4) ได้สำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบบนลู่วิ่งในห้องตรวจหัวใจ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดการทดสอบ เก็บข้อมูลจากบุคลากรผู้ทำการทดสอบ 31 คน ในโรงพยาบาลสังกัดรัฐบาลและเอกชน 11 แห่ง ในปี พ.ศ.2550 พบเหตุการณ์ที่ต้องหยุดการทดสอบ 183 ครั้ง โดยสาเหตุที่พบบ่อยที่สุด คือ ผู้ป่วยมีคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติ 60 คน (ร้อยละ 32.8) รองลงมา คือผู้ป่วยเจ็บหน้าอก 51 คน (ร้อยละ 27.9) ผู้ป่วยเหนื่อย 40 คน (ร้อยละ 21.8) ผู้ป่วยปวดขา 30 คน (ร้อยละ 16.4) และผู้ป่วยเป็นลมหมดสติ 2 คน (ร้อยละ 1.1) นอกจากนี้บุคลากรยังพบปัญหาการช่วยเหลือผู้ป่วยหลังจากเกิดเหตุการณ์ข้างต้น โดยปัญหาที่พบในอัตราสูงสุด คือบุคลากรไม่สามารถยกหรืออุ้มผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวมาก 20 ครั้ง (ร้อยละ 64.5) รองลงมา คือ บุคลากรประคองไม่ทันผู้ป่วยจึงทรุดตัวลงแต่ยังไม่บาดเจ็บ 10 ครั้ง (ร้อยละ 32.3) และผู้ป่วยล้มลงจนได้รับบาดเจ็บ 1 ครั้ง (ร้อยละ 3.2)

ในปี พ.ศ.2552 วศิน งามวิชาและจักรพงษ์ พั้วระย้า (2552) (5) ได้สร้างอุปกรณ์ป้องกันการล้มระหว่างการทดสอบสมรรถภาพหัวใจด้วยการออกกำลังกาย พบว่าอุปกรณ์นี้ช่วยรั้ง

ผู้ป่วยที่ทรุดตัวลงไม่ให้ล้ม 7 คน และช่วยลดความกังวลของผู้ป่วย แต่อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ทำให้ติดตั้งและถอดเก็บลำบาก รวมทั้งสายรั้งปรับความยาวได้ยาก

ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์นี้ จึงต้องการพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการล้มระหว่างทดสอบสมรรถภาพหัวใจด้วยการออกกำลังกาย เพื่อให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันการล้มระหว่างทดสอบสมรรถภาพหัวใจด้วยการออกกำลังกาย

ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบอุปกรณ์ ทดลองใช้ในกลุ่มนำร่องซึ่งเป็นนิสิตจำนวน 30 คน ปรับแก้ไขอุปกรณ์แล้วทดลองใช้ในกลุ่มผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจที่ห้องตรวจหัวใจ โรงพยาบาลพุทธชินราช 30 คน และประเมินผลการใช้อุปกรณ์โดยผู้ป่วยและบุคลากร ระหว่าง 1 พฤษภาคม พ.ศ.2554 ถึง 30 เมษายน พ.ศ.2555

วิธีดำเนินการวิจัย

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การทดสอบสมรรถภาพหัวใจด้วยการออกกำลังกาย (Exercise stress testing) ใช้หลักการของการทำให้หัวใจทำงานหนักขึ้น กล้ามเนื้อหัวใจต้องการเลือดเพื่อนำส่งสารอาหารและออกซิเจนมากขึ้น หากหลอดเลือดที่นำเลือดไปที่หัวใจตีบแคบหรืออุดตัน กล้ามเนื้อหัวใจจะทำงานลดลง จะพบการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนของร่างกาย ได้แก่ มีการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้น ใจสั่น ความดันโลหิตลดลง ตัวเย็น เจ็บแน่นหน้าอก เวียนศีรษะ หน้ามืดและหมดสติ ซึ่งแพทย์และบุคลากรจะต้องติดตามอาการอย่างใกล้ชิดในระหว่างการทดสอบ เพื่อป้องกันอันตรายหรืออุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น โดยต้องหยุดการทำงานของลู่วิ่งและให้ความช่วยเหลือผู้ป่วยทันที เมื่อพบอาการและอาการแสดง

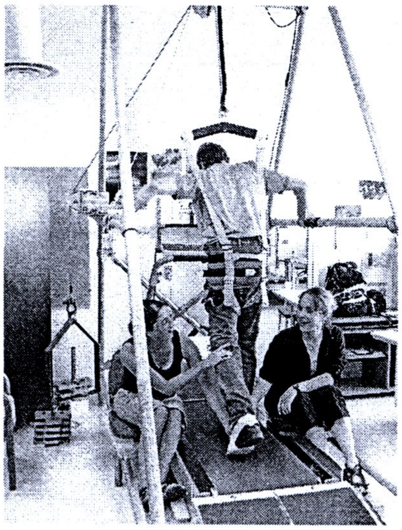
ในระหว่างการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ บุคลากรจะปรับเพิ่มความเร็วของสายพาน และความชันของลู่วิ่งตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ในวิธีการของ Bruce protocol จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจประมาณร้อยละ 80 ของอัตราเร็วสูงสุดของผู้นั้น (220 ลบอายุ ในเพศชายและ 210 ลบอายุ ในเพศหญิง) (6) ซึ่งเป็นอัตราเร็วที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะแสดงอาการของกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ผู้ป่วยแต่ละคนใช้เวลาไม่เท่ากันในการเดินหรือวิ่งเพื่อให้หัวใจเต้นในอัตราเร็วที่ต้องการ ผู้ป่วยซึ่งเป็นผู้สูงอายุจะปวดเมื่อยจนต้องหยุดทดสอบรวมทั้งการเดินบนลู่วิ่งที่ชันขึ้นจะเกิดแรงกระแทกที่เข่ามากขึ้น ทำให้ปวดเข่า และกล้ามเนื้อขาเกร็ง จนก้าวขาไม่ทัน นอกจากนี้ผู้ป่วยมักจะเสียการทรงตัวขณะที่สายพานเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือสูงชันขึ้น การเหลียวมองด้านข้างหรือการก้มมองเท้าจนเวียนศีรษะ การเดินไปด้านหน้าหรือถอยหลังมากเกินไป (7) ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่เคยเดินบนลู่วิ่งจึงกังวลกับการทดสอบ บุคลากรก็

กังวลกับการแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น หากมีอุปกรณ์ช่วยพยุงหรือรั้งผู้ป่วยไว้ จะเอื้อให้บุคลากรเข้าถึงตัวผู้ป่วยและให้ความช่วยเหลือได้ทัน ซึ่งช่วยเพิ่มความมั่นใจในความปลอดภัย ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อแขนและขา ส่งเสริมให้ผู้ป่วยเดินบนเครื่องจนหัวใจเต้นเร็วถึงอัตราที่แพทย์ต้องการ และใช้ผลการทดสอบในการวินิจฉัยโรค รวมถึงการวางแผนการรักษาได้

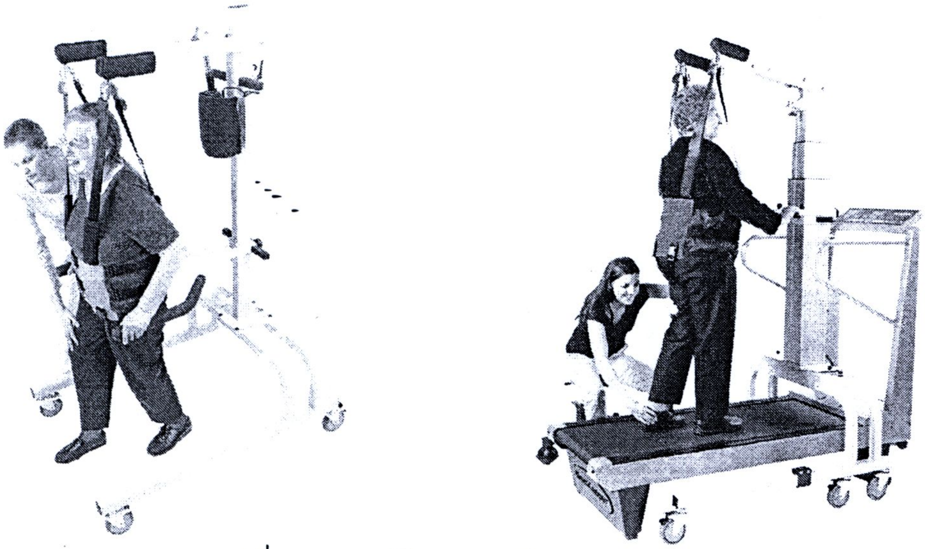
แนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่งมีโอกาสลื่นล้มได้ง่าย แม้แต่ผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงก็ตาม เนื่องจากสายพานจะเลื่อนไปข้างหน้าตลอดเวลา การยึดแขนจับของลู่วิ่งที่อยู่ด้านหน้าหรือด้านข้างไม่สามารถพยุงผู้ป่วยไว้ได้ทุกคน ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าหากมีสายที่ยึดลำตัวผู้ป่วยไว้กับอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรง และรั้งผู้ป่วยไว้ รอจนบุคลากรเข้ามาปลดสายออกและเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากลู่วิ่ง จะลดอันตรายจากอุบัติเหตุได้

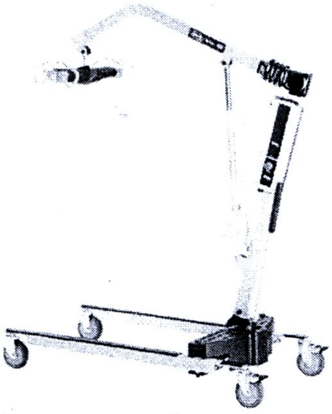
อุปกรณ์ที่สอดรับกับแนวคิดของผู้วิจัย เป็นอุปกรณ์ฟื้นฟูความแข็งแรงของขา หรือฝึกเดินของศูนย์วิจัยและการศึกษาเพื่อฟื้นฟูการเดิน มหาวิทยาลัยอัลเบอร์ตา ในประเทศแคนาดา (8) (รูปที่ 1) และสมาคมสมองบาดเจ็บนานาชาติ ประเทศสก็อตแลนด์ (9) (รูปที่ 2) เป็นต้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แนวคิดจากอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย ในประเทศสหรัฐอเมริกา (10) (รูปที่ 3) สำหรับพัฒนาโครงสร้างของอุปกรณ์



รูปที่ 1 อุปกรณ์ฟื้นฟูการเดินของผู้ป่วย (8)



รูปที่ 2 อุปกรณ์ฝึกความแข็งแรงของขา (9)



รูปที่ 3 อุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วย (10)

คุณวศิน งามวิชาและคุณจักรพงษ์ พั้วระย้า ใช้แนวคิดข้างต้นในการสร้างอุปกรณ์ซึ่งมีส่วนประกอบของโครงสร้างโลหะและสายรั้ง (5) อุปกรณ์มีความแข็งแรงมาก สามารถรั้งผู้ป่วยไว้ได้ แต่อุปกรณ์มีขนาดใหญ่และประกอบยาก (รูปที่ 4) ผู้วิจัยจึงพัฒนาขนาดของอุปกรณ์ และวิธีการปรับความยาวของสายรั้ง

รูปที่ 4 อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับป้องกันการล้ม
ระหว่างการทดสอบสมรรถภาพหัวใจด้วยการออกกำลังกาย (5)

การใช้สัดส่วนของร่างกายในการออกแบบอุปกรณ์

การสร้างอุปกรณ์ป้องกันการล้มของผู้ป่วยนั้น ผู้วิจัยใช้สัดส่วนขนาดร่างกายของคนไทยจากข้อมูลการวิจัยของสำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม พ.ศ.2543-2544 (11) ในผู้ที่มีอายุ 17-49 ปี ซึ่งเป็นเพศชาย 4,525 คน และเพศหญิง 4,301 คน และข้อมูลของอาจารย์ไตรรัตน์ จารุทัศน์ และคณะ พ.ศ.2548 (12) ในผู้ที่มีอายุ 60-75 ปี จำนวน 404 คน ดังตารางที่ 1

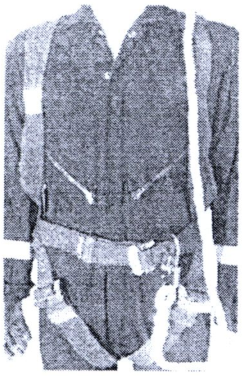
ตารางที่ 1 ค่าสัดส่วนของร่างกายคนไทยที่ใช้ในงานวิจัย (11, 12)

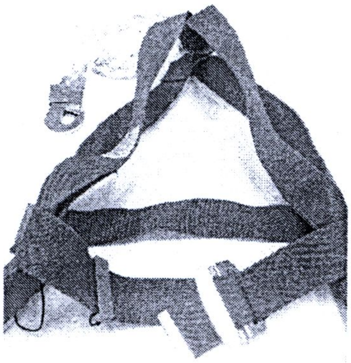
ช่วงอายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ระยะ (เซนติเมตร)				
		ส่วนสูง	ไหล่ขวา-ซ้าย	ไหล่ถึงเอว	รอบเอว	พื้นถึงเข่าบน
17-49ปี (11)						
เพศหญิง	49.2-56.5	153.8-155.9	33.8-34.9	28.2-30.3	64.3-72.6	49.5-50
เพศชาย	59.2-66.4	166-184	38.7-39	40.1-41.3	74.1-83.2	50.8-51.5
60-75ปี (12)						
เพศหญิง	54.7	148.97	41.06	28.3	95.6	41.36
เพศชาย	60.3	161.43	43.38	37.9	88.6	47.89

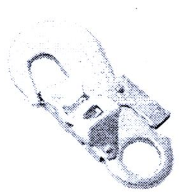
หมายเหตุ ช่วงตัวเลข คือ mean ต่ำสุด-สูงสุด จาก mean ของ 4 กลุ่ม (17-19, 20-29, 30-39, 40-49 ปี)

อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความสูงจากพื้น 200 เซนติเมตร ปรับสูงได้อีก 20 เซนติเมตร โดยหมุนกระบอกเกลียว สายรั้งมีระยะไหล่ของไม่แคบหรือกว้างเกินไป คล้องแขนแล้วต้องอยู่บริเวณไหล่ทั้ง 2 ข้าง สายจะไขว้ไปรวมกันกลางหลัง มีเชือกคล้องจากจุดไขว้นี้ขึ้นไปโยงติดกับคานของโครงสร้างโลหะด้วยตะขอ สายรั้งยังมีสายรัดบริเวณเอวซึ่งสามารถปรับให้กระชับกับรอบเอว เพื่อยึดผู้ป่วยไว้ไม่หลุดออกจากสายรั้ง การปรับสายรั้งต้องไม่ดึงหรือหย่อนเกินไป โดย

ให้เชือกหย่อนประมาณ 20 เซนติเมตร พอที่ผู้ป่วยจะขยับไปข้างหน้าและข้างหลังได้ ซึ่งไม่เกินระยะพื้นถึงด้านบนของเข่า เพื่อป้องกันการกระแทกของเข่า ผู้วิจัยจึงประยุกต์ชุดนิรภัยเป็นสายรั้งตัวผู้ป่วย เพื่อมั่นใจในความปลอดภัย สายรั้งทำมาจากเส้นใยไนล่อน มีหัวเข็มขัดแบบเลื่อนและล็อคได้ เชือกกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ป้องกันการตกและช่วยชีวิต ยาว 1.5 เมตร และใช้ตะขออลูมิเนียมชนิด snap hook ขนาดเล็ก สปริงจะงับปิดเอง รับแรงได้สูงสุด 900 กิโลกรัม (Kilogram force) ได้รับมาตรฐาน CE0321







(ก) ชุดนิรภัย (ข) สายรั้ง (ค) ตะขอ snap hook

รูปที่ 5 ชุดนิรภัยที่ประยุกต์เป็นสายรั้ง (13)

http://www.thaisafetyproduct.com/category/category.aspx?id=22

การคำนวณโครงสร้างโลหะ

อุปกรณ์ป้องกันการล้มที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ โครงสร้างโลหะและสายรั้ง

ผู้วิจัยใช้ท่อสแตนเลสความหนา 1.2 มิลลิเมตร เกรด 304 เป็นสแตนเลสสตีลขึ้นรูปง่ายและป้องกันการเกิดสนิมได้ดี เป็นออสเทนนิติค (Austenitic) เรียกว่าโครเมี่ยมนิเกิลอัลลอย มีส่วนประกอบของเหล็กร้อยละ 65-74 โครเมี่ยมอย่างน้อยร้อยละ 18, นิเกิลร้อยละ 8 และคาร์บอนร้อยละ 0.08 ซึ่งต้านทานแรงดึงสูงสุดได้ 621 เมกะปาสคาล (MPa) (14)

<u>การคำนวณความหนาของท่อสแตนเลส</u>

ผู้วิจัยใช้ค่าความเค้นและโมเมนต์ดัดในการคำนวณ โดยแรงกระทำต่อคาน คือแรงดึงและกระทำในแนวตั้งฉากแล้วทำให้คานแอ่น

ค่าความเค้นเป็นแรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุ ต่อแรงภายนอกที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยแรงภายนอกต้องสมดุลกับความเค้น หากแรงกระทำสูงมาก วัสดุจะทนไม่ได้

ความเค้นวัสดุที่ปลอดภัย (Allowable stress, σ_{allow}) เท่ากับ อัตราส่วนของความเค้นสูงสุด (Ultimate tensile stress, σu) หรือแรงกระทำสูงสุดหรือความแข็งแรงสูงสุด ต่อค่าความปลอดภัย (Factor of safety, F.S.) ดังสมการ

$$\sigma_{allow} = \sigma u \div F.S.$$

σ_u ของสแตนเลส สตีล เกรด 304 ที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 621 เมกะปาสคาล (14) และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3 (16) ดังนั้น σ_{allow} เท่ากับ 207 เมกะปาสคาล

วัสดุที่ใช้เป็นคานซึ่งกางหรือยกสูงขึ้นจากแนวราบได้ คำนวณโดยใช้สมการดังนี้

$$\sigma_{allow} = MxC \div I$$

M คือโมเมนต์ดัด (bending moment) = FCosθ x L

F=mg, m=น้ำหนักตัว =150 กิโลกรัม, g=9.81 เมตรต่อวินาที^{2},

θ=15°, Cos15°=0.97, L= ความยาวคาน 1.2 เมตร,

d_o =outer diameter, d_i =inner diameter,

C= $d_o \div 2$, t=ความหนาของท่อ = $(d_o-d_i) \div 2$

I คือโมเมนต์ความเฉื่อย (moment of inertia), I ของท่อกลวง = $\frac{\pi}{64}\left(d_o^4 - d_i^4\right)$

ดังนั้น

M =150x9.81x 0.97x1.2 กิโลกรัม-เมตรต่อวินาที^{2}

=1,712.83 กิโลกรัม-เมตรต่อวินาที^{2}

$$\sigma_{allow} = \frac{1712.83\frac{(d_0)}{(2)}}{\frac{\pi}{64}\left(d_o^4 - d_i^4\right)} = \frac{856.415 \times d_o}{\frac{\pi}{64}(d_o - d_i)(d_o + d_i)(d_o^2 + d_i^2)}$$

d_o-d_i =2t และ ให้ $d_o \cong d_i$

$$207 = \frac{856.415 \times d_o}{\frac{\pi}{64}(2t)(2d_o)(2d_o^2)}$$

td_o^2 =856.415x64x7 ÷(22x207x8) = 10.53x 10^{-6}

ท่อ 2 นิ้ว จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2.375 นิ้ว (60.3 มิลลิเมตร) (15)

t = (10.53x10^{-6}) ÷(60.3x60.3x10^{-6}) = 2.9 มิลลิเมตร

ดังนั้น หากใช้ท่อ 2 นิ้ว จะต้องใช้ความหนาอย่างน้อยที่สุด 2.9 มิลลิเมตร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ช่วยลดความกังวลของผู้ป่วยที่ต้องได้รับการตรวจหัวใจด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่ง

2.ช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดระหว่างการตรวจหัวใจด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่ง

3.เพิ่มความมั่นใจในความปลอดภัยของการตรวจหัวใจด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่วิ่ง