การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีอัตโนมัติกับวิธีปรับด้วยมือของผู้ที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

พศวีร์ วินันทมาลากูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีอัตโนมัติกับวิธีปรับด้วยมือของผู้ที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

พศวีร์ วินันทมาลากูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

A COMPARISON OF HEARING TEST RESULTS BETWEEN AUTOMATED AND MANUAL AUDIOMETRY OF PERSON WHO RECEIVE HEALTH CHECK-UPS AT A HOSPITAL IN CHONBURI PROVINCE

POSSAVEE WINUNTAMALAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY
2025

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พศวีร์ วินันทมาลากูล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตรา ปฏิพัตร)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา มีประดิษฐ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตรา ปฏิพัตร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา มีประดิษฐ์)

..... กรรมการ

(ดร.วัลลภ ใจดี)

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. โกวิท สุวรรณหงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

66920055: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)
คำสำคัญ: โรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง, เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ, การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์, การเฝ้าระวังทางสาธารณสุข

พศวีร์ วินันทมาลากูล : การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีอัตโนมัติกับวิธีปรับด้วยมือของผู้ที่เข้ารับบริการในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี. (A COMPARISON OF HEARING TEST RESULTS BETWEEN AUTOMATED AND MANUAL AUDIOMETRY OF PERSON WHO RECEIVE HEALTH CHECK-UPS AT A HOSPITAL IN CHONBURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: พิจิตรา ปฏิพัตร, ปวีณา มีประดิษฐ์ ปี พ.ศ. 2568.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยแบบการสังเกต (Observational Analytic Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 24 คน (48 หู) ถูกคัดเลือกเข้ามาทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่เสียง 0.5 1 2 3 4 6 และ 8 kHz การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ผลการศึกษาพบว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 dB ทั้งรายความถี่เสียงและรวมทุกความถี่เสียง โดยผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเฉลี่ยทุกความถี่เสียงนี้มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางถึงระดับสูง (Wilcoxon signed-rank test $p < 0.01$ และ Spearman’s Rank Correlation test $\rho = 0.70$, $p < 0.01$) จากผลการศึกษาพบว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ สามารถนำไปใช้เพื่อเฝ้าระวังการได้ยินและการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในมาตรการอนุรักษ์การได้ยิน

66920055: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)

KEYWORDS: Noise-induced hearing loss, Automated audiometer, Pure-tone audiometry, Public health surveillance

POSSAVEE WINUNTAMALAKUL : A COMPARISON OF HEARING TEST RESULTS BETWEEN AUTOMATED AND MANUAL AUDIOMETRY OF PERSON WHO RECEIVE HEALTH CHECK-UPS AT A HOSPITAL IN CHONBURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: PICHITRA PATIPAT, Ph.D. PRAVENA MEEPRADIT, Ph.D. 2025.

This observational analytic study aimed to compare the hearing test results using automated and manual audiometry. A total of twenty-four participants (forty-eight ears) were selected for hearing threshold assessment at frequencies of 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, and 8 kHz. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics. The results showed that the differences between automated and manual audiometry did not exceed 10 dB across all tested frequencies and the overall frequency range. A statistically significant moderate and high level of correlation was observed between the two methods (Wilcoxon signed-rank test $p < 0.01$ and Spearman's rank correlation test $\rho = 0.70$, $p < 0.01$).These findings suggest that automated audiometry provides results consistent with manual audiometry. Therefore, it can be utilized for medical surveillance in noise exposed populations and for hearing assessment in hearing conservation programs.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์พิจิตรา ปฏิพัตร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ปวีณา มีประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องเหมาะสมที่มีคุณค่าในการศึกษาวิจัยจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน อันประกอบด้วย ศาสตราจารย์อนามัย เทศกะทึก รองศาสตราจารย์นันทพร ภัทรพุทธ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์สิทธิ์ กุลวงษ์ สำหรับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชาทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์แก่การศึกษาวิจัยและสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบพระคุณคุณนิมิต ฐิติพนาวัลย์ และบริษัท มารุ่งโรจน์ จำกัดที่ช่วยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย และขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างทุกท่าที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีตลอดการศึกษาวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พศวีร์ วินันทมาลากูล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมติฐานของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

ขอบเขตของโครงการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

การได้ยินและการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน 8

ปัญหาโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง 11

ความสำคัญของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย 14

ความเป็นมาของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ 19

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ 26

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 31

รูปแบบการวิจัย 31
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 31
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 32
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 34
การเก็บรวบรวมข้อมูล 36
การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง 41
การวิเคราะห์ข้อมูล 41
บทที่ 4 ผลการวิจัย 42
ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล 42
ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน 44
ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 50
ส่วนที่ 4 ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 51
ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 54
ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 55
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 56
สรุปผลการวิจัย 56
อภิปรายผลการวิจัย 59
ข้อเสนอแนะ 63
บรรณานุกรม 65
ภาคผนวก 74
ภาคผนวก ก 75

ภาคผนวก ข 80

ภาคผนวก ค 82

ภาคผนวก ง 90

ประวัติย่อของผู้วิจัย 92

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของระดับเสียงที่สูงที่สุดที่ยอมรับได้ในห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน อ้างอิงจาก OSHA 18

ตารางที่ 2 คำแนะนำในการปฏิบัติตัวของผู้รับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินตามแนวทางต่างๆ. 19

ตารางที่ 3 แสดงระดับเสียงพื้นฐานของห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเทียบกับค่ามาตรฐาน..... 35

ตารางที่ 4 คุณสมบัติผู้ควบคุมการทดสอบและขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ 38

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล 43

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน และค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สามของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติแยกตามความถี่เสียง 44

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน และค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สามของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือแยกตามความถี่เสียง 46

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน ค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สาม และค่านัยยะสำคัญทางสถิติของค่าความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 48

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (n=24)..... 50

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจำแนกตามระดับความพึงพอใจต่อการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ (n=24)..... 51

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือของหูข้างขวา หูข้างซ้าย และหูทั้งสองข้าง 52

ตารางที่ 12 สถิติทดสอบและค่านัยยะสำคัญทางสถิติของความแตกต่างด้านระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ 54

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย และการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ (n= 24) 55

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือตามความถี่เสียงระหว่างกลุ่มอาชีพนักศึกษาและอาชีพพนักงานอื่น ๆ 91

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

ภาพที่ 2 A แสดงลักษณะทางกายวิภาคของหู B แสดงลักษณะทางกายวิภาคของหูชั้นในรูปหอยโข่ง C, D แสดงลักษณะทางสรีรวิทยาของระบบการได้ยินและ E แสดงระบบประสาทส่วนกลางของระบบการได้ยิน 9

ภาพที่ 3 แสดงกลไกการเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง 12

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะเฉพาะที่พบในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดเสียงบริสุทธิ์ในโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง 13

ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งที่นั่งของผู้ทำการทดสอบและผู้เข้ารับการทดสอบ 24

ภาพที่ 6 แบบฟอร์มในการบันทึกผลทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่แนะนำโดย British Society of Audiology 25

ภาพที่ 7 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ KUDUwave 27

ภาพที่ 8 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ AMTAS 28

ภาพที่ 9 แสดงวิธีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินด้วยโปรแกรม DigiBel 28

ภาพที่ 10 Scatter plot แบบ Matrix แสดงความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือแจกแจงตามความถี่และรวมทุกความถี่ 53

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน (Occupational noise – induced hearing loss) หรือโรคหูตึงจากเสียง (Hearing impairment caused by noise) เป็นหนึ่งในโรคที่เกิดขึ้นจากสาเหตุทางกายภาพซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานตามประกาศกระทรวงแรงงานเมื่อปี พ.ศ. 2566 (ราชกิจจานุเบกษา, 2566) เป็นหนึ่งในโรคจากการประกอบอาชีพที่พบได้มาก โดยสถิติจากสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2560a, 2560b, 2561) พบว่ามีผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคประสาทหูเสื่อมในกลุ่มวัยแรงงาน (15 – 59 ปี) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 - 2560 อยู่ที่ 16,532 ราย, 19,198 รายและ 13,125 รายตามลำดับ โดยปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญคือ การรับสัมผัสเสียงดังจากการทำงานและปัจจัยเสริมอื่นๆ ที่พบได้จากสภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น สารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน (Ototoxicant) เป็นต้น แต่เนื่องจากสถิตินี้เก็บข้อมูลจาก ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) ทั้งหมด 4 รายการคือ H83. 3 สำหรับ Noise effects on inner ear, H90. 3 สำหรับ Sensorineural hearing loss, bilateral, H90.4 สำหรับ Sensorineural hearing loss, unilateral with unrestricted hearing on the contralateral side และ H90.5 สำหรับ Sensorineural hearing loss, unspecified ซึ่งไม่ใช่วินิจฉัยที่จำเพาะเจาะจงว่าเป็นโรคจากการทำงานดังนั้นสถิตินี้จึงอาจไม่ใช่โรคจากการทำงานทั้งหมด

เมื่อศึกษาข้อมูลสถิติของการเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน กระทรวงแรงงาน (สำนักงานประกันสังคม, 2567) ปี พ.ศ.2562 – 2566 พบว่ามีจำนวน 28 ราย คิดเป็นความชุกที่ 4.7% ของการเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานทั้งหมดซึ่งต่ำกว่าความชุกของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ 11.7% ที่เป็นประเทศที่มีมาตรการป้องกันผลกระทบจากการทำงานสัมผัสเสียงดังเป็นอย่างดี ดังนั้นการที่ความชุกของประเทศไทยต่ำกว่าประเทศสหรัฐอเมริกาอาจเกิดจากการวินิจฉัยโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงานน้อยกว่าความเป็นจริง (Under-report/ under-diagnosis) จึงทำให้รายงานความชุกออกมาไม่ตรงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น การวินิจฉัยนั้นจำเป็นต้องใช้การทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Audiometry) ที่มีองค์ประกอบตั้งแต่เครื่องมือตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่ได้มาตรฐาน ANSI S3.6 ตู้เก็บเสียงที่ได้มาตรฐาน และผู้ทดสอบมีคุณสมบัติตามที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมีหลายประการ อาทิ ปัจจัยของเครื่องมือคือตู้เก็บเสียงทรุดโทรม เครื่องทดสอบ

สมรรถภาพการได้ยินไม่ได้ทำการสอบเทียบ (Basic calibration) ปัจจัยของคนคือผู้เข้ารับการทดสอบไม่ได้งดสัมผัสเสียงดังตามเวลาที่กำหนดก่อนทดสอบ หรือผู้เข้ารับการทดสอบอาจปฏิบัติไม่ถูกต้องตามวิธีการตรวจ และผู้ควบคุมการทดสอบไม่ได้ปฏิบัติตามแนวทางการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ถูกต้อง หรือมีประสบการณ์การตรวจไม่เท่ากัน ดังนั้นการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ได้มาตรฐาน มีการควบคุมคุณภาพการทดสอบอย่างถูกต้อง สามารถทำให้ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินแสดงถึงสถิติการเจ็บป่วยด้วยโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินยังมีความสำคัญในด้านกฎหมายอีกด้วย โดยในปี พ.ศ. 2561 มีประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ซึ่งกำหนดให้สถานประกอบกิจการที่มีสภาวะการทำงานในสถานประกอบกิจการมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานแปดชั่วโมงตั้งแต่ 85 dB(A) ขึ้นไปต้องมีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ โดยมีองค์ประกอบสำคัญคือจัดให้มีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในลูกจ้างอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้งเพื่อประเมินความพร้อมในการทำงานและเฝ้าระวังการได้ยินจากการรับสัมผัสเสียงดัง จึงสรุปได้ว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินถือเป็นการทดสอบสำคัญในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ทั้งในด้านการประเมินความพร้อมในการทำงาน การเฝ้าระวังการได้ยินจากการรับสัมผัสเสียงดัง และการวินิจฉัยโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน

สำหรับมาตรฐานของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัยสามารถอ้างอิงได้จากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) โดยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่ระบุในมาตรฐานนี้จะใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดพัลส์-โทน (Pulsed – tone audiometer) ที่ได้มาตรฐาน ANSI/ ASA S3.6 โดยใช้การวัดระดับการได้ยินทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์ (Pure tone air conduction) ที่ความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz (กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งกำหนดให้ทำการทดสอบโดยนักโสตสัมผัสวิทยาหรือผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินและการใช้เครื่องมือซึ่งได้รับการรับรองหลักสูตรโดยกระทรวงสาธารณสุขหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเครื่องมือชนิดดังกล่าวสามารถเรียกตามหลักการใช้งานได้ว่าเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ หรือ Manual Audiometer ซึ่งมีข้อจำกัดคือการทดสอบจำเป็นต้องใช้ผู้ทำการทดสอบที่มีความรู้ความชำนาญในการควบคุมอุปกรณ์ มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมีความคลาดเคลื่อนได้ (Govender & Mars, 2018)

ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ (Automated Audiometer) ซึ่งสามารถปรับระดับเสียง ความถี่เสียง และบันทึกผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างอัตโนมัติ ทำให้ลดข้อผิดพลาดในการตรวจ ลดระยะเวลาในการตรวจ รวมถึงช่วยลดภาระงานของผู้ควบคุมการตรวจ (Margolis & Morgan, 2008) แต่เนื่องจากงานวิจัยเรื่องการใช้งานในประเทศไทยยังจำกัด ทั้งในแง่ของความแม่นยำของผลการตรวจ การลดภาระงาน ความคุ้มค่าในการใช้งาน

อีกทั้งคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยังกำหนดให้มีองค์ประกอบของการตรวจครบทั้งสามอย่างคือ เครื่องตรวจ ตู้จำกัดเสียงรบกวน และผู้ทำการตรวจที่ได้คุณสมบัติตามที่กำหนด (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) ซึ่งเครื่องมืออัตโนมัติจะสามารถทำงานได้เองโดยไม่ต้องอาศัยผู้ทำการตรวจ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาประสิทธิผลของวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินไม่แตกต่างกับวิธีปรับด้วยมือ และวิธีอัตโนมัติสามารถลดระยะเวลาในการทดสอบเมื่อเทียบกับวิธีปรับด้วยมือ โดยได้ทำการควบคุมคุณภาพของเครื่องตรวจและห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงแนวทางการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในอนาคต ทำให้การเฝ้าระวังสุขภาพจากการทำงานสัมผัสเสียงดังมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในภาคตะวันออกของประเทศไทย มีการพัฒนาพื้นที่ในการทำอุตสาหกรรมเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ติดกับท่าเรือที่สำคัญหลายแห่ง เช่น ท่าเรือแหลมฉบัง เป็นต้น โดยพื้นที่นี้ถูกเรียกว่าเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) ซึ่งมีการประกอบกิจการที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพแรงงานมากมาย โดยเสียงดังเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงที่พบ ดังนั้นจึงมีความต้องการในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมากเป็นเงาตามตัว โดยสถิติจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2567) พบว่าในปี พ.ศ.2566 จังหวัดชลบุรีมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังดำเนินการอยู่มากถึง 5,106 โรง ในขณะที่ระยองมี 3,132 โรง ฉะเชิงเทรามี 2,050 โรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาในกลุ่มประชากรในจังหวัดชลบุรี

โดยจังหวัดชลบุรีมีโรงพยาบาลขนาดใหญ่อยู่ทั้งหมด 3 แห่ง ประกอบด้วยโรงพยาบาลสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ กรมแพทย์ทหารเรือขนาด 1,000 เตียง ผู้รับบริการส่วนใหญ่ใช้สิทธิการรักษาจากกรมบัญชีกลาง โรงพยาบาลชลบุรีขนาด 850 เตียง ผู้รับบริการส่วนใหญ่ใช้สิทธิการรักษาจากสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) และโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา สภากาชาดไทยขนาด 500 เตียง ผู้รับบริการส่วนใหญ่ใช้สิทธิการรักษาจากสำนักงานประกันสังคม โดยโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชาได้มีการจัดตั้งศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม เพื่อให้บริการทางอาชีวอนามัยแก่พนักงานตามวัตถุประสงค์ในการดูแลสุขภาพพนักงาน ซึ่งมีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเป็นประจำโดยสถิติจำนวนผู้เข้ารับบริการย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 ถึง 2567 เฉลี่ยเดือนละ 54 คน ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาในกลุ่มประชากรดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับชนิดปรับด้วยมือ

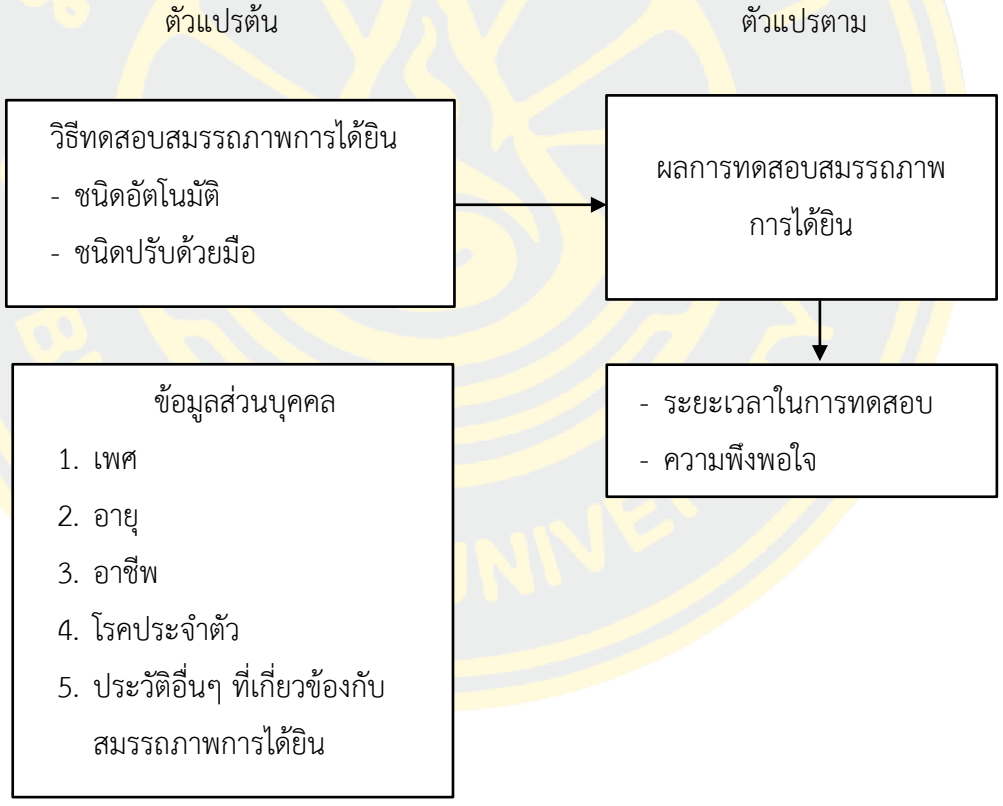
2. เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

3. เพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

สมมติฐานของการวิจัย

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติได้ผลไม่แตกต่างกับวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือเกิน 10 เดซิเบล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากร

พนักงานที่เข้ารับบริการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ทำการวิจัยคือศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา

3. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือในพนักงานที่เข้ารับบริการที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี

4. ขอบเขตด้านเวลา

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 14 ถึง 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลคือ 2 สัปดาห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน หมายถึง ความสามารถในการได้ยินเสียงของหูทั้งสองข้างโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ในการประเมิน (Pure – tone audiometry) ที่ความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz (กิโลเฮิรตซ์) ด้วยการทดสอบจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและชนิดอัตโนมัติ

วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของหูโดยใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่ได้มาตรฐาน ANSI S3.6 ซึ่งผู้ทำการทดสอบจะเป็นผู้ควบคุมระดับความเข้มเสียงและความถี่เสียง รวมถึงทำการจดบันทึกข้อมูลและรายงานผลการทดสอบด้วยวิธีการป้อนข้อมูลด้วยตัวเอง

วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของหูโดยใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่ได้มาตรฐาน ANSI S3.6 โดยที่เครื่องจะทำการควบคุมระดับความเข้มเสียง ความถี่เสียง จดบันทึกข้อมูล และรายงานผลการทดสอบโดยอัตโนมัติผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยไม่ต้องพึ่งพาผู้ทำการทดสอบในการควบคุมกระบวนการขณะทดสอบ

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน หมายถึง การนำผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจากวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือมาหาความแตกต่างของประสิทธิผล

ข้อมูลส่วนบุคคล หมายถึง ข้อมูลของผู้เข้ารับบริการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่สามารถระบุไปถึงตัวบุคคลนั้นได้ ซึ่งประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ โรคประจำตัว และประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน โดยที่

เพศ หมายถึง เพศตามบัตรประชาชน แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง

อายุ หมายถึง ระยะเวลานับจากวันเดือนปีพุทธศักราชที่เกิดซึ่งระบุในบัตรประจำตัวประชาชนหรือเอกสารราชการมาถึงวันที่เข้ารับการตรวจ ระบุเป็นปี

อาชีพ หมายถึง งานที่ทำเป็นประจำเพื่อการดำรงชีวิต

โรคประจำตัว หมายถึง ภาวะความเจ็บป่วยที่ติดตัวเรื้อรัง ไม่สามารถรักษาให้หายขาดและต้องได้รับการควบคุมจากแพทย์อย่างต่อเนื่อง อาจเกี่ยวข้องกับระบบการได้ยินหรือไม่เกี่ยวข้องก็ได้

ประวัติที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน หมายถึง ภาวะหรืออาการหรือการปฏิบัติตัวของผู้เข้ารับบริการที่อาจส่งผลให้สมรรถภาพการได้ยินผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง เช่น มีอาการไข้หวัดน้ำมูกไหล มีการใช้ยาลดน้ำมูก มีภาวะหูอื้อ การมีขี้หูอุดตัน ประวัติอุบัติเหตุ ประวัติการรับสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน และประวัติการสูบบุหรี่

ระยะเวลาในการทดสอบ หมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ ซึ่งรวมถึงเวลาที่ใช้ในการจดบันทึกผลการทดสอบ

ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับของความรู้สึกที่ผู้เข้ารับการทดสอบรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ทั้งในแง่ของวิธีการทดสอบ ระยะเวลาในการทดสอบ และความพึงพอใจภาพรวม ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับที่ 1 (น้อยที่สุด) ถึงระดับที่ 5 (มากที่สุด)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. โรงพยาบาลหรือสถานประกอบกิจการสามารถนำวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติไปใช้เพื่อประโยชน์ในการคัดกรองโรคประสาทหูเสื่อมได้

2. เป็นแนวทางในการออกกฎหมายให้ครอบคลุมการใช้งานวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

3. สถานประกอบกิจการสามารถเฝ้าระวังสมรรถภาพการได้ยินให้แก่ลูกจ้างด้วยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่สะดวกมากยิ่งขึ้น

4. ช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ได้ เนื่องจากไม่ต้องควบคุมเครื่องมือในระหว่างการทำการทดสอบ

5. ช่วยประหยัดเวลาในการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงของลูกจ้าง นายจ้าง รวมถึงบุคลากรทางการแพทย์ได้ เนื่องจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ

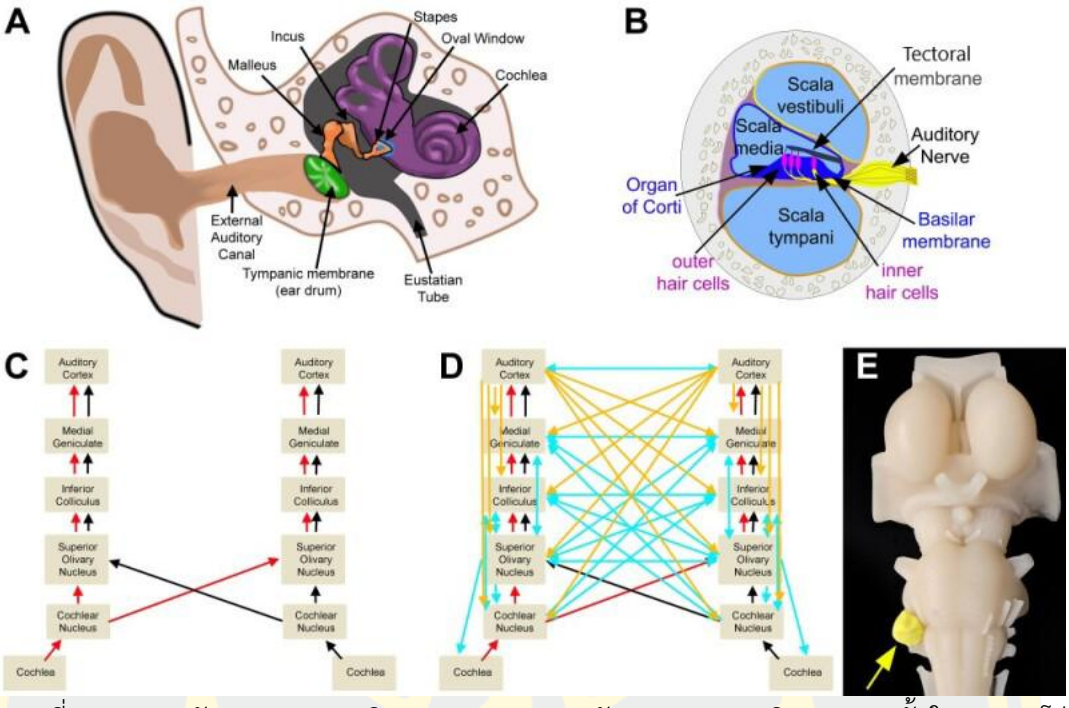
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือในกลุ่มผู้ที่เข้ารับบริการที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา โดยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย 5 หัวข้อหลัก ดังนี้

1. การได้ยินและการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน
2. ปัญหาโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง
3. ความสำคัญของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย
4. ความเป็นมาของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์
5. เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

การได้ยินและการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยประสาทสัมผัส 5 ชนิด ทำหน้าที่รับสิ่งกระตุ้นจากภายนอกร่างกาย ซึ่งหูคืออวัยวะที่ใช้ในการได้ยิน (Myklebust, 1971) คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านอากาศจะมารวมกันที่ใบหู ซึ่งเป็นส่วนนอกสุดของหูชั้นนอก จากนั้นจึงผ่านเข้ามายังช่องหู กระทบกับเยื่อแก้วหู แล้วเกิดเป็นความสั่นสะเทือนส่งไปยังหูชั้นกลาง จากนั้นความสั่นสะเทือนนี้จะส่งผ่านกระดูกสามชิ้น ได้แก่ กระดูกค้อน (Malleus) กระดูกทั่ง (Incus) และกระดูกโกลน (Stapes) แล้วส่งผ่านเข้าไปยังหูชั้นในที่มีอวัยวะแปลงความสั่นสะเทือนเป็นกระแสประสาท เรียกว่า หูชั้นในรูปหอยโข่ง (Cochlear) ซึ่งภายในประกอบไปด้วยเซลล์ขน (Hair cell) ซึ่งจะขยับตามการสั่นสะเทือนของของเหลวภายในหูชั้นในรูปหอยโข่ง การขยับของเซลล์ขนจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังเส้นประสาทคู่ที่ 8 (8^{th} Cranial nerve) แล้วส่งกระแสประสาทไปยังระบบประสาทส่วนกลางต่อไป (Ann-Christin Johnson, 2009)



ภาพที่ 2 A แสดงลักษณะทางกายวิภาคของหู B แสดงลักษณะทางกายวิภาคของหูชั้นในรูปหอยโข่ง C, D แสดงลักษณะทางสรีรวิทยาของระบบการได้ยินและ E แสดงระบบประสาทส่วนกลางของระบบการได้ยิน

ที่มา: (Peterson et al., 2024)

จากกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาการ เสียงในลักษณะรูปแบบที่แตกต่างกันจะเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ วัตถุ และความหมายที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งความสามารถในการรับรู้เหตุการณ์ วัตถุ และความหมายหลากหลายเหล่านี้ที่เกิดจากเสียง เรียกว่า “การได้ยิน” (Schubert, 1980) ดังนั้น หากระบบการได้ยินมีความผิดปกติ ไม่ว่าจะเป็นส่วนใดก็ตาม ความไวในการได้ยินของบุคคลนั้นอาจลดลง ซึ่งเรียกว่า การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน หรือ การบกพร่องทางการได้ยิน สาเหตุของการสูญเสียการได้ยินมีหลายประการ อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลันหรือค่อยเป็นค่อยไป และระดับความรุนแรงของการสูญเสียเกิดได้ตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงขั้นรุนแรงที่เรียกว่า หูหนวก

การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินนั้นส่งผลกระทบมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียความสามารถในการสื่อสารระหว่างบุคคล การใช้ชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต รวมถึงในระดับสังคมที่อาจต้องพึ่งพาผู้อื่น (Kotby et al., 2008; Mason & Mason, 2007) โดยการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินยังสามารถทำให้เกิดความอาย ความโดดเดี่ยว สังคมตีตราว่ามีความพิการ อาจนำไปสู่ปัญหาสุขภาพจิต ความเครียด ปัญหาความสัมพันธ์ในชีวิตคู่ ข้อจำกัดในการทำงาน และเกิดความเครียดในการทำงานรวมถึงนำมาซึ่งการขาดรายได้ (Mohr et al., 2000; Morris et al., 2016)

การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญระดับโลก (Davis et al., 2016) โดยคาดการว่าจะเป็นหนึ่งใน 15 โรคหลักที่ทำให้มีความสูญเสียทางสุขภาพของประชากรในปี ค.ศ. 2030 (Mathers & Loncar, 2006) การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินส่งผลกระทบโดยตรงกับความสามารถในการสื่อสารและคุณภาพชีวิต และจากการศึกษายังพบว่ามีความสัมพันธ์กับความรู้คิด (Cognitive function) และสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness)

ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินทั่วโลก

ในปัจจุบัน สถานการณ์ของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Olusanya, Neumann, & Saunders, 2014) โดยในปี ค.ศ. 1985 มีความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้ชีวิต (Disabling hearing loss) อยู่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของประชากรโลก และเพิ่มเป็นร้อยละ 2 และร้อยละ 5 ในปีค.ศ. 1995 และค.ศ.2021 ตามลำดับ โดยองค์การอนามัยโลกคาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ. 2050 หรืออีกเพียง 26 ปีข้างหน้า ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้ชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 700 ล้านคน หรือกว่าร้อยละ 10 ของประชากรโลก โดยการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้ชีวิตหมายถึงระดับการได้ยินของหูข้างที่ดีกว่ามีความไวสูงกว่า 35 เดซิเบล (Salomon et al., 2015; Smith, 2003; WHO, 2024)

โดยความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่เพิ่มขึ้นนี้ประกอบไปด้วยหลายเหตุปัจจัย (WHO, 2024)

หนึ่ง ภาวะหูตึงในผู้สูงอายุ (Presbycusis) เนื่องจากปัจจุบันอายุขัยโดยเฉลี่ยของประชากรโลกเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้จำนวนประชากรกลุ่มนี้เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว

สอง ความสามารถในการตรวจพบความผิดปกติในปัจจุบันพัฒนาขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับสมัยก่อน รวมถึงความเข้าถึงบริการทางการแพทย์ ทำให้มีการพบการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้ดีมากขึ้น (Early detection)

สาม การรับสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน (Ototoxicant) โดยสารเคมีบางชนิด เช่น โทลูอีน สไตรลีน ยาบางชนิด เช่น ยาขับปัสสาวะ มีฤทธิ์ทำลายระบบการได้ยินทั้งในส่วนของหูชั้นในหรือระบบประสาทส่วนกลาง (Ann-Christin Johnson, 2009; Beaver & Schneider, 2023; Steyger, 2009)

สุดท้าย การรับสัมผัสเสียงดัง (Noise) ทำให้เกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง (Noise – induced hearing loss) (ACGIH, 2006; Disorders, 2022; NIOSH, 2023) ส่วนมากเสียงดังมักเกิดขึ้นในบริบทของสถานประกอบกิจการ จึงต้องมีการควบคุมเสียงดังและมาตรการอนุรักษ์การได้ยินเพื่อเฝ้าระวังและลดผลกระทบจากการสัมผัสเสียงดัง อีกทั้งในบางสถานประกอบกิจการ ยังมีการใช้

สารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยินอีกด้วย ซึ่งสามารถเสริมฤทธิ์กัน ทำให้พนักงานเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดังได้แม้ระดับเสียงที่รับสัมผัสในการทำงานต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (Pierre Campo, 2018)

ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินในประเทศไทย

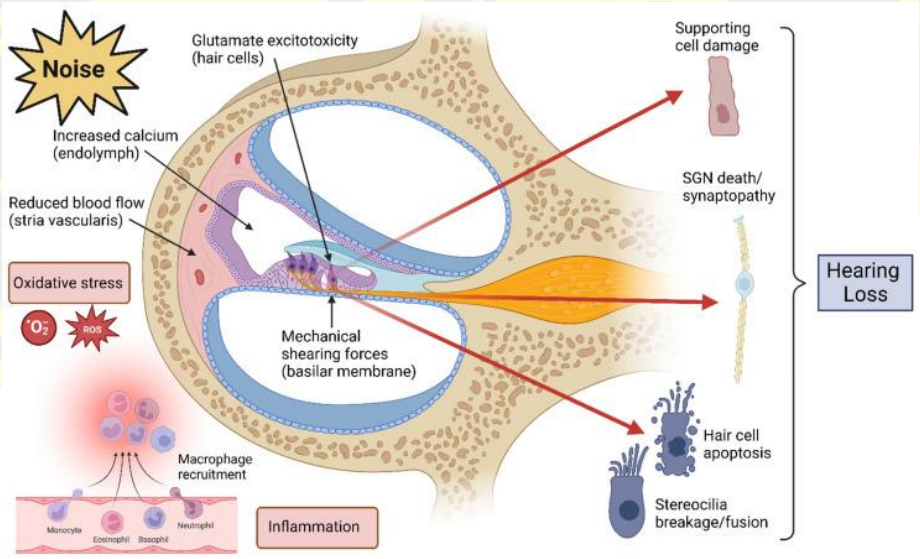
ความชุก : จากรายงานขององค์การอนามัยโลก ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้ชีวิตทั้ง 6 เขตประเทศ (WHO region) แตกต่างกัน ซึ่งประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบว่ามีความชุกเท่ากับร้อยละ 5.5 (Chadha, Kamenov, & Cieza, 2021) โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาสมรรถภาพการได้ยินของกลุ่มประชากรในจังหวัดกรุงเทพมหานคร พบว่าความชุกของผู้ที่มีระดับการได้ยินของหูข้างที่ดีกว่า ที่มีระดับการได้ยิน 25 เดซิเบลขึ้นไปอยู่ที่ร้อยละ 14.3 อีกทั้งปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญคือการรับสัมผัสเสียงดัง (Ruencharoen et al., 2024) จะเห็นว่าค่าความชุกของประเทศไทยสูงกว่าทั้งระดับเขตประเทศและระดับโลก ซึ่งอาจเกิดจากการเข้าถึงทางการแพทย์ที่จำกัด ทั้งในแง่ของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน การขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ เป็นต้น (Chadha, Kamenov, & Cieza, 2021; WHO, 2024)

ปัญหาโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง

โรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง (Noise – induced hearing loss) เป็นการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินชนิดประสาทรับเสียงบกพร่อง (Sensorineural hearing loss) ที่พบมากเป็นอันดับสองรองจากภาวะหูตึงในผู้สูงอายุ (Presbycusis) (Natarajan, Batts, & Stankovic, 2023) เกิดขึ้นจากความผิดปกติของหูชั้นใน ซึ่งทั่วโลกให้ความสนใจเพราะเป็นโรคที่สามารถป้องกันได้ โดยมีการพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคลชนิดที่อุดหู (Ear plug) มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1864 แต่มีหลักฐานว่ามีการใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคลตั้งแต่ยุคกรีกโบราณ (Acton, 1987) โรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดังถูกวินิจฉัยครั้งแรกในสมัยการปฏิวัติอุตสาหกรรม (Industrial revolution) ของสหรัฐอเมริกา (Thurston, 2013) แม้ว่าจะมีการศึกษาผลกระทบด้านลบของเสียงดังต่อสมรรถภาพการได้ยินมากมาย รวมถึงงานวิจัยที่มีอย่างกว้างขวางในยุคปัจจุบัน การสูญเสียการได้ยินยังคงจัดอยู่ในกลุ่มโรคจากการทำงานที่พบได้บ่อยที่สุดทั้งในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก (WHO, 2024) โรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดังอาจเกิดขึ้นที่หูข้างเดียวหรือสองข้างก็ได้ และเกิดได้ทั้งชั่วคราวหรือถาวร ระยะเวลาในการเกิดโรคและความรุนแรงในการเกิดโรคนั้นขึ้นอยู่กับระดับความเข้มเสียงและระยะเวลาที่สัมผัสเสียงดัง (Liberman, 2016; Mazurek et al., 2010)

พยาธิสรีรวิทยาของเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง

กลไกการเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดังเกิดจากหลายสาเหตุประกอบเข้าด้วยกัน อาทิเช่น การเกิดความเสียหายภายในท่อของกระดูกรูปก้นหอยหูชั้นในจากแรงกล การไหลเวียนของเลือดในกระดูกรูปก้นหอยหูชั้นในลดลงจากการอักเสบ การเกิดสารอนุมูลอิสระ และการเกิดพิษจากการกระตุ้นเซลล์ประสาทที่มากเกินไป (Furness, 2015; Salvi et al., 2016) โดยเสียงดังสามารถก่อให้เกิดการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้ทั้งชั่วคราว หรือ Temporary threshold shift และถาวร หรือ Permanent threshold shift (Liberman, 2016) โดยการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินชั่วคราวเกิดจากส่วนขนของเซลล์ขนในกระดูกก้นหอย (Cilia of Cochlear hair cell) เกิดการบิดเบี้ยว ทำให้การส่งสัญญาณประสาทมีความผิดปกติ ซึ่งการสูญเสียการได้ยินมักหายไปหลังจากสัมผัสเสียงดัง 16 – 48 ชั่วโมง (Chan, 1998) แต่หากยังมีการสูญเสียการได้ยินต่อเนื่องหลังจากหยุดการรับสัมผัสเสียงดังแล้ว 30 วัน จะพิจารณาว่าเป็นการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินถาวร (Campbell et al., 2016)



ภาพที่ 3 แสดงกลไกการเกิดโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง

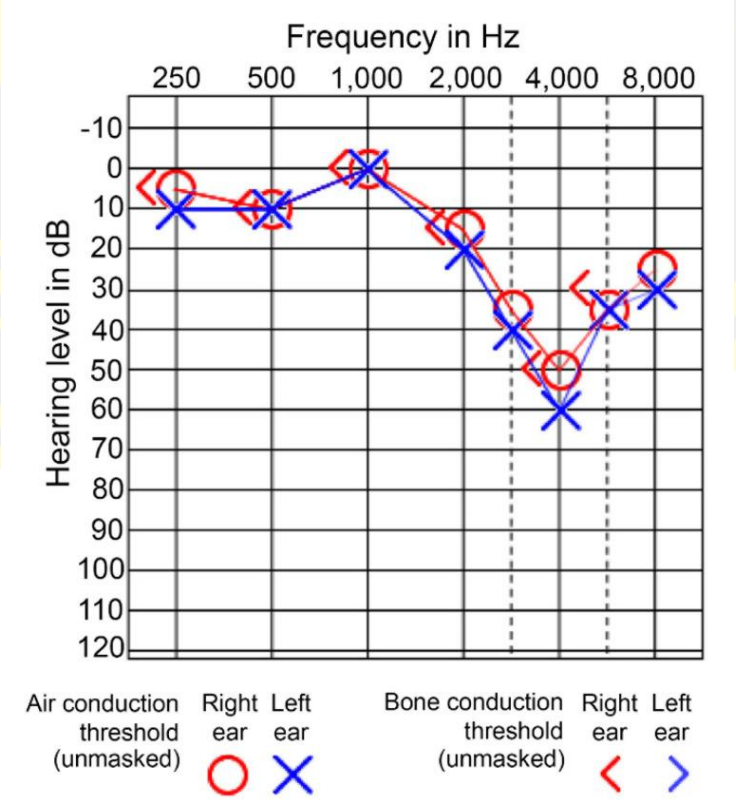
ที่มา: (Natarajan, Batts, & Stankovic, 2023)

อาการของโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง

1. ต้องเป็นการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินชนิด Sensorineural Hearing Loss เท่านั้น เนื่องจากการสัมผัสเสียงดังทำลายระบบการได้ยินบริเวณเซลล์ขนของกระดูกรูปก้นหอยหูชั้นใน (Cochlear Hair Cell) (Mirza et al., 2018)

2. การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินมักเกิดที่หูทั้งสองข้างในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป (Gradual onset bilateral or symmetry) (Mirza et al., 2018)

3. โรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดังจะมีลักษณะเฉพาะที่พบในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดเสียงบริสุทธิ์คือระดับการได้ยินจะปกติที่ความถี่ต่ำถึงปานกลาง จากนั้นจะเริ่มลดลงที่ความถี่ 3 kHz โดยลดลงมากสุดที่ความถี่ 4kHz จากนั้นจะค่อยๆ กลับมาดีขึ้นที่ความถี่สูง (Mirza et al., 2018; Pierson et al., 1994) อย่างไรก็ตาม ระดับการได้ยินที่ลดลงนี้อาจแตกต่างกันตามอาชีพ เช่น ทหารจะสัมผัสเสียงดังที่เป็นลักษณะเสียงกระแทก ซึ่งรูปแบบการสูญเสียการได้ยินจะเกิดที่ความถี่ 6 kHz มากกว่า 4 kHz (Moore, 2020)



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะเฉพาะที่พบในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดเสียงบริสุทธิ์ในโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง

ที่มา: (Natarajan, Batts, & Stankovic, 2023)

4. โรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดังอาจทำให้เกิดเสียงดังในหู (Tinnitus) หมายถึงการได้ยินเสียงโดยที่ไม่มีเสียงจากภายนอกกระตุ้น มักจะเป็นเสียงวิ้งหรืออื้อในหู (Esmaili & Renton, 2018) โดยสาเหตุการเกิดอาการเสียงดังในหูยังไม่แน่ชัด แต่เชื่อว่าเกิดจากความผิดปกติของกระดูกก้นหอยหูชั้นใน (Cochlear deafferentation) ซึ่งเป็นผลจากการสัมผัสเสียงดัง (Shore & Wu, 2019) และพบว่าความรุนแรงของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินในกลุ่มโรคประสาทหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดังมีความสัมพันธ์กันกับความดังของเสียงดังในหู และมักพบร่วมกัน (Mazurek et al., 2010; Yankaskas, 2013)

5. นอกจากระบบการได้ยินแล้ว หูชั้นในยังมีบทบาทสำคัญในระบบการทรงตัว เซลล์ขนของกระดูกรูปก้นหอยหูชั้นในมีลักษณะใกล้เคียงกับเซลล์ขนกระดูกรูปครึ่งวงกลมหูชั้นในที่ใช้ในการทรงตัว รวมถึงยังใช้เส้นเลือดมาเลี้ยงด้วยเส้นเดียวกัน จากปัจจัยดังกล่าวทำให้การเกิดอาการบาดเจ็บของหูชั้นในจากเสียงดัง ส่งผลมายังอวัยวะข้างเคียงที่ใช้ในระบบการทรงตัวด้วย (Golz et al., 2001; Oosterveld, Polman, & Schoonheyt, 1982; Stewart et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบว่าร้อยละ 11.2 ของผู้ที่สูญเสียสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองข้าง (Symmetry) และร้อยละ 21 ของผู้ที่สูญเสียสมรรถภาพการได้ยินข้างใดข้างหนึ่ง (Asymmetry) มักพบความผิดปกติของระบบการทรงตัวร่วมด้วย โดยสาเหตุที่การสูญเสียการได้ยินทั้งสองข้างพบความผิดปกติของระบบการทรงตัวน้อยกว่าเนื่องจากระบบการทรงตัวสามารถชดเชย (Compensate) ได้ดีกว่าการสูญเสียที่ข้างเดียว (Golz et al., 2001)

ความสำคัญของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย

โรคประสาทหูเสื่อมจากเสียงดัง สามารถพบได้ในหลายอุตสาหกรรม ตั้งแต่ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักร หรือแม้แต่ตำรวจจราจร (Nandi & Dhatrak, 2008; Peirce, Weiner, & Vesilind, 1998) ดังนั้นทั่วโลกจึงมีความพยายามในการป้องกันการสัมผัสเสียงดังหลากหลายวิธี ตามลำดับขั้นของการควบคุมอันตราย (Hierarchy of control) ประกอบด้วย (CCOHS, 2017)

1. การกำจัด (Elimination) การกำจัดแหล่งกำเนิดเสียงดัง ถือเป็นมาตรการควบคุมอันตรายที่ดีที่สุดในการควบคุมเสียงดัง

2. การทดแทน (Substitution) หากไม่สามารถกำจัดแหล่งกำเนิดเสียงดังได้ การทดแทนแหล่งกำเนิดเสียงดังด้วยเครื่องจักรอื่นที่มีเสียงเบากว่า จึงถือเป็นอีกวิธีการที่สามารถลดเสียงดังได้

3. การควบคุมทางวิศวกรรม (Engineering control) หากไม่สามารถกำจัดและทดแทนแหล่งกำเนิดเสียงดังได้ การควบคุมทางวิศวกรรมหรือการปรับปรุงทางวิศวกรรมทั้งในแง่ของการควบคุมที่แหล่งกำเนิด (Source) หรือที่ทางผ่านของเสียงดัง (Path) จึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งการควบคุมที่แหล่งกำเนิดจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการควบคุมที่ทางผ่าน เช่น การติดตั้งวัสดุซับเสียงดัง หรือการติดตั้งวัสดุซับแรงสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเพื่อช่วยลดเสียงดัง การสร้างห้องเก็บเสียงเพื่อแยกแหล่งกำเนิดออกจากพนักงาน เป็นต้น

4. การควบคุมด้านบริหารจัดการ (Administrative control) การควบคุมด้านบริหารจัดการเป็นการควบคุมที่พนักงาน ซึ่งควรทำควบคู่กับการควบคุมทางวิศวกรรม ตัวอย่างเช่นการหมุนเวียนพนักงานไปทำงานในกระบวนการผลิตที่สัมผัสเสียงดัง การใช้มาตรการอนุรักษ์การได้ยิน การจัดตารางงานให้ทำกระบวนการผลิตที่มีเสียงดังในเวลาที่มีพนักงานน้อย การจัดมาตรการเฝ้าระวังทางสุขภาพ และเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงจัดให้มีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

5. อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) หากการควบคุมทางวิศวกรรมไม่สามารถทำได้ อาจพิจารณาการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เช่น ที่ครอบหู (Ear muffs) หรือที่อุดหู (Ear plugs) ร่วมกับการควบคุมด้านบริหารจัดการเพื่อทดแทน อย่างไรก็ตาม การใช้มาตรการดังกล่าวอาจไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันลูกจ้างจากเสียงดังได้ เนื่องจากการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอาจใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ใช้งานเลย พนักงานอาจไม่ทำตามมาตรการการควบคุมด้านบริหารจัดการ ดังนั้นการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลจึงควรเป็นมาตรการสุดท้ายในการควบคุมเสียงดัง

โดยหนึ่งในมาตรการป้องกันอันตรายจากการสัมผัสเสียงดังที่พบได้และมีความสำคัญคือมาตรการอนุรักษ์การได้ยิน (Hearing conservation program) ซึ่งอาศัยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในการเฝ้าระวังทางสุขภาพ โดยในแต่ละองค์กรของแต่ละประเทศมีคำแนะนำที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. หน่วยงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงานของกระทรวงแรงงานประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) แนะนำให้ทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยิน เมื่อลูกจ้างปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดังเฉลี่ยตั้งแต่ 85 เดซิเบล เอ ตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งกำหนดให้มีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินเพื่อเก็บเป็นค่าพื้นฐาน (Baseline audiogram) ภายในเวลา 6 เดือนหลังเริ่มงาน หรือภายใน 1 ปีหากตรวจด้วยรถเคลื่อนที่ และใช้ในการเฝ้าระวังทางสุขภาพด้วยการตรวจเป็นประจำไม่เกิน 1 ปีหลังจากการตรวจครั้งแรก (Annual audiogram) อีกทั้งหากหยุดการรับสัมผัสเสียงดังไม่ว่าจะเปลี่ยนงาน หรือออกจากงาน จะมีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินเพื่อออกจากงานอีกด้วย (Exit audiometry) (OSHA, 2008)

2. สถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) แนะนำให้ทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยิน เมื่อลูกจ้างปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดังเฉลี่ยตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอ ตลอด 8 ชั่วโมงการทำงานเช่นเดียวกันกับสำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา และกำหนดให้มีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินเพื่อเก็บเป็นค่าพื้นฐาน (Baseline audiogram) ภายในเวลา 30 วันหลังเริ่มงาน และใช้ในการเฝ้าระวังทางสุขภาพด้วยการตรวจเป็นประจำไม่เกิน 1 ปีหลังจากการตรวจครั้งแรก (Annual audiogram) อีกทั้งหากหยุดการรับสัมผัสเสียงดังไม่ว่าจะเปลี่ยนงาน หรือออกจากงาน จะมีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินเพื่อออกจากงานเช่นเดียวกัน (Exit audiometry) (Chan, 1998)

3. กระทรวงแรงงานของประเทศไทยได้ออกประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ.2561 (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ข้อสอง ให้นายจ้างจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการในกรณีที่สภาวะการทำงานในสถานประกอบกิจการมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานแปดชั่วโมงตั้งแต่ 85 เดซิเบลเอขึ้นไป ซึ่งต้องมีการทำการเฝ้าระวังการได้ยิน (Hearing monitoring) ตามข้อสี่และข้อห้า คือให้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินครั้งแรกเป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline audiogram) จากนั้นทำการทดสอบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง (Annual audiogram)

จะเห็นได้ว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน เป็นการทดสอบที่สำคัญในการให้บริการอาชีวอนามัย เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังทางสุขภาพจากการทำงานสัมผัสเสียงดัง หากมีการทดสอบที่ได้มาตรฐาน ผลการทดสอบถูกต้อง การเก็บข้อมูลถูกต้อง จะสามารถนำไปสู่การเฝ้าระวังทางสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นทั้งในแง่ของการพบความผิดปกติได้เร็วขึ้น (Early detection) และสามารถลดการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้อีกด้วย

ประเภทของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

โดยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินแบ่งออกเป็นหลายประเภท ดังนี้

1. การตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ (Pure tone audiometry)
2. การตรวจการได้ยินโดยใช้คำพูด (Speech audiometry)
3. การตรวจการทำงานของหูชั้นกลาง (Impedance audiometry, tympanometry)
4. การตรวจการได้ยินระดับก้านสมอง (Auditory brainstem response; ABR)

การตรวจที่นิยมใช้ในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยคือการตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์เนื่องจากเป็นการตรวจมาตรฐานที่สามารถคัดกรองความผิดปกติของการได้ยินได้ตั้งแต่หูชั้นนอก หูชั้นกลาง หูชั้นใน และสมองส่วนการได้ยิน โดยเป็นการตรวจระดับความเข้มเสียงที่น้อย

ที่สุดที่ได้ยินในแต่ละความถี่โดยสามารถตรวจได้ตั้งแต่ 250 ถึง 8,000 เฮิรตซ์ผ่านทางหูฟังซึ่งเป็นการนำเสียงทางอากาศ (Air conduction headphones) และหูฟังที่นำเสียงผ่านการสันสะเทือนของกระดูก (Bone conduction headphones) โดยเป็นการประเมินเชิงอัตวิสัยของผู้เข้ารับการตรวจ (Rowe & O'Leary, 2014)

การควบคุมคุณภาพของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

เพื่อให้การเก็บข้อมูลมีความถูกต้อง ผลการทดสอบสมรรถภาพมีความน่าเชื่อถือและเที่ยงตรง การควบคุมคุณภาพของการทดสอบจึงสำคัญ โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ พ.ศ.2555 (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ดังนี้

1. เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน ใช้การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์ (Pure – tone Air – conduction) ด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดพัลส์-โทน (Pulsed – tone audiometer) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI/ASA S3.6 และต้องมีการทดสอบเครื่องก่อนใช้งาน ประกอบไปด้วย

1.1 การทดสอบการฟัง (Listening check) เป็นการทดสอบตัวเครื่องว่าสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องหรือไม่

1.2 การทดสอบโดยการใช้กลุ่มตัวอย่าง (Biological test) เป็นการทดสอบเครื่องโดยการใช้คนที่มีระดับการได้ยินคงที่และมีระดับการได้ยินไม่เกิน 25 เดซิเบลในทุกความถี่มาทดสอบ แล้วนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบก่อนหน้า หากมีความแตกต่างกันมากกว่า 10 เดซิเบลขึ้นไปที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ให้หยุดใช้งานและนำไปสอบเทียบ โดยการทดสอบนี้ควรทำอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

1.3 การสอบเทียบเบื้องต้น (Basic calibration) เป็นการทดสอบที่ใช้เครื่องวิเคราะห์ความถี่ เครื่องวัดเสียงและชุดข้อต่อที่ได้มาตรฐาน หากมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 15 เดซิเบลขึ้นไปที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ให้นำเครื่องไปเข้ารับการสอบเทียบอย่างละเอียด (Exhaustive calibration) การทดสอบนี้ควรทำอย่างน้อยทุก 2 ปี

2. ห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน จะต้องมีการควบคุมให้ระดับเสียงในห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Background sound pressure level) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อ้างอิงเกณฑ์มาจากหน่วยงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการ

ทำงานของกระทรวงแรงงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) ดังตาราง

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของระดับเสียงที่สูงที่สุดที่ยอมรับได้ในห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน อ้างอิงจาก OSHA

ความถี่ (kHz)	0.5	1	2	4	8
ระดับเสียง (dB)	40	40	47	57	62

ที่มา: (ราชกิจจานุเบกษา, 2555)

3. ผู้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน เพื่อให้การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินได้ผลที่แม่นยำ จะต้องมีการกำหนดคุณสมบัติของผู้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ดังนี้

3.1 วุฒิการศึกษา

3.1.1 จบหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

3.1.2 จบหลักสูตรสุขศาสตร์อุตสาหกรรม

3.1.3 พยาบาลอาชีวอนามัย

3.1.4 แพทย์อาชีวเวชศาสตร์

3.1.5 นักโสตสัมผัสวิทยา

3.1.6 ผ่านการอบรมหลักสูตรที่ได้รับการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุขหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือหน่วยงานอื่นที่เทียบเท่า

3.2 ควรเป็นบุคคลที่ผ่านการฝึกอบรมและแนะนำเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องทดสอบสมรรถภาพการได้ยินอย่างละเอียดและถูกต้องตามคำแนะนำของผู้ผลิตและหลักวิชาการ

4. ผู้รับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน หากมีการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการทดสอบไม่เหมาะสม อาจทำให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องมีการเตรียมความพร้อมดังนี้

4.1 ไม่เป็นไข้หวัด หูอื้อ

4.2 งดสัมผัสเสียงดังก่อนเข้ารับการทดสอบอย่างน้อย 12 ชั่วโมง หากมีความจำเป็นสามารถใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเพื่อลดเสียงดังให้ไม่เกิน 85 เดซิเบลเอตลอดระยะเวลาการสัมผัสเสียง และปฏิบัติงานได้ไม่เกิน 4 ชั่วโมง ซึ่งมีข้อแตกต่างจากคำแนะนำของ OSHA ที่ให้งดสัมผัสเสียงดังก่อนเข้ารับการทดสอบอย่างน้อย 14 ชั่วโมง และสามารถใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลทดแทนได้ และคำแนะนำของ NIOSH ให้งดสัมผัสเสียงดังก่อนเข้า

รับการทดสอบอย่างน้อย 12 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน แต่ไม่แนะนำให้ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเพื่อทดแทนการงดสัมผัสเสียงดัง

ตารางที่ 2 คำแนะนำในการปฏิบัติตัวของผู้รับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินตามแนวทางต่างๆ

คำแนะนำ	มอก.	OSHA	NIOSH
ระยะเวลางดสัมผัสเสียงดังก่อนเข้ารับการทดสอบ	อย่างน้อย 12 ชั่วโมง	อย่างน้อย 14 ชั่วโมง	อย่างน้อย 12 ชั่วโมง
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเพื่อทดแทน	ใช้ทดแทนได้ แต่ต้องปฏิบัติงานไม่เกิน 4 ชั่วโมง	ใช้ทดแทนได้ตลอดระยะเวลา 14 ชั่วโมง	ไม่สามารถใช้ทดแทนได้

ที่มา: (ราชกิจจานุเบกษา, 2555; Chan, 1998; OSHA, 2008)

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจะรายงานเป็นระดับการได้ยิน (Hearing Threshold Level) โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบล (Decibel) ซึ่งระดับการได้ยินนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติที่เรียกว่า ความแปรปรวนในตัวบุคคลในการทดสอบการได้ยิน (Intra-subject Variability) โดยทั่วไปความแปรปรวนนี้ได้รับการยอมรับในระดับไม่เกิน ±10 เดซิเบล ซึ่งถือเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการประเมินระดับการได้ยิน (Audiology, 2018; Gelfand, 2009; Institute, 2018; Martin & Champlin, 2000)

ความเป็นมาของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Audiometry) เป็นการตรวจการทำงานของระบบการได้ยินซึ่งประกอบไปด้วยการนำเสียงเชิงกลของหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง แปลงเป็นกระแสประสาทที่หูชั้นใน และแปลความหมายโดยสมอง (Saunders, Stein, & Shuster, 1990) โดยการทดสอบแบ่งออกเป็นหลายประเภท ซึ่งการตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ (Pure tone audiometry) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

รูปแบบการทดสอบการได้ยิน

การตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์สามารถทำได้หลายรูปแบบ โดยหน่วยงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงานของกระทรวงแรงงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) ได้กำหนดรูปแบบการตรวจเพื่อใช้สำหรับการทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินคือ ความถี่ 500 1,000 2,000 3,000 4,000 และ 6,000

เฮิรตซ์ โดยใช้การนำเสียงทางอากาศของหูทั้งสองข้าง (OSHA, 2008) เช่นเดียวกับกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ในขณะที่สถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) แนะนำให้ตรวจการได้ยินที่ความถี่ 8,000 เฮิรตซ์ร่วมด้วยเพื่อประโยชน์ในการแยกโรค (Chan, 1998)

จุดเริ่มต้น Buzzer Audiometer

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เป็นเพียงเครื่องมือขั้นพื้นฐานและไม่ได้เป็นระบบ ต่อมาในปี ค.ศ.1939 ได้มีความพยายามในการพัฒนาเครื่องมือที่ได้มาตรฐาน เรียกว่า Buzzer Audiometer โดยมีลักษณะคล้ายนาฬิกา โดยให้เสียงทางหูฟัง Stethoscope ต่อมามีการใช้ค้อนเพื่อตีกับแท่งโลหะให้เกิดเสียง และมีการเปลี่ยนมาใช้วงจรไฟฟ้าเพื่องต้น โดยการใช้กระดิ่งส่งเสียงไปทางโทรศัพท์ แล้วเสียงจะค่อยๆเบาลงจากความต้านทางของสายโทรศัพท์เองหรือใช้วิธีการตัดพลังงานเพื่อหยุดเสียง (Macfarlan, 1928, 1939)

วิธี Hughson & Westlake method

วิธี Hughson & Westlake method เป็นวิธีที่พบมากที่สุดในการทำการตรวจวัดการได้ยินแบบมาตรฐาน โดยผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้คือ Hughson & Westlake ในปีค.ศ. 1944 และยังคงเป็นรากฐานสู่การพัฒนาวิธีการตรวจรูปแบบใหม่ในปัจจุบันอีกด้วย โดยขั้นตอนการทดสอบของวิธีนี้จะอาศัยผู้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในการปล่อยสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่างๆ แล้วทำการเพิ่มหรือลดความเข้มเสียงตามการตอบสนองของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยการเพิ่มหรือลดความเข้มเสียงนี้มีมักทำที่ 5 เดซิเบลเป็นอย่างน้อย ซึ่งวิธีนี้สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วิธีการหาขีดจำกัด (Method of limits) อีกทั้งวิธีนี้ยังคงใช้เป็นมาตรฐานในการหาระดับความเข้มเสียงที่ได้ยิน (Hearing threshold) ในปัจจุบัน คือ ISO 8253-1:2010 หรือ ISO 8253-1:1989 ในฉบับก่อนปรับปรุงในค.ศ. 2010 วิธีมาตรฐานเหล่านี้เป็นการดัดแปลงจากวิธี Hughson & Westlake ดั้งเดิม และถือเป็นมาตรฐานสูงสุด (Gold standard) ในการตรวจวินิจฉัยการสูญเสียการได้ยินในผู้ใหญ่และเด็กที่อายุมากกว่า 5 ปี (ASHA, 2004; Hughson & Westlake, 1944)

วิธี Bekesy method

ในปีค.ศ.1947 ได้มีการคิดค้นวิธีการหาระดับความเข้มเสียงที่ได้ยินด้วยตัวเอง โดยที่ระดับความเข้มเสียงเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ด้วยตัวเองในความถี่นั้นๆ วิธีนี้เรียกว่า Bekesy method โดยผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องกดปุ่มค้างไว้ในขณะที่ได้ยินเสียง จากนั้นความเข้มเสียงจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อ

ไม่ได้ยินเสียงแล้วให้หยุดกดปุ่ม ก็จะสามารถหาระดับความเข้มเสียงที่ได้ยินได้ โดยวิธีสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า วิธีการปรับ (Method of adjustment) (Békésy, 1947)

ถึงแม้ว่าการทดสอบด้วยวิธี Bekesy method นี้จะมีความแม่นยำที่มากกว่า Method of limits และใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า แต่วิธีนี้ไม่ค่อยพบในการตรวจทางคลินิก (Mahomed et al., 2013)

วิธี Modified Hughson & Westlake method

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ (Manual Audiometer) เป็นเครื่องที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากใช้งานง่ายและมีมาอย่างยาวนาน หลักการตรวจจะใช้เสียงบริสุทธิ์โดยผู้ทำการทดสอบจะทำการเลือกความถี่และเลือกระดับความเข้มเสียงจากนั้นทำการกดปุ่มปล่อยเสียง ผู้เข้ารับการตรวจเมื่อได้ยินเสียงจะกดปุ่มส่งสัญญาณกลับมา โดยวิธีการหาระดับเสียงที่ต่ำที่สุดที่ผู้เข้ารับการตรวจสามารถได้ยิน เรียกว่า Modified Hughson & Westlake method คือการที่ลดระดับความเข้มเสียงลง 10 เดซิเบลเมื่อผู้เข้ารับการตรวจได้ยิน และเพิ่มระดับความเข้มเสียง 5 เดซิเบลเมื่อผู้เข้ารับการตรวจไม่ได้ยิน เพื่อหาระดับเสียงที่ต่ำที่สุดที่ได้ยินอย่างน้อย 50% (มูลนิธิสัมมาอาชีวะ, 2561; audstudent, 2015; Carhart & Jerger, 1959) โดยสิ่งที่แตกต่างจากวิธี Hughson & Westlake method คือการกำหนดแนวทางการตรวจที่ชัดเจนว่าการทดสอบจะลดระดับความเข้มเสียงทีละ 10 เดซิเบล และเพิ่มทีละ 5 เดซิเบลตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

แนวทางการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในประเทศไทยมีกฎหมายและมาตรฐานที่กล่าวถึงแนวทางการทดสอบ 2 แนวทาง แนวทางแรกคือประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ.2561 (ราชกิจจานุเบกษา, 2561) ที่กำหนดให้มีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่ 500 1,000 2,000 3,000 4,000 และ 6,000 เฮิรตซ์ และอีกแนวทางคือจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ออกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2555 (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) ที่เป็นมาตรฐานที่แนะนำ กำหนดให้มีการทดสอบการได้ยินที่ความถี่ 500 1,000 2,000 3,000 4,000 6,000 และ 8,000 เฮิรตซ์ จะเห็นว่ามีการเพิ่มความถี่ 8,000 เฮิรตซ์ขึ้นมาจากกฎหมายที่มีเพียง 6 ความถี่เท่านั้น

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในต่างประเทศมีข้อกำหนดที่สำคัญจากหน่วยงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงานของกระทรวงแรงงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา

(Occupational Safety and Health Administration: OSHA) คือทดสอบการได้ยินที่ความถี่ 500 1,000 2,000 3,000 4,000 และ 6,000 เฮิรตซ์ (OSHA, 2008) และสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) แนะนำให้ตรวจการได้ยินที่ความถี่ 8,000 เฮิรตซ์ร่วมด้วยเพื่อประโยชน์ในการแยกโรค (Chan, 1998) จะเห็นได้ว่า กฎหมายไทยอ้างอิงมาจากแนวทางของหน่วยงานด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงานของกระทรวงแรงงาน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) แต่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอ้างอิงมาจากสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) ทั้งนี้ทุกแนวทางแนะนำให้ทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์ (Pure – tone Air – conduction) เพื่อหาค่าระดับการได้ยิน (Hearing threshold)

ขั้นตอนการตรวจและลำดับความถี่ในการตรวจสามารถทำได้หลายแนวทาง โดยมูลนิธิสัมมาอาชีวะได้ตีพิมพ์แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2561 (มูลนิธิสัมมาอาชีวะ, 2561) ซึ่งแนะนำเทคนิคการตรวจไว้ทั้งหมด 3 รูปแบบคือ เทคนิคขององค์กร British Society of Audiology (BSA) (Audiology, 2018) เทคนิคขององค์กร American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) (Association., 2005) และ วิธี Bekesy method ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันที่ระยะเวลาในการกดปล่อยเสียง และระดับความเข้มเสียงเริ่มต้น โดยขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินดังต่อไปนี้เป็นไปตามเทคนิคขององค์กร British Society of Audiology (BSA)

1. ผู้ทดสอบสมรรถภาพอธิบายแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติทั้งหมดให้ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าใจ

2. บันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้ารับการทดสอบลงบนแบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล บันทึกข้อมูลของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินโดยระบุเทคนิค วิธีการ วันที่เครื่องทำการสอบเทียบครั้งล่าสุด รวมถึงชื่อ นามสกุลของผู้ทำการตรวจ

3. สอบถามประวัติว่าผู้เข้ารับการตรวจได้งดรับสัมผัสเสียงดังมาแล้วกี่ชั่วโมง โดยนิยามคำว่า “เสียงดัง” คือการที่ต้องตะโกนหรือพูดเสียงดังเพื่อใช้ในการสื่อสารในระยะ 1 เมตร

4. สอบถามอาการเสียงดังในหู (Tinnitus) ว่ามีหรือไม่ หากมี เสียงที่ได้ยินมีลักษณะอย่างไร ได้ยินที่หูข้างไหน ดังหรือเบาขนาดไหน

5. สอบถามประวัติส่วนบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน เช่น อุบัติเหตุเกี่ยวกับระบบการได้ยิน ยาที่ใช้ประจำ อาการไข้หวัดที่อาจรบกวนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

6. ตรวจช่องหูด้วยการส่อง (Otoscopic examination) ทั้งสองข้างแล้วบันทึกผล ถ้ามีรวมถึงการมีขี้หูด้วย หากมีให้ทำการกำจัดขี้หูออกด้วยผู้เชี่ยวชาญ

7. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าไปในห้องทดสอบที่เตรียมไว้ จัดที่นั่งโดยเก้าอี้ที่ใช้นั่งภายในห้องตรวจการได้ยินนั้นต้องมีความมั่นคง ไม่เสี่ยงต่อการล้ม และที่นั่งทดสอบจะต้องจัดให้ผู้เข้ารับการทดสอบมองไม่เห็นผู้ทำการทดสอบ เพื่อให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าผู้ทำการทดสอบกำลังทำอะไร แต่ผู้ทำการทดสอบต้องมองเห็นผู้เข้ารับการทดสอบตลอดเวลาเพื่อที่จะได้ให้ความช่วยเหลือในกรณีที่เกิดเหตุสุดวิสัยภายในห้องทดสอบ

8. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดเครื่องช่วยฟัง แว่นตา ต่างหู รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆที่อาจขัดขวางการทดสอบหรือทำให้ไม่สบายตัว เพื่อให้การทดสอบมีประสิทธิภาพ

9. ผู้ทำการทดสอบแนะนำวิธีการทดสอบให้ชัดเจนว่ากดสัญญาณเมื่อได้ยินเสียง และปล่อยเมื่อไม่ได้ยินเสียง

10. ลำดับการทดสอบ ให้เริ่มจากหูข้างที่การได้ยินดีกว่า โดยทดสอบที่ความถี่ 1 kHz ที่ระดับความดัง 40 เดซิเบล หากไม่มีการตอบสนอง ให้เพิ่มระดับความดังทีละ 10 เดซิเบลจนกว่าผู้เข้ารับการทดสอบได้ยินเสียง แล้วจึงทำการทดสอบหาระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยิน (Hearing threshold level) ของความถี่นั้นๆ จากนั้นไล่ความถี่สูงขึ้นตามลำดับที่ 2 3 4 6 8 kHz จากนั้นจะกลับมาทดสอบที่ความถี่ 1 kHz อีกรอบเพื่อดูค่าความเปลี่ยนแปลง หากมีค่าระดับการได้ยินแตกต่างกันไม่เกิน 5 เดซิเบล ถือว่าการทดสอบเชื่อถือได้ สามารถทดสอบต่อและบันทึกค่าที่ได้ต่ำกว่า แต่หากแตกต่างกันเกินนี้ ให้เริ่มทำใหม่พร้อมหาสาเหตุที่ทำให้แตกต่างกัน จากนั้นให้ทดสอบที่ความถี่ 0.5 kHz แล้วจึงสลับหูอีกข้าง โดยเรียงลำดับเหมือนกัน แตกต่างกันที่ไม่ต้องทำการทดสอบที่ความถี่ 1 kHz ซ้ำ เว้นเสียแต่ว่าการทดสอบที่หูข้างแรกมีความแตกต่างกันเกิน 5 เดซิเบล

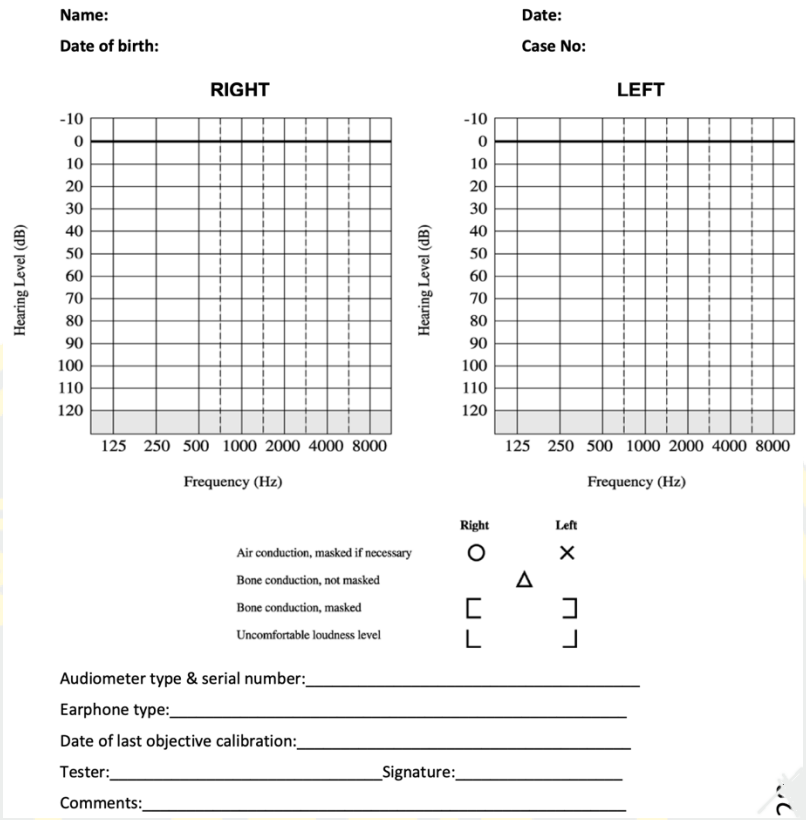
11. วิธีการกดสัญญาณเสียง ให้ปล่อยสัญญาณเสียงเป็นเวลา 1 ถึง 3 วินาที แต่ละครั้งให้กดสัญญาณห่างกันระหว่าง 1 วินาทีถึงมากกว่า 3 วินาที โดยผู้ทำการทดสอบต้องมั่นใจว่าระยะห่างระหว่างครั้งไม่สามารถเดาได้เพื่อลดการเกิดผลบวกปลอม (False positive) และต้องไม่หยุดปล่อยสัญญาณในทันทีที่ผู้ทำการทดสอบมีการตอบสนอง และผู้ทำการทดสอบต้องกดตอบค้างไว้จนกว่าสัญญาณเสียงจะครบเวลา

12. การหาระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยิน (Hearing threshold level) ให้เริ่มต้นจากความถี่ 1 kHz ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ที่ระดับความดัง 40 เดซิเบล หากผู้เข้ารับการทดสอบมีการตอบสนอง จึงลดระดับความดังลงทีละ 10 เดซิเบล จนผู้เข้ารับการทดสอบไม่ตอบสนอง ให้ทำการเพิ่มระดับความดังทีละ 5 เดซิเบล จนถึงระดับความดังที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้ยินและตอบสนองกลับมา

13. ทำการลดระดับเสียงลงอีก 10 เดซิเบล และเพิ่มขึ้นอีกทีละ 5 เดซิเบลจนผู้ทำการทดสอบตอบสนองกับระดับเสียงนั้น ๆ มากกว่าร้อยละ 50 เช่น สองครั้งจากสองครั้ง สามครั้งจากสี่ครั้ง เป็นต้น จึงบันทึกระดับเสียงนั้นว่าเป็นระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยิน

14. ทำการทดสอบที่ความถี่อื่น ๆ โดยเริ่มที่ระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยินก่อนหน้าเพิ่มอีก 30 เดซิเบล และลดระดับเสียงเช่นเดียวกับขั้นตอนก่อนหน้า จนได้ระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยินแล้วบันทึก ทำซ้ำด้วยเทคนิคเดียวกันนี้ในทุกความถี่ ที่หูทั้งสองข้าง

ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งที่นั่งของผู้ทำการทดสอบและผู้เข้ารับการทดสอบ
ที่มา : ถ่ายโดยนายพศวีร์ วินันทมาลากูล เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2568



ภาพที่ 6 แบบฟอร์มในการบันทึกผลทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่แนะนำโดย British Society of Audiology

ที่มา : Audiology, 2018

ดังนั้นจะสังเกตได้ว่าเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือจะใช้ผู้ทำการทดสอบเป็นผู้ควบคุมหลัก ดังนั้นผลการได้ยินมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้โดยมีสาเหตุดังนี้

1. ผู้ทำการทดสอบไม่ได้ปฏิบัติตามแนวทางที่กำหนด เช่น ไม่ได้เรียงตามความถี่ที่แนะนำ ไม่ได้ตรวจซ้ำที่ความถี่ 1 kHz ระยะเวลาที่เว้นการปล่อยสัญญาณสามารถเดาได้ เป็นต้น

2. ผู้ทำการทดสอบขาดประสบการณ์ เช่น การตรวจโดยผู้ทำการทดสอบที่ประสบการณ์น้อย อาจมีความผิดพลาดได้มากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์สูง หรือผู้ที่มีประสบการณ์สูงอาจจะตรวจด้วยความเคยชินจนเกิดความผิดพลาดโดยไม่ได้ตั้งใจ หรือแม้แต่การครอบหูฟังผิดฝั่งเนื่องจากไม่ได้ทำการตรวจสอบก่อนทำการทดสอบ

3. ผู้ทำการทดสอบขาดสมาธิในการตรวจ เช่น การตรวจปริมาณมากทำให้มีความล้าในการตรวจ จึงอาจเกิดความผิดพลาดในการควบคุมเครื่องได้

4. ผู้ทำการทดสอบจดบันทึกผลผิด เนื่องจากต้องบันทึกผลบนกระดาษด้วยตัวเอง อาจจะมีการบันทึกผิดตัวเลขหรือผิดสัญลักษณ์ หรือแม้แต่การคำนวณค่าเฉลี่ยผิด เป็นต้น

5. ผู้เข้ารับการตรวจไม่เข้าใจขั้นตอน เนื่องจากการอธิบายไม่เหมือนกัน อาจทำให้ไม่เข้าใจว่าต้องกดตอบสนองต่อสัญญาณตอนไหน

6. ผู้เข้ารับการตรวจแอบดูสัญญาณที่ผู้ทำการทดสอบกด เช่น ตู้กระจกที่หันออกมาทางผู้ทำการทดสอบ ทำให้เห็นแสงไฟบนตัวเครื่องได้ว่ากดหรือไม่ได้กด

ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนในการตรวจด้วยเครื่องมือมาตรฐานยังตรวจสอบได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งาน อีกทั้งเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือสามารถทำการทดสอบได้ครั้งละหนึ่งคน เนื่องจากต้องใช้ผู้ทำการทดสอบในการควบคุมเครื่องในแต่ละครั้ง จึงทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบพร้อมกันหลายคนได้ ดังนั้นการนำมาใช้งานในลักษณะงานที่มีประชากรมากอย่างงานทางอาชีวอนามัยจึงอาจไม่สะดวก

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีการคิดค้นเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินอัตโนมัติ (Automated Audiometer) ที่ใช้หลักการตรวจแบบเดียวกับการตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ โดยเครื่องจะเลือกความถี่และระดับความเข้มเสียงให้โดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดในการควบคุมโดยมนุษย์ และเพิ่มความสะดวกในการทดสอบ

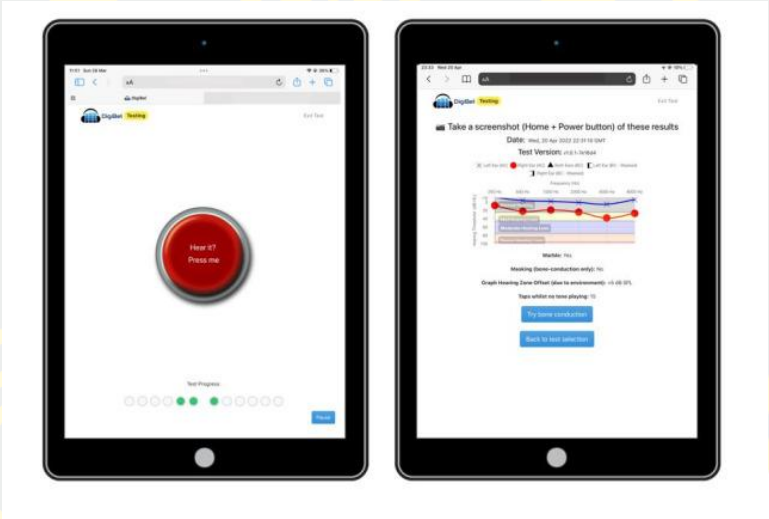
โดยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติชนิดแรกเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1947 โดยใช้วิธี Bekesy method ซึ่งเครื่องมือทดสอบจะทำการเพิ่ม-ลดระดับความเข้มเสียงเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้เข้ารับการทดสอบจะมีหน้าที่ในการกดปุ่มเพื่อตอบสนอง หากผู้เข้ารับการทดสอบกดปุ่มตอบสนอง ระดับความดังจะค่อย ๆ ลดลง เมื่อหยุดกด ระดับความดังจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นการบันทึกผลจะอาศัยหลักการขึ้นลงของระดับความดัง (Fluctuation) ว่าอยู่ที่กี่เดซิเบล และผู้ทำการทดสอบจะทำหน้าที่เลือกความถี่เท่านั้น ไม่ได้ทำการเพิ่มหรือลดระดับความดังเสียง (Békésy, 1947) ซึ่งวิธีการบันทึกว่าระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยินนั้นยังมีค่าเท่าไหร่ ยังอาศัยผู้ทำการทดสอบในการอ่าน แปลผล และบันทึกผล รวมถึงการเลือกความถี่ที่ทำการทดสอบ

ต่อมาจึงมีการพัฒนาเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติโดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากวิธี Hughson & Westlake ในปี ค.ศ. 1972 โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมระดับความดังเสียง ร่วมกับการรับสัญญาณตอบกลับจากผู้เข้ารับการทดสอบว่าสามารถตอบสนองมาได้ตามเวลาที่กำหนดหรือไม่ จากนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการโต้ตอบกับผู้เข้ารับการทดสอบเรื่อยมา เช่น เพิ่มปุ่มในการตอบสนองเป็น ได้ยิน (Yes) กับ ไม่ได้ยิน (No) เป็นต้น (Margolis et al., 2010)

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในยุคปัจจุบันมี 2 รูปแบบด้วยกัน รูปแบบแรกคือตัวเครื่องมีลักษณะแตกต่างจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ โดยอาจเป็นลักษณะของหูฟังชนิดพิเศษที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ เช่น KUDUwave เป็นต้น หรือเป็นลักษณะของอุปกรณ์แทปเล็ตขนาดเล็กที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ เช่น AMTAS เป็นต้น และบางชนิดใช้เพียงคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือร่วมกับหูฟังชนิดใดก็ได้ เช่น DigiBel uHear เป็นต้น โดยข้อดีคือพกพาสะดวก ใช้เพียงหูฟังหรืออุปกรณ์แทปเล็ตขนาดเล็กเท่านั้น ติดตั้งง่าย ในบางรุ่นมีราคาที่ย่อมเยากว่าเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ สามารถเข้าถึงการตรวจสมรรถภาพการได้ยินได้ง่าย อีกทั้งสามารถใช้ในพื้นที่ห่างไกล หรือในบริบทของ Telemedicine ได้อีกด้วย ในอุปกรณ์บางรุ่น เช่น AMTAS Flex สามารถวัดเสียงพื้นหลังขณะตรวจ (Background noise) ทำให้มั่นใจได้ว่าห้องทดสอบมีเสียงพื้นหลังขณะตรวจไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังสามารถรายงานผลลวงจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบกดผิด เช่นไม่มีการปล่อยสัญญาณเสียงแต่มีการตอบสนองกลับมา เป็นต้น (Eksteen et al., 2019; Mahomed et al., 2013; Margolis et al., 2010; Sienko et al., 2024; J. P. Whitton et al., 2016)

ภาพที่ 7 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ KUDUwave
ที่มา: https://geoaxon.com/kuduwave-pro

ภาพที่ 8 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ AMTAS
ที่มา: https://www.grason-stadler.com/products/audiometers/gsi-amtas-flex



ภาพที่ 9 แสดงวิธีการตรวจสมรรถภาพการได้ยินด้วยโปรแกรม DigiBel
ที่มา: (Sienko et al., 2024)

รูปแบบที่สองคือเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือที่มีคุณสมบัติสามารถตรวจด้วยรูปแบบอัตโนมัติได้ โดยจะยังมีลักษณะของปุ่มปรับความถี่และระดับความเข้มเสียง โดยจะเรียกวิธีการตรวจนี้ว่า Auto Threshold หรือ Auto level ซึ่งในเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือแต่ละรุ่นจะมีคุณสมบัตินี้แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างที่พบได้ เช่น เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน ยี่ห้อ Resonance GSI โดยมีหลากหลายรุ่น เช่น r07a r27a และ r37a เป็นต้น โดยที่เครื่องมือนี้ได้มาตรฐานความปลอดภัย IEC 60601-1:2005, AMD1:2012 Class 1 Type B และ EN 60101-1-2 (2012) และมาตรฐานความแม่นยำของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน EN 60645-1, EN 60645-2 และANSI S3.6 Type 1A สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและของหน่วยงานต่างประเทศ (ราชกิจจานุเบกษา, 2555; OSHA, 2008) แต่จากการค้นคว้า พบว่าไม่มีการเปรียบเทียบประสิทธิผลกับทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ

โดยจากการศึกษาความตรง (Validity) พบว่าเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ AMTAS ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ (Margolis et al., 2010) ผลการศึกษาในเรื่องของความไวของเครื่องมืออัตโนมัติ (Sensitivity) พบว่าอยู่ที่ 71% และค่าความแม่น (Specificity) อยู่ที่ 91% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ (Margolis, Frisina, & Walton, 2011) และเมื่อนำมาศึกษาเรื่องความสามารถในการใช้วินิจฉัยโรคประสาทหูเสื่อม พบว่าที่ความถี่ 0.5 1 2 kHz มีความไวที่ดี แต่มีปัญหาเรื่องความไวที่ความถี่ 4 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่มีความสำคัญในการวินิจฉัยโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน (Margolis & Moore, 2011)

ต่อมาพบว่ามีงานวิจัยที่นำเครื่องมืออัตโนมัติมาใช้ทดสอบความเที่ยงตรงมากขึ้น พบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกันไม่เกิน 10 เดซิเบลซึ่งเป็นความเข้มเสียงที่ยอมรับได้ (Test-retest variability) โดยมีการศึกษาทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศออสเตรเลีย และประเทศสิงคโปร์ (Eikelboom et al., 2013; Yeo Kai Hui et al., 2023)

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ยี่ห้อ KUDUwave มีผลการวิจัยเกี่ยวกับความตรงไปในทิศทางเดียวกัน คือให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือในทุกความถี่ (Govender & Mars, 2018; Liu et al., 2023) ในขณะที่งานวิจัยของคุณ Brennan-Jones พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 0.5, 1, 2 kHz ซึ่งถือเป็นความถี่ที่สำคัญในการประเมินสมรรถภาพการได้ยิน โดยอาจเกิดจากการทดสอบที่ไม่ได้ทำในตู้เก็บเสียง (Brennan-Jones et al., 2016) และคุณ Hui Liu พบความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ความถี่ 8 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในงานอาชีวอนามัย (Liu et al., 2022)

ส่วนการทดสอบด้วยตัวเองผ่านโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ พบว่าในโปรแกรม DigiBel มีค่าความไวอยู่ที่ 100% และค่าความแม่นอยู่ที่ 72.73% แต่ในความถี่ที่ 4 และ 8 kHz มีความแตกต่างจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมืออย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นความถี่ที่สำคัญในงานอาชีวอนามัย สอดคล้องกับโปรแกรม uHear ที่มีค่าความไวอยู่ในช่วง 98.2% ถึง 100% และค่าความแม่นที่ 60% ถึง 82.1% และโปรแกรม ShoeBOX ที่มีค่าความไวอยู่ในช่วง 91.2% ถึง 93.3% และค่าความแม่นที่ 57.8% ถึง 94.5% (Abu-Ghanem et al., 2016; Mahomed et al., 2013; Sienko et al., 2024; Szudek et al., 2012; Yeung et al., 2015) ในขณะที่การทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และหูฟังที่มีคุณภาพ พบว่าผลการทดสอบไม่แตกต่างจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือในทุกความถี่ คาดว่าเนื่องจากการใช้เครื่องมือที่

มีประสิทธิภาพและมีการควบคุมเสียงรบกวนพื้นหลังในขณะทดสอบ (Jonathon P. Whitton et al., 2016)

เมื่อศึกษาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจ พบว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือใช้เวลาในการตรวจใกล้เคียงกัน หากใช้วิธีการตรวจเดียวกัน แต่หากมีความผิดปกติ การทดสอบชนิดอัตโนมัติอาจใช้ระยะเวลาในการตรวจมากกว่าชนิดปรับด้วยมือ (Jerlvall, Dryselius, & Arlinger, 1983; Mahomed-Asmail, Swanepoel de, & Eikelboom, 2016; Swanepoel de et al., 2010) แต่เนื่องจากในแต่ละงานวิจัย ใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติคนละชนิดกัน จึงยังคงเป็นข้อจำกัดว่าในปัจจุบันนี้ที่เทคโนโลยีพัฒนามากขึ้น จะทำให้วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติตรวจได้ไวกว่าหรือไม่

สรุป การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและชนิดอัตโนมัติมีค่าความเที่ยงใกล้เคียงกัน และระยะเวลาในการตรวจภาพรวมใกล้เคียงกัน แต่กรณีที่ผู้เข้ารับการตรวจมีความผิดปกติทางการได้ยิน วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมักจะใช้เวลามากกว่าและผู้ที่ไม่มีความผิดปกติจะใช้เวลาน้อยกว่าเนื่องจากจำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยระดับความเข้มเสียงหลายครั้ง โดยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติสามารถใช้คนอื่นที่ไม่ได้ผ่านการอบรมมาควบคุมเครื่องได้เนื่องจากใช้งานง่าย และไม่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญ

จากข้อมูลที่ค้นพบในหลายงานวิจัย การศึกษาเรื่องวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินยังมีช่องว่างการศึกษาได้หลากหลายประเด็น อาทิเช่น

1. ผลการทดสอบการได้ยินที่ได้จากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่สามารถทดสอบการได้ยินได้ทั้งวิธีการชนิดอัตโนมัติและวิธีการมาตรฐาน

2. การศึกษาในกลุ่มประชากรของประเทศไทย ที่มีระดับเศรษฐานะแตกต่างกันในกลุ่มพนักงาน ซึ่งส่งผลต่อความเข้าใจในวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

3. การใช้วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัยที่มีการแปลผลตามที่กฎหมายในแต่ละท้องที่กำหนด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในกลุ่มประชากรวัยแรงงานด้วยความถี่และวิธีการที่สอดคล้องกับกฎหมายของประเทศไทยว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมีความแตกต่างหรือสอดคล้องกันหรือไม่ รวมถึงระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

เป็นการศึกษาวิจัยแบบการสังเกตุ (Observational Analytic Study) เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินที่ได้มาตรฐาน ANSI S3.6 ในช่วงวันที่ 14 ถึง 28 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2568

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรศึกษา

เป็นผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ในช่วงวันที่ 14 ถึง 28 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2568 รวมระยะเวลา 2 สัปดาห์ แต่เนื่องจากประชากรศึกษาเป็นกลุ่มประชากรที่ไม่แน่นอน จึงศึกษาสถิติจำนวนผู้เข้ารับบริการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรมโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชาในช่วงปี พ.ศ. 2564 ถึง พ.ศ. 2567 พบว่าเฉลี่ยอยู่ที่ 54 คนต่อเดือน

กลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากการวิจัยต้องการศึกษาผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแต่แตกต่างที่เครื่องมือในการทดสอบ จึงใช้สถิติ Pair T-test ในการนำมาคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม SPSS for Windows version 29.0.2.0 ลิขสิทธิ์แบบ Concurrent user license หมายเลข Lock Code 4-25F41 โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยการใช้วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและชนิดอัตโนมัติ กำหนดค่าเท่ากับ 4.2 dB และค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินโดยการใช้วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและชนิดอัตโนมัติ กำหนดค่าเท่ากับ 3.6 dB โดยอ้างอิงจากงานวิจัย Margolis et al. เนื่องจากเป็นการวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ (Margolis et al., 2010)

จากการคำนวณข้างต้น การวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน และผู้วิจัยได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง จึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างไว้ทั้งหมด 24 คน

การเข้าร่วมการวิจัยของกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นไปด้วยความสมัครใจ โดยผู้วิจัยได้ใช้โปสเตอร์ในการประชาสัมพันธ์งานวิจัยที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรมของโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา เพื่อเชิญกลุ่มประชากรที่มาเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทางอากาศด้วยเสียงบริสุทธิ์ (Pure-tone Air conduction) ที่มีความสนใจเข้าร่วมงานวิจัยมารับทราบรายละเอียดของการวิจัยและแสดงความประสงค์ในการเข้าร่วมการวิจัย โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้เกณฑ์ในการคัดเข้าและคัดออก ดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. อายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป
2. สามารถพูดคุยสื่อสาร รวมทั้งอ่านและเขียนภาษาไทยได้
3. ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย
4. ไม่สัมผัสเสียงดังก่อนเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน
2. เป็นผู้ที่มาทดสอบสมรรถภาพการได้ยินซ้ำตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน และเครื่องที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน โดยที่

1. แบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 2 ส่วน

   - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วยข้อคำถามปลายเปิดและคำถามปลายปิดรวม 5 ข้อ คือ เพศ อายุ อาชีพ โรคประจำตัว และประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน

- ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ประกอบด้วยการประเมินความพึงพอใจของวิธีการทดสอบด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือและการประเมินความพึงพอใจของวิธีการทดสอบด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ ทั้งในแง่ของวิธีการทดสอบ ระยะเวลาในการทดสอบและความพึงพอใจภาพรวม โดยใช้มาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ แล้วนำผลการประเมินมาแปลงเป็นคะแนนได้ดังนี้

  5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

  4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

  3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

  2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

  1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

2. แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ประกอบด้วย
   - แบบการตรวจคัดกรองการได้ยิน (Occupational Hearing Screening) ของโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ใช้สำหรับการบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ
   - แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ
3. เครื่องที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ประกอบด้วย
   - เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ Audiometer ยี่ห้อ Grason Stadler รุ่น Madsen Xeta ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN60645-1 type 3, ANSI S3.6 หมายเลขเครื่อง 1820359
   - หูฟังชนิด Supraaural รุ่น TDH39 หมายเลขเครื่อง M110991-M111019
   - เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ Audiometer ยี่ห้อ AMTAS รุ่น Flex ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN60645-1, ANSI S3.6 หมายเลขเครื่อง GS0114939
   - หูฟังชนิด Supraaural รุ่น DD65v2 หมายเลขเครื่อง WTE27524
   - ห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ใช้ตู้เก็บเสียงขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2 เมตร โดยได้ทำการทดสอบระดับเสียงพื้นฐานให้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2547 – 2555 แนวปฏิบัติการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ (ราชกิจจานุเบกษา, 2555) เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2567

- เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter ยี่ห้อ Larson Davis รุ่น SoundExpert 821 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61672:2013 หมายเลขเครื่อง 41484

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. แบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน จะใช้การหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยเมื่อสร้างแบบสอบถามเสร็จแล้วได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้มีความรู้และประสบการณ์ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ตรวจสอบเนื้อหาความถูกต้องความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็น และให้คะแนนเป็นรายข้อในประเด็นที่ใช้ถาม แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับตัวแปร ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามนั้นตรงหรือสอดคล้องกับตัวแปร/ จุดประสงค์ที่ระบุไว้ (เห็นด้วย)

0 หมายถึง ข้อคำถามนั้นไม่แน่ใจหรือไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าตรงหรือสอดคล้องกับตัวแปร/จุดประสงค์ที่ระบุไว้ (ไม่แน่ใจ)

-1 หมายถึง ข้อคำถามนั้นไม่ตรงหรือไม่สอดคล้องกับตัวแปร/ จุดประสงค์ที่ระบุไว้ (ไม่เห็นด้วย)

โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้มีค่าระหว่าง 0.5 – 1.0 ซึ่งแสดงว่าข้อคำถามหรือประเด็นที่จะทำการรวบรวมข้อมูลมีความตรง โดยคำนวณได้ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าความเหมาะสมของเนื้อหา

R คือ คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ΣR คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อนำค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาคำนวณ พบว่าทุกข้อคำถามได้ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 จึงสรุปได้ว่าแบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินนี้มีความตรงเชิงเนื้อหา

2. เครื่องที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

2.1 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ Audiometer ยี่ห้อ Grason Stadler รุ่น Madsen Xeta ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN60645-1 type 3, ANSI S3.6 หมายเลขเครื่อง 1820359 มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการสอบเทียบเบื้องต้น (Basic calibration) เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2567 ร่วมกับหูฟังชนิด Supraaural รุ่น TDH39 หมายเลขเครื่อง M110991-M111019 เอกสารดังภาคผนวก ค

2.2 เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ Audiometer ยี่ห้อ AMTAS รุ่น Flex หมายเลขเครื่อง GS0114939 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน EN60645-1, ANSI S3.6 มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการสอบเทียบเบื้องต้น (Basic calibration) เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 ร่วมกับหูฟังชนิด Supraaural รุ่น DD65v2 หมายเลขเครื่อง WTE27524 เอกสารดังภาคผนวก ค

2.3 เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter ยี่ห้อ Larson Davis รุ่น SoundExpert 821ENV หมายเลขเครื่อง 40484 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61672:2013 มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการสอบเทียบ (Precision Acoustic Calibration) เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 เอกสารดังภาคผนวก ค

2.4 ห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน ได้ทำการทดสอบระดับเสียงพื้นฐานให้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2547 – 2555 โดยระดับเสียงตามความถี่เสียงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงระดับเสียงพื้นฐานของห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเทียบกับค่ามาตรฐาน

ความถี่เสียง (Hz)	**500**	**1,000**	**2,000**	**4,000**	**8,000**
ระดับเสียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2547 – 2555 (dB)	40	40	47	57	62
ระดับเสียงมาตรฐาน OSHA 1983 (dB)	40	40	47	57	62
ระดับเสียงมาตรฐาน ANSI S3.1-1999 (dB)	21	26	34	37	37
ระดับเสียงห้องทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (dB)	18.3	14.8	8.9	9.2	12.0

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำหนังสือประสานงานกับศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรมเพื่อขอเข้าเก็บข้อมูลและขอประชาสัมพันธ์ผู้ที่มีความสนใจเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้มีการขอความยินยอมในการเก็บข้อมูลยังกลุ่มตัวอย่างและมีการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนการทำการวิจัย

1. ชี้แจงกลุ่มตัวอย่าง ว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินครั้งนี้มีการเพิ่มเติมการทดสอบวิธีอัตโนมัติ ผู้ควบคุมการทดสอบอธิบายแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติทั้งหมดให้ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าใจ

2. บันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้ารับการตรวจ บันทึกข้อมูลของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินโดยระบุเทคนิค วิธีการ วันที่เครื่องทำการสอบเทียบครั้งล่าสุด รวมถึงชื่อ นามสกุลของผู้ควบคุมการทดสอบ

3. ผู้ควบคุมการทดสอบสอบถามอาการเสียงดังในหู (Tinnitus) ว่ามีหรือไม่ หากมี เสียงที่ได้ยินมีลักษณะอย่างไร ได้ยินที่หูข้างไหน ดังหรือเบาขนาดไหน

4. ผู้ควบคุมการทดสอบสอบถามประวัติส่วนบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการได้ยิน เช่น อุบัติเหตุเกี่ยวกับระบบการได้ยิน ยาที่ใช้ประจำ อาการไข้หวัดที่อาจรบกวนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

5. ตรวจช่องหูด้วยการส่อง (Otoscopic examination) ทั้งสองข้องแล้วบันทึกผล รวมถึงการมีขี้หูด้วย หากมีให้ทำการกำจัดขี้หูออกด้วยผู้เชี่ยวชาญ

6. บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคลและแบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

7. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าไปในห้องทดสอบที่เตรียมไว้ จัดที่นั่งโดยเก้าอี้ที่ใช้นั่งภายในห้องตรวจการได้ยินนั้นมีความมั่นคง ไม่เสี่ยงต่อการล้ม และที่นั่งทดสอบจะต้องจัดให้ผู้เข้ารับการทดสอบมองไม่เห็นผู้ทำการทดสอบ เพื่อให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าผู้ควบคุมการทดสอบกำลังทำอะไร แต่ผู้ควบคุมการทดสอบต้องมองเห็นผู้เข้ารับการทดสอบตลอดเวลาเพื่อที่จะได้ให้ความช่วยเหลือในกรณีที่เกิดเหตุสุดวิสัยภายในห้องทดสอบ

8. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดเครื่องช่วยฟัง แว่นตา ต่างหู รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆที่อาจขัดขวางการทดสอบหรือทำให้ไม่สบายตัว เพื่อให้การทดสอบมีประสิทธิภาพ

9. เริ่มทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติก่อน ตามตารางที่ 4

10. ผู้เข้ารับการทดสอบทำแบบสอบถามความพึงพอใจของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

11. ทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ ตามตารางที่ 4

12. เมื่อทดสอบเสร็จสิ้น ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำแบบสอบถามความพึงพอใจของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ ใช้เวลาในการทดสอบทั้งวิธีอัตโนมัติและวิธีปรับด้วยมือไม่เกิน 20 นาทีต่อกลุ่มตัวอย่าง 1 คน

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 4 คุณสมบัติผู้ควบคุมการทดสอบและขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ	การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ
คุณสมบัติผู้ควบคุมการทดสอบ	
1. วุฒิการศึกษาดังต่อไปนี้ 1.1 ผู้ช่วยพยาบาลประจำศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม 1.2 พยาบาลประจำศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม 2. สามารถใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินได้อย่างถูกต้องตามคำแนะนำของผู้ผลิตและหลักวิชาการ	1. วุฒิการศึกษาดังต่อไปนี้ 1.1 จบหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย 1.2 พยาบาลอาชีวอนามัย 1.3 แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ 1.4 นักโสตสัมผัสวิทยา 1.5 ผ่านการอบรมหลักสูตรที่ได้รับการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุขหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือหน่วยงานอื่นที่เทียบเท่า 2. สามารถใช้เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินได้อย่างถูกต้องตามคำแนะนำของผู้ผลิตและหลักวิชาการ
ขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน	
1. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ตอบโต้ให้ผู้เข้ารับการทดสอบเข้าใจ 2. กด Get Started โดยเริ่มจับเวลาหลังจากเริ่มทดสอบ 3. ทำการหยุดเวลาเมื่อบันทึกผลเสร็จสิ้น 4. กด Print ผลการทดสอบ	1. ผู้ควบคุมการทดสอบแนะนำวิธีการใช้ปุ่มกดปล่อยสัญญาณ วิธีการทดสอบให้ชัดเจนว่ากดสัญญาณเมื่อได้ยินเสียง และปล่อยเมื่อไม่ได้ยินเสียง 2. ให้เริ่มการทดสอบจากหูข้างที่การได้ยินดีกว่าโดยตรวจสอบจากประวัติการทดสอบในอดีต หากเท่ากัน ให้เริ่มที่หูข้างขวา โดยเริ่มจับเวลาหลังจากที่เริ่มส่งสัญญาณเสียง

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ	การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ
	3. ให้ทำความคุ้นเคยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Familiarization) โดยเริ่มที่ความถี่ 1 kHz ที่ระดับความดัง 40 เดซิเบล หากไม่มีการตอบสนอง ให้เพิ่มระดับความดังทีละ 10 เดซิเบลจนกว่าผู้เข้ารับการทดสอบได้ยินเสียง 4. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบฝึกตอบสนองต่อเสียงตัวอย่าง เพื่อยืนยันว่าผู้เข้ารับการทดสอบเข้าใจวิธีการตอบสนองเมื่อได้ยินเสียง 5. หากจำเป็น ให้คำแนะนำเพิ่มเติมว่า ควรตอบสนองเฉพาะเมื่อได้ยินเสียงอย่างชัดเจนเท่านั้น 6. อธิบายว่าการทดสอบนี้ไม่มีคำตอบที่ผิดหรือถูก และขอให้ผู้เข้ารับการทดสอบพยายามตอบสนองแม้จะได้ยินเสียงเบามาก 7. หากตอบสนองได้อย่างถูกต้อง ให้เริ่มทำการทดสอบได้ 8. หากผู้เข้ารับการทดสอบตอบสนองว่าได้ยินเสียง ให้ลดระดับเสียงลงทีละ 10 เดซิเบล และปล่อยเสียงใหม่อีกครั้ง 9. หากผู้เข้ารับการทดสอบไม่ตอบสนองว่าได้ยินเสียง ให้เพิ่มระดับเสียงขึ้นทีละ 5 เดซิเบล 10. ทำการลด-เพิ่มระดับเสียงตามขั้นตอนข้างต้นจนได้ระดับเสียงต่ำสุดที่ผู้เข้ารับการทดสอบตอบสนองว่าได้ยินเสียงอย่างน้อย 50% ของการปล่อยเสียง แล้วทำการบันทึกระดับเสียงนั้นเป็นระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยิน (Hearing threshold level) ของความถี่นั้นๆ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ	การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ
	11. ทดสอบในความถี่อื่น ๆ ตามลำดับ ได้แก่ 2 3 4 6 และ 8 kHz โดยใช้วิธีเดียวกัน 12. จากนั้นจะกลับมาทดสอบที่ความถี่ 1 kHz อีกรอบเพื่อดูค่าความเปลี่ยนแปลง หากมีค่าระดับการได้ยินแตกต่างกันไม่เกิน 5 เดซิเบล ถือว่าการทดสอบเชื่อถือได้ สามารถทำต่อและบันทึกค่าที่ได้ต่ำกว่า แต่หากแตกต่างกันเกินนี้ ให้เริ่มทำใหม่พร้อมหาสาเหตุที่ทำให้แตกต่างกัน 13. ทดสอบที่ความถี่ 0.5 kHz โดยใช้วิธีเดียวกัน 14. ทำการทดสอบที่หูอีกข้างในความถี่เรียงตามลำดับ ได้แก่ 1 2 3 4 6 8 และ 0.5 kHz โดยที่ไม่ต้องทำการทดสอบที่ความถี่ 1 kHz ซ้ำอีก 15. วิธีการกดสัญญาณเสียง ให้ปล่อยสัญญาณเสียงเป็นเวลา 1 ถึง 3 วินาที แต่ละครั้งให้กดสัญญาณห่างกันระหว่าง 1 วินาทีถึงมากกว่า 3 วินาที โดยผู้ทำการทดสอบต้องมั่นใจว่าระยะห่างระหว่างครั้งไม่สามารถเดาได้เพื่อลดการเกิดผลบวกปลอม (False positive) และต้องไม่หยุดปล่อยสัญญาณในทันทีที่ผู้เข้ารับการทดสอบมีการตอบสนอง และผู้เข้ารับการทดสอบต้องกดตอบค้างไว้จนกว่าสัญญาณเสียงจะครบเวลา 16. ทำการหยุดเวลาเมื่อบันทึกผลเสร็จสิ้น

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ 2 แห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา หมายเลข IRB No. 046/2567 วันที่รับรอง 16 มกราคม พ.ศ. 2568 และมหาวิทยาลัยบูรพา หมายเลข IRB3-018/2568 วันที่รับรอง 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างโดยเคารพสิทธิส่วนบุคคลในการเข้าร่วมหรือถอนตัวในระหว่างการทำวิจัยซึ่งจะไม่เกิดผลเสียหายใดๆ ต่อกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะถูกปกปิดเป็นความลับโดยการนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจะถูกนำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุชื่อและนามสกุล และกลุ่มตัวอย่างทุกคนได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างโดยสมัครใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลเป็นจำนวนหูจากกลุ่มตัวอย่าง 24 คน รวมทั้งหมด 48 หู โดยใช้ทั้งสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา ใช้กับข้อมูลส่วนบุคคล ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งในแต่ละความถี่และค่าเฉลี่ยในทุกความถี่ โดยสถิติที่ใช้ประกอบไปด้วย จำนวน ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าควอไทล์ที่หนึ่ง และค่าควอไทล์ที่สาม

2. สถิติเชิงอนุมาน ใช้กับข้อมูลผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งในแต่ละความถี่และค่าเฉลี่ยในทุกความถี่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ และระดับความพึงพอใจ โดยสถิติที่ใช้แบ่งเป็น 2 ชนิดตามวัตถุประสงค์ คือ

2.1 สถิติเปรียบเทียบ เนื่องจากข้อมูลผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้ง 2 วิธีนี้เป็นข้อมูลสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันและข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงแบบไม่ปกติจึงใช้สถิติเปรียบเทียบ Wilcoxon signed-rank test

2.2 สถิติหาความสัมพันธ์ เพื่อศึกษาว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้ง 2 วิธีนี้มีความสัมพันธ์กัน ข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงแบบไม่ปกติจึงใช้สถิติ Spearman’s Rank Correlation test

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ และเพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ โดยทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน ระหว่างวันที่ 14 ถึง 28 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิจัยรวมถึงแปลผลการวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 6 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ส่วนที่ 4 ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากกลุ่มประชากร คือ ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา และผ่านเกณฑ์คัดเข้าศึกษา ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 24 คน โดยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 91.7 และเพศหญิง ร้อยละ 8.3 มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 20 – 24 ร้อยละ 91.7 รองลงมามีอายุน้อยกว่า 20 และมากกว่าเท่ากับ 30 เท่ากันที่ร้อยละ 4.2 อายุต่ำสุด 19 ปี อายุสูงสุด 31 ปี อายุเฉลี่ย 21.17 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพนักศึกษา ร้อยละ 87.5 รองลงมาคือวิศวกร ร้อยละ 8.3 และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ ร้อยละ 4.2 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 83.3 มีโรค

ประจำตัว ร้อยละ 16.7 โดยมีโรคประจำตัวเป็นโรคภูมิแพ้ทั้งหมด ส่วนใหญ่ไม่มีประวัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน ได้แก่ อาการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนต้น ภาวะหูอื้อ ขี้หูอุดตัน อุบัติเหตุเกี่ยวกับระบบการได้ยินและประวัติการรับสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน ร้อยละ 87.5 และมีประวัติสูบบุหรี่ ร้อยละ 12.5 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูลส่วนบุคคล (n=24)	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	22 (91.7)
หญิง	2 (8.3)
อายุ (ปี)	
<20	1 (4.2)
20 – 24	22 (91.7)
25 – 29	0 (0.0)
≥30	1 (4.2)
ค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	21.17 (±2.28)
ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	19 - 31
อาชีพ	
นักศึกษา	21 (87.5)
เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย วิชาชีพ	1 (4.2)
วิศวกร	2 (8.3)
โรคประจำตัว	
ไม่มี	20 (83.3)
มี	4 (16.7)
โรคภูมิแพ้	4 (100)
ประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน	
ไม่มี	21 (87.5)
สูบบุหรี่	3 (12.5)

ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

2.1 การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz พบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 6.3 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.1 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 10 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 40 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติของหูข้างซ้าย พบว่าที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน และค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สามของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติแยกตามความถี่เสียง

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ (dB)						
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**
หูข้างขวา (n=24)						
0.5	6.3	4.9	5	1.25, 10	0	20
1	4.8	4.8	5	0, 5	0	20
2	3.1	3.2	5	0, 5	0	10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ (dB)						
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**
หูข้างขวา (n=24)						
3	3.5	4.5	0	0, 5	0	15
4	4.8	8.5	2.5	0, 5	0	40
6	3.5	7.3	0	0, 5	0	30
8	5.6	10.6	0	0, 8.75	0	35
หูข้างซ้าย (n=24)						
0.5	5.6	5.8	5	0, 10	0	25
1	5.6	5.2	5	0, 10	0	20
2	4.4	5.2	2.5	0, 10	0	15
3	4.6	6.7	0	0, 10	0	25
4	4.8	7.0	0	0, 8.75	0	20
6	4.0	6.3	0	0, 5	0	25
8	4.0	8.1	5	0, 10	0	35
หูทั้งสองข้าง (n=48)						
0.5	5.9	5.3	5	0, 10	0	25
1	5.2	4.9	5	0, 8.75	0	20
2	3.8	4.3	5	0, 5	0	15
3	4.1	5.7	0	0, 8.75	0	25
4	4.8	7.7	0	0, 5	0	40
6	3.8	6.7	0	0, 5	0	30
8	4.8	9.3	0	0, 5	0	35

2.2 การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือในความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz พบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.7 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด

ระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.9 dB และค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 10.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.2 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 55 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -10 ถึง 40 dB

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือของหูข้างซ้าย พบว่าที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 13.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 15.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.1 dB และค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 15.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 13.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -5 ถึง 40 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 6.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -10 ถึง 40 dB ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน และค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สามของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือแยกตามความถี่เสียง

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ (dB)						
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**
หูข้างขวา (n=24)						
0.5	12.7	5.5	10	10, 15	5	30
1	14.8	5.8	15	10, 20	5	30
2	12.9	6.1	15	10, 15	0	25
3	10.8	6.7	10	5, 15	0	25
4	14.2	11.3	15	6.25, 20	0	55
6	12.5	9.6	10	5, 18.75	0	35
8	9.4	12.5	10	0, 18.75	-10	40

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ (dB)						
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**
หูข้างซ้าย (n=24)						
0.5	13.8	5.2	15	10, 15	5	30
1	15.4	6.7	15	10, 20	5	35
2	14.6	7.1	15	10, 20	0	30
3	12.1	8.6	10	5, 15	0	35
4	15.0	7.1	15	10, 20	5	30
6	13.5	8.9	15	10, 18.75	-5	40
8	6.0	11.1	5	0, 10	-10	40
หูทั้งสองข้าง (n=48)						
0.5	13.2	5.3	15	10, 15	5	30
1	15.1	6.2	15	10, 20	5	35
2	13.8	6.6	15	10, 20	0	30
3	11.5	7.6	10	5, 15	0	35
4	14.6	9.3	15	10, 20	0	55
6	13.0	9.2	12.5	5, 18.75	-5	40
8	7.7	11.8	5	0, 15	-10	40

2.3 ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินและการเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

เมื่อนำผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติลบด้วยผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ แล้วนำมาหาค่าสัมบูรณ์ (Absolute value) ของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับชนิดปรับด้วยมือแยกตามความถี่เสียงของหูทั้งสองข้าง พบว่าที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 7.3 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.9 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 10.0 dB และค่า

ต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 7.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB และที่ทุกความถี่เสียง มีค่าเฉลี่ย 8.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยสถิติเปรียบเทียบ Wilcoxon signed-rank test พบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 8 kHz และหูข้างซ้ายที่ความถี่เสียง 8 kHz ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ส่วนความถี่เสียงอื่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p value < 0.01 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน ค่าควอร์ไทล์ที่หนึ่ง - ควอไทล์ที่สาม และค่านัยยะสำคัญทางสถิติของค่าความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ค่าสัมบูรณ์ความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (dB)							
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**	**P value**
หูข้างขวา (n=24)							
0.5	6.5	4.0	5	5, 10	0	15	<.001
1	10.0	3.3	10	10, 10	5	15	<.001
2	9.8	5.2	10	5, 15	0	15	<.001
3	7.3	4.4	10	5, 10	0	15	<.001
4	9.4	6.0	10	5, 15	0	20	<.001
6	9.0	6.3	10	5, 13.8	0	20	<.001
8	5.8	6.4	5	0, 10	0	25	0.030
ทุกความถี่เสียง (n=168)	8.2	5.3	10	5, 10	0	25	<.001
หูข้างซ้าย (n=24)							
0.5	8.1	3.6	7.5	5, 10	5	15	<.001
1	9.8	3.1	10	10, 10	5	15	<.001
2	10.2	4.0	10	10, 15	0	20	<.001

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ค่าสัมบูรณ์ความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (dB)							
ความถี่เสียง (kHz)	**Mean**	**SD**	**Median**	**Q1, Q3**	**Min.**	**Max.**	**P value**
หูข้างซ้าย (n=24)							
3	7.5	4.7	5	5, 10	0	15	<.001
4	10.2	4.8	10	5, 15	0	20	<.001
6	10.0	4.7	10	5, 15	0	20	<.001
8	5.0	4.4	5	5, 5	0	25	0.138
ทุกความถี่เสียง (n=168)	8.7	4.5	10	5, 10	0	20	<.001
หูทั้งสองข้าง (n=48)							
0.5	7.3	3.9	5	5, 10	0	15	<.001
1	9.9	3.2	10	10, 10	5	15	<.001
2	10.0	4.6	10	6.25, 15	0	15	<.001
3	7.4	4.5	7.5	5, 10	0	15	<.001
4	9.8	5.4	10	5, 15	0	20	<.001
6	9.5	5.5	10	5, 15	0	20	<.001
8	5.4	5.4	5	0, 8.75	0	25	.009
ทุกความถี่เสียง (n=336)	8.5	4.9	10	5, 10	0	25	<.001

2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ย 5.3 นาที และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 4 ถึง 7 นาที และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมีค่าเฉลี่ย 6.0 นาที และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 9 นาที ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (n=24)

วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ (นาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (นาที)	ค่าสูงสุด (นาที)
อัตโนมัติ	5.3	0.87	4	7
ปรับด้วยมือ	6.0	1.23	5	9

ส่วนที่ 3 ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติพบว่าส่วนใหญ่ระดับความพึงพอใจในด้านวิธีการทดสอบเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7 ด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 58.3 และความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดและระดับมากเท่ากัน ร้อยละ 45.8 ส่วนวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือพบว่าส่วนใหญ่ระดับความพึงพอใจในด้านวิธีการทดสอบเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7 ด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 70.8 และความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7 ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจำแนกตามระดับความพึงพอใจต่อการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ (n=24)

ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด จำนวน (ร้อยละ)	มาก จำนวน (ร้อยละ)	ปานกลาง จำนวน (ร้อยละ)	น้อย จำนวน (ร้อยละ)	น้อยที่สุด จำนวน (ร้อยละ)
วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ					
วิธีการทดสอบเข้าใจง่าย	16 (66.7)	7 (29.2)	1 (4.2)	0 (0.0)	0 (0.0)
ระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสม	14 (58.3)	4 (16.7)	5 (20.8)	1 (4.2)	0 (0.0)
ความพึงพอใจภาพรวม	11 (45.8)	11 (45.8)	2 (8.3)	0 (0.0)	0 (0.0)
วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ					
วิธีการทดสอบเข้าใจง่าย	16 (66.7)	8 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
ระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสม	17 (70.8)	7 (29.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
ความพึงพอใจภาพรวม	16 (66.7)	8 (33.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

ส่วนที่ 4 ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

เมื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือพบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 0.5, 2, 4, 6 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.51 – 0.66 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 3 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.71 – 0.79 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูง มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุดที่ความถี่ 3 kHz (ρ = 0.79) และความสัมพันธ์ดังกล่าวมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01 หูข้างซ้ายที่ความถี่เสียง 0.5, 6 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.65 – 0.68 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 2, 3, 4 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.73 – 0.83 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูง มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดที่ความถี่ 1, 4 kHz (ρ = 0.83) และความสัมพันธ์ดังกล่าวมี

นัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01 และหูทั้งสองข้างรวมกันที่ความถี่เสียง 0.5, 2, 6 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.62 – 0.68 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 3, 4 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.70 – 0.80 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูงและความสัมพันธ์ดังกล่าวมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01 ดังตารางที่ 11 และภาพที่ 10

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือของหูข้างขวา หูข้างซ้าย และหูทั้งสองข้าง

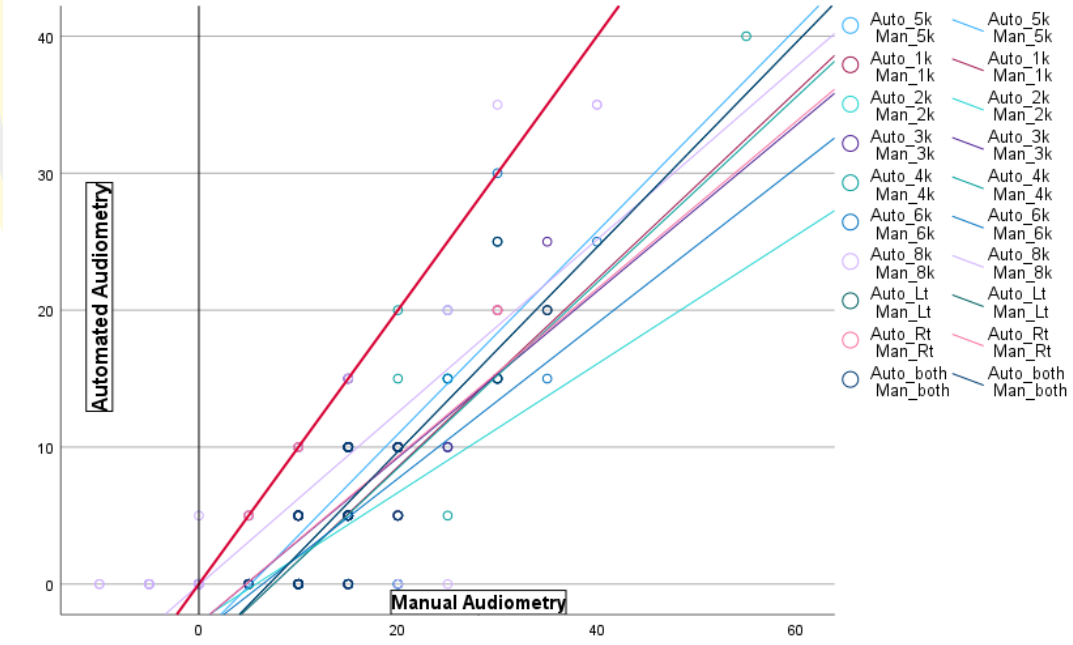
ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน	**ความถี่เสียง (kHz)**							
	0.5	1	2	3	4	6	8	**ทุกความถี่**
หูข้างขวา								
Correlation coefficient	0.60	0.77	0.51	0.79	0.64	0.66	0.71	0.66
p-value	.002*	<.001*	.010*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*
N	24	24	24	24	24	24	24	168
หูข้างซ้าย								
Correlation coefficient	0.67	0.83	0.80	0.82	0.83	0.68	0.65	0.73
p-value	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*
N	24	24	24	24	24	24	24	168
หูทั้งสองข้าง								
Correlation coefficient	0.62	0.79	0.67	0.80	0.74	0.68	0.68	0.70
p-value	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*
N	48	48	48	48	48	48	48	336

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน	ความถี่เสียง (kHz)							
	0.5	1	2	3	4	6	8	ทุกความถี่
หูทั้งสองข้าง								
Within ± 5 dB (%)	54.2	20.8	25.0	50.0	31.3	37.5	75	42.0
Within ± 10 dB (%)	91.7	81.3	66.7	87.5	68.8	68.8	91.7	79.5
Within ± 15 dB (%)	100	100	100	100	93.8	93.8	95.8	97.6

*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาพที่ 10 Scatter plot แบบ Matrix แสดงความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือแจกแจงตามความถี่และรวมทุกความถี่



ส่วนที่ 5 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

การเปรียบเทียบระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือพบว่าระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติน้อยกว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.038 ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สถิติทดสอบและค่านัยยะสำคัญทางสถิติของความแตกต่างด้านระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ความแตกต่างด้านระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน	
Test statistic	118
N	24
p-value	0.038*

*The significance level is 0.050

ส่วนที่ 6 การเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

เมื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจด้วยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ พบว่าความพึงพอใจด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.039 ส่วนประเด็นอื่นๆ ไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติ ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย และการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ (n=24)

ประเด็น	วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ		วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ		p-value
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
วิธีการทดสอบเข้าใจง่าย	4.63	0.57	4.67	0.48	0.655
ระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสม	4.29	0.96	4.71	0.46	0.039*
ความพึงพอใจภาพรวม	4.38	0.65	4.67	0.48	0.052

*The significance level is 0.050

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยแบบการสังเกต (Observational Analytic Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือในผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่ศูนย์เวชศาสตร์อุตสาหกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา และเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ รวมถึงเพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 ราย รวม 48 หู ซึ่งผลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำมาสรุป วิเคราะห์ และอภิปรายผล ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน เปรียบเทียบกับเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

ลักษณะข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างพบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 91.7 อายุเฉลี่ย 21.17 ปี อาชีพนักศึกษา ร้อยละ 87.5 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 83.3 มีโรคประจำตัว ร้อยละ 16.7 โดยมีโรคประจำตัวเป็นโรคภูมิแพ้ทั้งหมด ส่วนใหญ่ไม่มีประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน ได้แก่ อาการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนต้น ภาวะหูอื้อ ขี้หูอุดตัน อุบัติเหตุเกี่ยวกับระบบการได้ยินและประวัติการรับสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน ร้อยละ 87.5 และมีประวัติสูบบุหรี่ ร้อยละ 12.5

2. ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

2.1 การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz พบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 6.3 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่

ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.1 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 10 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 40 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 3.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติของหูข้างซ้าย พบว่าที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 4.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB

2.2 การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือในความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz พบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.7 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.9 dB และค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 10.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.2 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 55 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -10 ถึง 40 dB

ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือของหูข้างซ้าย พบว่าที่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 13.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 15.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 14.6 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 12.1 dB และค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 35 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 15.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 30 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 13.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -5 ถึง 40 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 6.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง -10 ถึง 40 dB

2.3 ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับชนิดปรับด้วยมือ

ค่าสัมบูรณ์ (Absolute value) ของค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับชนิดปรับด้วยมือแยกตามความถี่เสียงของหูทั้งสองข้าง พบว่าที่ความถี่ความถี่เสียง 0.5 kHz มีค่าเฉลี่ย 7.3 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 1 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.9 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 2 kHz มีค่าเฉลี่ย 10.0 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 3 kHz มีค่าเฉลี่ย 7.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 15 dB ที่ความถี่เสียง 4 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.8 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 6 kHz มีค่าเฉลี่ย 9.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 20 dB ที่ความถี่เสียง 8 kHz มีค่าเฉลี่ย 5.4 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB และที่ทุกความถี่เสียง มีค่าเฉลี่ย 8.5 dB และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 25 dB

2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีค่าเฉลี่ย 5.3 นาที และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 4 ถึง 7 นาที และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมีค่าเฉลี่ย 6.0 นาที และค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุดระหว่าง 5 ถึง 9 นาที

3. ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

ระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติพบว่าส่วนใหญ่ระดับความพึงพอใจในด้านวิธีการทดสอบเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7 ด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 58.3 และความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดและระดับมากเท่ากัน ร้อยละ 45.8 ส่วนวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือพบว่าส่วนใหญ่ระดับความพึงพอใจในด้านวิธีการทดสอบเข้าใจง่ายอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7 ด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 70.8 และความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ร้อยละ 66.7

4. ความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

เมื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเทียบกับชนิดปรับด้วยมือพบว่าหูข้างขวาที่ความถี่เสียง

0.5, 2, 4, 6 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.51 – 0.66 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 3 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.71 – 0.79 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูง มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุดที่ความถี่ 3 kHz (ρ = 0.79) และความสัมพันธ์ดังกล่าวมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01 หูข้างซ้ายที่ความถี่เสียง 0.5, 6 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.65 – 0.68 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 2, 3, 4 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.73 – 0.83 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูง มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดที่ความถี่ 1, 4 kHz (ρ = 0.83) และความสัมพันธ์ดังกล่าวมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01 และหูทั้งสองข้างรวมกันที่ความถี่เสียง 0.5, 2, 6 และ 8 kHz มีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.62 – 0.68 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ความถี่เสียง 1, 3, 4 kHz และทุกความถี่รวมกันมีค่าสหสัมพันธ์ (ρ) อยู่ในช่วง 0.70 – 0.80 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสัมพันธ์ที่สูงและความสัมพันธ์ดังกล่าวมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01

5. การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

การเปรียบเทียบระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือพบว่าระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติน้อยกว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.038

6. การเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของพนักงานที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

เมื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจระหว่างการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือพบว่าความพึงพอใจด้านระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสมของวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือสูงกว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.039 ส่วนประเด็นอื่น ๆ ไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือในผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน และเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ

รวมถึงเพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของผู้ที่เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติกับชนิดปรับด้วยมือ โดยได้ทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในตู้เก็บเสียงที่ได้มาตรฐาน

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาที่มาทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเพื่อประเมินความพร้อมในการทำงาน ดังนั้นในกลุ่มตัวอย่างนี้จึงยังไม่ได้ทำงานสัมผัสเสียงดัง จึงอาจไม่คุ้นเคยกับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมาก่อน โดยค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในความถี่เสียงที่ใช้ในการสื่อสารที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยมีบางส่วนพบว่าสมรรถภาพการได้ยินลดลงในระดับเล็กน้อย ซึ่งสาเหตุของการสูญเสียการได้ยินในกลุ่มประชากรวัยผู้ใหญ่ตอนต้นอาจเกิดจากการฟังเพลงเสียงดัง การไปสถานบันเทิงเสียงดัง รวมถึงการดูคอนเสิร์ต เป็นต้น (Keppler, Dhooge, & Vinck, 2015)

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของผลต่างของสมรรถภาพการได้ยินที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือรวมทุกความถี่เสียงนั้นมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 dB และหากพิจารณาที่แต่ละความถี่เสียงพบว่าที่ความถี่เสียง 0.5, 1, 2, 3, 4, 6 และ 8 kHz มีค่าเฉลี่ยของผลต่างของสมรรถภาพการได้ยินที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือแตกต่างกันไม่เกิน 10 dB เช่นเดียวกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahomed et al., (2013) Swanepoel de et al., 2010 และ Eikelboom et al., 2013 ที่พบว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินนั้นมีความใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยของผลต่างของสมรรถภาพการได้ยินที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือรวมทุกความถี่เสียงมีค่า 8.5 dB ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yeo Kai Hui, 2023 ที่มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจำแนกตามความถี่เสียงอยู่ในช่วง 3.3 – 9.6 dB ที่ความถี่เสียง 0.25, 0.5, 1, 2, 4 และ 8 kHz ในขณะที่งานวิจัยก่อนหน้านี้มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินอยู่ที่ 0.0, 0.2, 3.3 dB (Eikelboom et al., 2013; Mahomed-Asmail, Swanepoel de, & Eikelboom, 2016; Swanepoel de et al., 2010) ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้ โดยสาเหตุอาจเกิดจากวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือนั้นถูกทดสอบโดยวิธีระมัดระวังเป็นพิเศษหรือ Masking audiometry ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทดสอบเพื่อการวินิจฉัย (Diagnostic test) แตกต่างจากในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งไม่ได้ทำการทดสอบโดยวิธีระมัดระวังเป็นพิเศษ (Non-masking audiometry) เนื่องจากเป็นการทดสอบเพื่อการคัดกรอง (Screening test) และการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ โดยทดสอบชนิดละหนึ่งครั้ง ในขณะที่งานวิจัยข้างต้นทำการทดสอบชนิดละ 2 ครั้ง เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างการทดสอบหรือ Test

– Retest variability จึงอาจทำให้มีค่าความแตกต่างระหว่างวิธีการทดสอบน้อยกว่า โดยผลการวิจัยพบว่าความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองวิธีนั้นมีความแตกต่างกันไม่เกิน 15 dB อยู่ที่ 97.6% ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Brennan-Jones et al., (2016) ที่ 94.8% และงานวิจัยของ Eikelboom et al., (2013) ที่ 94.5%

ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของผลต่างของสมรรถภาพการได้ยินที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือรวมทุกความถี่เสียงนั้นมีความแตกต่างกันไม่เกิน 10 dB นั้น พบว่ายังมีการทดสอบบางครั้งที่ให้ผลลัพธ์แตกต่างกันมากกว่า 10 dB โดยพบว่ามีความแตกต่างกันมากที่สุดเท่ากับ 25 dB ซึ่งอาจเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น ไม่คุ้นเคยในเครื่องมือในการทดสอบ มีความตื่นเต้นระหว่างการทดสอบ รวมถึงอาจมีความเหนื่อยล้าในการทดสอบจึงทำให้มีผลการทดสอบที่คลาดเคลื่อนกันได้ ทั้งนี้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันนั้นเป็นเพียงส่วนน้อยจากการสังเกตุค่าควอไทล์ที่หนึ่งและสามซึ่งอยู่ที่ 5 ถึง 10 dB เท่านั้น ดังนั้นการแปลผลสมรรถภาพการได้ยินจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติจึงต้องพึงระวังว่ายังมีโอกาสแตกต่างกับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมากกว่า 10 dB

การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ $p<0.01$ โดยที่ค่าความสัมพันธ์ของผลทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในทุกความถี่เสียงเฉลี่ยเท่ากับ 0.70 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยในอดีต (Govender & Mars, 2018; Margolis et al., 2010; Swanepoel de et al., 2010) ที่พบว่าผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือมีค่าความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางและระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติให้ผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ โดยที่ความถี่เสียง 0.5, 2, 6 และ 8 kHz มีระดับความสัมพันธ์ที่ปานกลาง ในขณะที่ความถี่เสียง 1, 3, 4 kHz และทุกความถี่รวมกันมีระดับความสัมพันธ์ที่สูง คาดว่าเกิดจากความคลาดเคลื่อนขณะทำการทดลอง เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Swanepoel de et al., 2010 ที่ทำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองวิธีเป็นจำนวน 2 ครั้งในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน พบว่าความสัมพันธ์ของผลทดสอบสมรรถภาพการได้ยินในทุกความถี่เสียง ครั้งแรกพบว่าระดับความสัมพันธ์อยู่ที่ระดับปานกลางในขณะที่การทดสอบครั้งที่สองพบว่าระดับความสัมพันธ์อยู่ที่ระดับสูง

เมื่อพิจารณา Scatter plot พบว่าระดับการได้ยินจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยกลุ่มตัวอย่างสามารถได้ยินเสียงในระดับความเข้มเสียงที่ต่ำกว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาอายุน้อยและยังไม่ได้ทำงานสัมผัสเสียงดัง ดังนั้นการที่มีความแตกต่างของผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินระหว่างเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมืออาจเกิดจากการ

ที่เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติสามารถบ่งบอกความสามารถในการได้ยินที่แท้จริงได้ดีกว่า จึงมีระดับการได้ยินที่ต่ำกว่าและแตกต่างจากผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินจากเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากข้อผิดพลาดของมนุษย์

ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินพบว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติใช้เวลาเฉลี่ย 5.33 นาที น้อยกว่าระยะเวลาที่ Margolis et al., (2010) ทดสอบไว้ที่ 7 นาที คาดว่าเกิดจากความถี่เสียงที่ใช้ทดสอบนั้นแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือพบว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมืออย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harris (1980) ทั้งนี้ระยะเวลาในการทดสอบดังกล่าวไม่ได้รวมระยะเวลาในการแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือและวิธีการทดสอบ

สำหรับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองชนิดนั้น พบว่าวิธีการทดสอบและความพึงพอใจของการใช้งานในภาพรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ แต่มีจุดสังเกตคือระดับความพึงพอใจเรื่องระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีคะแนนน้อยกว่าชนิดปรับด้วยมือ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ P value = 0.039 ทั้ง ๆ ที่ระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัตินั้นใช้เวลาน้อยกว่าชนิดปรับด้วยมือ อาจเกิดจากการที่วิดีโอแนะนำการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีระยะเวลาประมาณ 2 นาที จึงอาจทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าเวลาที่ใช้สำหรับการทดสอบนาน ในขณะที่การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมีการชี้แจงวิธีการทดสอบก่อนทำการใส่หูฟัง จึงอาจทำให้กลุ่มตัวอย่างไม่ได้รวมระยะเวลาชี้แจงนี้เข้าไปในระยะเวลาการทดสอบทั้งหมด ปัจจัยอื่นที่เป็นไปได้คือการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือนั้นกลุ่มตัวอย่างสามารถกดส่งสัญญาณตอบได้ทันทีที่ตนเองได้ยินสัญญาณเสียง โดยทำการกดส่งสัญญาณตอบไปเรื่อย ๆ จนจบการทดสอบ จึงอาจทำให้ความรู้สึกในการทดสอบต่อเนื่อง ในขณะที่การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติจะเป็นคำถาม 2 ตัวเลือกให้ผู้เข้ารับการทดสอบตอบกลับว่าได้ยินหรือไม่ได้ยินสัญญาณเสียง ทำให้กลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าเป็นการตอบคำถาม ซึ่งอาจทำให้รู้สึกว่าจำนวนข้อคำถามที่เยอะนี้ใช้ระยะเวลานานกว่า อีกทั้งในกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นนักศึกษาที่ยังไม่เคยเข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินมาก่อน อาจยังไม่คุ้นเคยกับวิธีการทดสอบจึงทำให้รู้สึกว่าวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติใช้เวลานานกว่า

อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติยังคงมีประโยชน์ในแง่ของการคัดกรองสมรรถภาพการได้ยิน การใช้เฝ้าระวังภาวะหูเสื่อมจากการสัมผัสเสียงดัง โดยเฉพาะอย่าง

ยิ่งการปฏิบัติตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการซึ่งอาศัยการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินอย่างเป็นประจำ และด้วยระยะเวลาการทดสอบที่สั้นกว่าจึงส่งผลให้สามารถทดสอบสมรรถภาพการได้ยินได้รวดเร็วขึ้น รวมถึงสามารถทดสอบในสถานประกอบกิจการที่เสียงดังไม่ถึงตามเกณฑ์ที่ต้องจัดให้มีการทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินแต่มีการสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายบังคับใช้ในสถานประกอบกิจการกลุ่มนี้

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติเปรียบเทียบกับผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1.1. ผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมีความแตกต่างจากผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือไม่เกิน 10 dB ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และผลการทดสอบดังกล่าวมีความสอดคล้องกันในระดับปานกลางถึงระดับสูงซึ่งสามารถนำมาใช้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเพื่อประโยชน์ในการคัดกรองในสถานประกอบกิจการได้

1.2. การทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่าการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ จึงช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ได้

1.3. ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับบริการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินต่อเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินทั้งสองชนิดในภาพรวมไม่มีความแตกต่างกัน การนำเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติมาใช้ทดแทนเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือจึงไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งาน

1.4. ในระดับองค์กรสามารถนำเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินไปใช้ทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานที่ทำงานสัมผัสเสียงดังเพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังโรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน (Occupational noise – induced hearing loss)

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมืออย่างละ 2 ครั้ง รวมทั้งหมด 4 ครั้ง เพื่อทำการเปรียบเทียบ Test – retest ของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินในแต่ละชนิด

2.2. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรทำการจับเวลาที่ใช้สำหรับการแนะนำอุปกรณ์ตรวจและวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินเพื่อศึกษาระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบนอกเหนือจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบเท่านั้น

2.3. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์ในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือมาก่อน

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2567). สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงาน พ.ศ. *2535* และ พ.ร.บ.โรงงาน (ฉบับที่ *2)* พ.ศ. *2562*. https://www.diw.go.th/webdiw/static-fac/

มูลนิธิสัมมาอาชีวะ. (2561). แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. *2561* (น. ว. เอกบูรณะวัฒน์, Ed.) https://drive.google.com/file/d/1cvNF8pGiF2Ki8wSuNGKJcoWk0M49xlkb/view?usp=sharing

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ. (2555, 4 กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 129 ตอนพิเศษ 105 ง. หน้า 1-61

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ. (2561, 12 มิถุนายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนพิเศษ 134 ง. หน้า 15-16

ประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดชนิดของโรคซึ่งเกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานหรือเนื่องจากการทำงาน. (2566, 7 กุมพาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 140 ตอนพิเศษ 29 ง. หน้า 2-8

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2560a). รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี *2558*. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/01_envocc_situation_58.pdf

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2560b). รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี *2559*. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/01_envocc_situation_59.pdf

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2561). รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี *2560*. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor2//files/01_envocc_situation_60.pdf

สำนักงานประกันสังคม. (2567). สถานการณ์การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงาน ปี *2562 - 2566*.

Abu-Ghanem, S., Handzel, O., Ness, L., Ben-Artzi-Blima, M., Fait-Ghelbendorf, K., & Himmelfarb,

M. (2016). Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, *273*(2), 333-339. https://doi.org/10.1007/s00405-015-3533-9

ACGIH. (2006). Noise. In *Threshold limit values for chemical subsstances and physical agents and biological exposure indices (BEIs)*. ACGIH.

Acton, W. I. (1987). History and development of hearing protection devices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *81*(S1), S4-S5.

Ann-Christin Johnson, T. C. M. (2009). 142. Occupational exposure to chemicals and hearing impairment. In K. Torén (Ed.), *The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of health Risks From Chemicals* (pp. 21-107). Geson Hylte Tryck.

ASHA. (2004). Guidelines for the Audiologic Assessment of Children from Birth to 5 Years of Age.

Association., A. S.-L.-H. (2005). Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry. *ASHA*, *20 4*, 297-301. https://doi.org/10.1044/policy.GL2005-00014

Audiology, B. S. o. (2018). Recommended procedure pure-tone air-conduction and bone-conduction threshold audiometry with and without masking. https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2023/10/OD104-32-Recommended-Procedure-Pure-Tone-Audiometry-August-2018-FINAL-1.pdf

audstudent. (2015). The Hughson-Westlake Method of Obtaining Threshold. Retrieved March 30, from http://audsim.com/docs/h-w.shtml

Beaver, C., & Schneider, J. (2023). Evaluating the potential impact of ototoxicant exposure on worker health. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, *20*(11), 520-535. https://doi.org/10.1080/15459624.2023.2240874

Békésy, G. v. (1947). A New Audiometer. *Acta Oto-Laryngologica*, *35*(5-6), 411-422. https://doi.org/10.3109/00016484709123756

Brennan-Jones, C. G., Eikelboom, R. H., Swanepoel, D. W., Friedland, P. L., & Atlas, M. D. (2016). Clinical validation of automated audiometry with continuous noise-monitoring in a clinically heterogeneous population outside a sound-treated environment [Article]. *International Journal of Audiology*, *55*(9), 507-513. https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1178858

Campbell, K., Hammill, T., Hoffer, M., Kil, J., & Le Prell, C. (2016). Guidelines for Auditory

Threshold Measurement for Significant Threshold Shift. *Otol Neurotol*, *37*(8), e263-270. https://doi.org/10.1097/mao.0000000000001135

Carhart, R., & Jerger, J. F. (1959). Preferred method for clinical determination of pure-tone thresholds. *Journal of speech and hearing disorders*, *24*(4), 330-345.

CCOHS. (2017). Noise - Control Measures. *OSH Answers fact sheets*. https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise/noise_control.pdf

Chadha, S., Kamenov, K., & Cieza, A. (2021). The world report on hearing, 2021. *Bull World Health Organ*, *99*(4), 242-242a. https://doi.org/10.2471/blt.21.285643

Chan, H. S. (1998). Occupational noise exposure; criteria for a recommended standard [Book]. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/6376 (DHHS publication ; no. (NIOSH) 98-126)

Davis, A., McMahon, C. M., Pichora-Fuller, K. M., Russ, S., Lin, F., Olusanya, B. O., Chadha, S., & Tremblay, K. L. (2016). Aging and Hearing Health: The Life-course Approach. *Gerontologist*, *56 Suppl 2*(Suppl 2), S256-267. https://doi.org/10.1093/geront/gnw033

Disorders, N. I. o. D. a. O. C. (2022). Noise-Induced Hearing Loss. Retrieved 29 ธ.ค. 2566, from https://www.nidcd.nih.gov/health/noise-induced-hearing-loss

Eikelboom, R. H., Swanepoel, D. W., Motakef, S., & Upson, G. S. (2013). Clinical validation of the AMTAS automated audiometer [Article]. *International Journal of Audiology*, *52*(5), 342-349. https://doi.org/10.3109/14992027.2013.769065

Eksteen, S., Launer, S., Kuper, H., Eikelboom, R. H., Bastawrous, A., & Swanepoel, W. (2019). Hearing and vision screening for preschool children using mobile technology, South Africa. *Bull World Health Organ*, *97*(10), 672-680. https://doi.org/10.2471/blt.18.227876

Esmaili, A. A., & Renton, J. (2018). A review of tinnitus. *Aust J Gen Pract*, *47*(4), 205-208. https://doi.org/10.31128/ajgp-12-17-4420

Furness, D. N. (2015). Molecular basis of hair cell loss. *Cell Tissue Res*, *361*(1), 387-399. https://doi.org/10.1007/s00441-015-2113-z

Gelfand, S. A. (2009). *Essentials of Audiology*. Thieme. https://books.google.co.th/books?id=_tcPcPTwNQoC

Golz, A., Westerman, S. T., Westerman, L. M., Goldenberg, D., Netzer, A., Wiedmyer, T., Fradis, M., & Joachims, H. Z. (2001). The effects of noise on the vestibular system. *Am J*

Otolaryngol, *22*(3), 190-196. https://doi.org/10.1053/ajot.2001.23428

Govender, S. M., & Mars, M. (2018). Validity of automated threshold audiometry in school aged children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *105*, 97-102. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.12.008

Hughson, W., & Westlake, H. D. (1944). *Manual for Program Outline for Rehabilitation of Aural Casualties Both Military and Civilian* (Vol. 48(suppl)). Transactions of the Amercian Academy of Ophthalmology and Otolaryngology. https://books.google.co.th/books?id=1DqutgAACAAJ

Institute, A. N. S. (2018). *ANSI S3.6-2018*.

Jerlvall, L., Dryselius, H., & Arlinger, S. (1983). Comparison of manual and computer-controlled audiometry using identical procedures. *Scand Audiol*, *12*(3), 209-213. https://doi.org/10.3109/01050398309076248

Keppler, H., Dhooge, I., & Vinck, B. (2015). Hearing in young adults. Part I: The effects of attitudes and beliefs toward noise, hearing loss, and hearing protector devices. *Noise Health*, *17*(78), 237-244. https://doi.org/10.4103/1463-1741.165024

Kotby, M. N., Tawfik, S., Aziz, A., & Taha, H. (2008). Public health impact of hearing impairment and disability. *Folia Phoniatr Logop*, *60*(2), 58-63. https://doi.org/10.1159/000114646

Liberman, M. C. (2016). Noise-Induced Hearing Loss: Permanent Versus Temporary Threshold Shifts and the Effects of Hair Cell Versus Neuronal Degeneration. *Adv Exp Med Biol*, *875*, 1-7. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_1

Liu, H., Du, B., Liu, B., Fu, X., & Wang, Y. (2022). Clinical comparison of two automated audiometry procedures. *Front Neurosci*, *16*, 1011016. https://doi.org/10.3389/fnins.2022.1011016

Liu, H., Fu, X., Li, M., & Wang, S. (2023). Comparisons of air-conduction hearing thresholds between manual and automated methods in a commercial audiometer. *Front Neurosci*, *17*, 1292395. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1292395

Macfarlan, D. (1928). Circuit plans for inexpensive audiometers. *Archives of Otolaryngology*, *7(5)*, 527-532.

Macfarlan, D. (1939). History of audiometry. *Archives of Otolaryngology*, *29(3)*, 514-519.

Mahomed-Asmail, F., Swanepoel de, W., & Eikelboom, R. H. (2016). Diagnostic Hearing Assessment in Schools: Validity and Time Efficiency of Automated Audiometry. *J Am Acad Audiol*, *27*(1), 42-48. https://doi.org/10.3766/jaaa.15041

Mahomed, F., Swanepoel, D. W., Eikelboom, R. H., & Soer, M. (2013). Validity of Automated Threshold Audiometry: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ear and Hearing*, *34*(6), 745-752. https://doi.org/10.1097/01.aud.0000436255.53747.a4

Margolis, R. H., Frisina, R., & Walton, J. P. (2011). AMTAS®: automated method for testing auditory sensitivity: II. air conduction audiograms in children and adults. *Int J Audiol*, *50*(7), 434-439. https://doi.org/10.3109/14992027.2011.553206

Margolis, R. H., Glasberg, B. R., Creeke, S., & Moore, B. C. J. (2010). AMTAS®: Automated method for testing auditory sensitivity: Validation studies. *International Journal of Audiology*, *49*(3), 185-194. https://doi.org/10.3109/14992020903092608

Margolis, R. H., & Moore, B. C. J. (2011). AMTAS®: Automated method for testing auditory sensitivity: III. Sensorineural hearing loss and air-bone gaps [Article]. *International Journal of Audiology*, *50*(7), 440-447. https://doi.org/10.3109/14992027.2011.575085

Margolis, R. H., & Morgan, D. E. (2008). Automated Pure-Tone Audiometry: An Analysis of Capacity, Need, and Benefit. *American Journal of Audiology*, *17*(2), 109-113. https://doi.org/doi:10.1044/1059-0889(2008/07-0047)

Martin, F. N., & Champlin, C. A. (2000). Repetition of pure-tone threshold measures in normal listeners. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 1208.

Mason, A., & Mason, M. (2007). Psychologic impact of deafness on the child and adolescent. *Prim Care*, *34*(2), 407-426; abstract ix. https://doi.org/10.1016/j.pop.2007.04.003

Mathers, C. D., & Loncar, D. (2006). Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med*, *3*(11), e442. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030442

Mazurek, B., Olze, H., Haupt, H., & Szczepek, A. J. (2010). The more the worse: the grade of noise-induced hearing loss associates with the severity of tinnitus. *Int J Environ Res Public Health*, *7*(8), 3071-3079. https://doi.org/10.3390/ijerph7083071

Mirza, R., Kirchner, D. B., Dobie, R. A., & Crawford, J. (2018). Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *J Occup Environ Med*, *60*(9), e498-e501.

https://doi.org/10.1097/jom.0000000000001423

Mohr, P. E., Feldman, J. J., Dunbar, J. L., McConkey-Robbins, A., Niparko, J. K., Rittenhouse, R. K., & Skinner, M. W. (2000). The societal costs of severe to profound hearing loss in the United States. *Int J Technol Assess Health Care*, *16*(4), 1120-1135. https://doi.org/10.1017/s0266462300103162

Moore, B. C. J. (2020). Diagnosis and quantification of military noise-induced hearing loss. *J Acoust Soc Am*, *148*(2), 884. https://doi.org/10.1121/10.0001789

Morris, M. A., Meier, S. K., Griffin, J. M., Branda, M. E., & Phelan, S. M. (2016). Prevalence and etiologies of adult communication disabilities in the United States: Results from the 2012 National Health Interview Survey. *Disabil Health J*, *9*(1), 140-144. https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2015.07.004

Myklebust, H. R. (1971). *The psychology of deafness : sensory deprivation, learning, and adjustment* (Second edition ed.). Grune & Stratton.

Nandi, S. S., & Dhatrak, S. V. (2008). Occupational noise-induced hearing loss in India. *Indian J Occup Environ Med*, *12*(2), 53-56. https://doi.org/10.4103/0019-5278.43260

Natarajan, N., Batts, S., & Stankovic, K. M. (2023). Noise-Induced Hearing Loss. *J Clin Med*, *12*(6). https://doi.org/10.3390/jcm12062347

NIOSH. (2023). Noise and Occupational Hearing Loss. Retrieved 29 ธ.ค. 2566, from https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/surveillance/overall.html

Olusanya, B. O., Neumann, K. J., & Saunders, J. E. (2014). The global burden of disabling hearing impairment: a call to action. *Bull World Health Organ*, *92*(5), 367-373. https://doi.org/10.2471/blt.13.128728

Oosterveld, W. J., Polman, A. R., & Schoonheyt, J. (1982). Vestibular implications of noise-induced hearing loss. *Br J Audiol*, *16*(4), 227-232. https://doi.org/10.3109/03005368209081467

Occupational noise exposure. (2008, 2024, September 16th). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 1910 95 หน้า

Peirce, J. J., Weiner, R. F., & Vesilind, P. A. (1998). Chapter 23 - Noise Pollution and Control. In J. J. Peirce, R. F. Weiner, & P. A. Vesilind (Eds.), *Environmental Pollution and Control (Fourth Edition)* (pp. 327-349). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-075069899-3/50024-9

Peterson, D. C., Reddy, V., Launico, M. V., & Hamel, R. N. (2024). Neuroanatomy, Auditory Pathway. In *StatPearls*. StatPearls Publishing

Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.

Pierre Campo, K. M., Stefan Gabriel, Angela Möller, Eberhard Nies. (2018). Combined Exposure to noise and ototoxic substances. In (pp. 9-26). European Agency for Safety and Health at Work. https://doi.org/10.2802/16028

Pierson, L. L., Gerhardt, K. J., Rodriguez, G. P., & Yanke, R. B. (1994). Relationship between outer ear resonance and permanent noise-induced hearing loss. *Am J Otolaryngol*, *15*(1), 37-40. https://doi.org/10.1016/0196-0709(94)90038-8

Rowe, D. P., & O'Leary, S. J. (2014). Auditory System, Peripheral. In M. J. Aminoff & R. B. Daroff (Eds.), *Encyclopedia of the Neurological Sciences (Second Edition)* (pp. 329-334). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385157-4.00121-4

Ruencharoen, S., Lertsukprasert, K., Suvanich, R., Seesangnom, J., Chockboondee, M., Aekplakorn, W., Jariengprasert, C., Kiatthanabumrung, S., & Wisupagan, T. (2024). Hearing health survey of the population in Bangkok. *BMC Public Health*, *24*(1), 1024. https://doi.org/10.1186/s12889-024-18424-x

Salomon, J. A., Haagsma, J. A., Davis, A., de Noordhout, C. M., Polinder, S., Havelaar, A. H., Cassini, A., Devleesschauwer, B., Kretzschmar, M., Speybroeck, N., Murray, C. J., & Vos, T. (2015). Disability weights for the Global Burden of Disease 2013 study. *Lancet Glob Health*, *3*(11), e712-723. https://doi.org/10.1016/s2214-109x(15)00069-8

Salvi, R., Sun, W., Ding, D., Chen, G. D., Lobarinas, E., Wang, J., Radziwon, K., & Auerbach, B. D. (2016). Inner Hair Cell Loss Disrupts Hearing and Cochlear Function Leading to Sensory Deprivation and Enhanced Central Auditory Gain. *Front Neurosci*, *10*, 621. https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00621

Saunders, A. Z., Stein, A. V., & Shuster, N. L. (1990). Audiometry. In H. K. Walker, W. D. Hall, & J. W. Hurst (Eds.), *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations* (3rd ed.). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21250083

Schubert, D. (1980). *Hearing: Its Function and Dysfunction*. Springer. https://books.google.co.th/books?id=z_j-xQEACAAJ

Shore, S. E., & Wu, C. (2019). Mechanisms of Noise-Induced Tinnitus: Insights from Cellular Studies. *Neuron*, *103*(1), 8-20. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.05.008

Sienko, A., Thirunavukarasu, A. J., Kuzmich, T., & Allen, L. (2024). An Initial Validation of Community-Based Air-Conduction Audiometry in Adults With Simulated Hearing Impairment Using a New Web App, DigiBel: Validation Study. *JMIR Form Res*, *8*, e51770. https://doi.org/10.2196/51770

Smith, A. (2003). Preventing deafness: An achievable challenge. The WHO perspective. *International Congress Series*, *1240*, 183-191. https://doi.org/10.1016/S0531-5131(03)00960-9

Stewart, C. E., Holt, A. G., Altschuler, R. A., Cacace, A. T., Hall, C. D., Murnane, O. D., King, W. M., & Akin, F. W. (2020). Effects of Noise Exposure on the Vestibular System: A Systematic Review. *Front Neurol*, *11*, 593919. https://doi.org/10.3389/fneur.2020.593919

Steyger, P. S. (2009). Potentiation of Chemical Ototoxicity by Noise. *Semin Hear*, *30*(1), 38-46. https://doi.org/10.1055/s-0028-1111105

Swanepoel de, W., Mngemane, S., Molemong, S., Mkwanazi, H., & Tutshini, S. (2010). Hearing assessment-reliability, accuracy, and efficiency of automated audiometry. *Telemed J E Health*, *16*(5), 557-563. https://doi.org/10.1089/tmj.2009.0143

Szudek, J., Ostevik, A., Dziegielewski, P., Robinson-Anagor, J., Gomaa, N., Hodgetts, B., & Ho, A. (2012). Can Uhear me now? Validation of an iPod-based hearing loss screening test. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, *41 Suppl 1*, S78-84.

Thurston, F. E. (2013). The worker's ear: a history of noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med*, *56*(3), 367-377. https://doi.org/10.1002/ajim.22095

Whitton, J. P., Hancock, K. E., Shannon, J. M., & Polley, D. B. (2016). Validation of a Self-Administered Audiometry Application: An Equivalence Study. *Laryngoscope*, *126*(10), 2382-2388. https://doi.org/10.1002/lary.25988

Whitton, J. P., Hancock, K. E., Shannon, J. M., & Polley, D. B. (2016). Validation of a Self-Administered Audiometry Application: An Equivalence Study. *The Laryngoscope*, *126*(10), 2382-2388. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/lary.25988

WHO. (2024). Deafness and hearing loss. *Newsroom*. Retrieved 2 February 2024, from

https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss

Yankaskas, K. (2013). Prelude: noise-induced tinnitus and hearing loss in the military. *Hear Res*, *295*, 3-8. https://doi.org/10.1016/j.heares.2012.04.016

Yeo Kai Hui, H., Chua Wei De, K., Kamath, S. H., & Lee, S. L. H. (2023). A pilot study to validate AMTAS in a specialist outpatient clinic at a public restructured hospital in Singapore [Article]. *Proceedings of Singapore Healthcare*, *32*. https://doi.org/10.1177/20101058231154667

Yeung, J. C., Heley, S., Beauregard, Y., Champagne, S., & Bromwich, M. A. (2015). Self-administered hearing loss screening using an interactive, tablet play audiometer with ear bud headphones. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, *79*(8), 1248-1252. https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.05.021

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แบบสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง “ประสิทธิผลของเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติในการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานที่เข้ามารับบริการในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี” ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ประกอบไปด้วยคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลทั้งหมด 6 ข้อ

1. เพศ
   - ○ ชาย
   - ○ หญิง
2. อายุ _____ ปี
3. อาชีพ _____

ตำแหน่ง_____

   - ○ มีเสียงดังในสถานที่ทำงาน กล่าวคือ ในระยะ 1 เมตรต้องตะโกนเพื่อพูดคุยสื่อสาร
   - ○ ไม่มีเสียงดังในสถานที่ทำงาน
4. โรคประจำตัว
   - ○ ไม่มี
   - ○ มี โปรดระบุ

     _____
5. ประวัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพการได้ยิน
   - ○ มีอาการไข้หวัดน้ำมูกไหล หรือมีการใช้ยาลดน้ำมูก
   - ○ มีภาวะหูอื้อ
   - ○ มีขี้หูอุดตัน
   - ○ มีประวัติอุบัติเหตุเกี่ยวกับช่องหู ใบหู หรือศีรษะ
   - ○ ประวัติการรับสัมผัสสารเคมีที่เป็นพิษต่อระบบการได้ยิน เช่น สไตรีน โทลูอีน พาราไซลีน เอธิลเบนซีน คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ตะกั่ว เป็นต้น
   - ○ สูบบุหรี่ _____ มวนต่อวัน มาเป็นเวลา_____ปี
   - ○ ไม่มีประวัติก่อนหน้าทั้งหมด

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

ประกอบไปด้วยคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือ อย่างละ 3 ข้อ รวมทั้งหมด 6 ข้อ

<u>ความพึงพอใจของวิธีการทดสอบด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ</u>

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่เห็นด้วย	เฉยๆ	เห็นด้วย	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
	1	2	3	4	5
วิธีการทดสอบเข้าใจง่าย					
ระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสม					
ความพึงพอใจภาพรวม					

<u>ความพึงพอใจของวิธีการทดสอบด้วยเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ</u>

	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่เห็นด้วย	เฉยๆ	เห็นด้วย	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
	1	2	3	4	5
วิธีการทดสอบเข้าใจง่าย					
ระยะเวลาในการทดสอบเหมาะสม					
ความพึงพอใจภาพรวม					

แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ

แบบสอบถามเกี่ยวกับการได้ยิน (Hearing questionnaire)

1.สัมผัสเสียงดังภายใน 14 ชั่วโมงที่ผ่านหรือไม่ (Have you been exposed to loud noise in previous 14 hours?)

☐ไม่ (No)☐ใช่ (Yes), โปรดระบุ(Please specify).....

2.ขณะนี้มีอาการหูอื้อ คัดจมูกหรือไม่ (Do you have ear fullnessor stuffy nose?)

☐ไม่ (No)☐ใช่ (Yes), โปรดระบุ(Please specify).....

3.ขณะนี้มีอาการเสียงดังในหู หรือไม่ (Do you have tinnitus or ringing in ear?)

☐ไม่ (No)☐ใช่ (Yes), โปรดระบุ(Please specify).....

4.เคยมีความผิดปกติเกี่ยวกับหูหรือการได้ยินหรือไม่ (Have you ever had any ear disorder or hearing problem?)

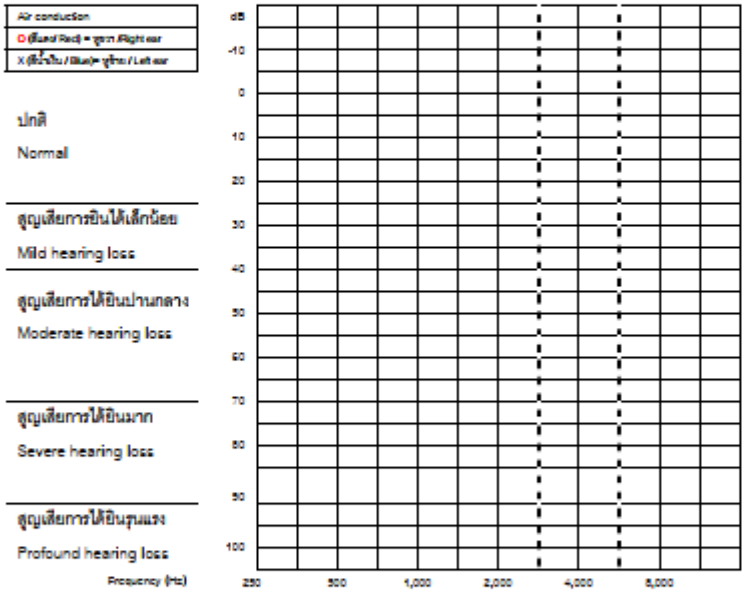
☐ไม่ (No)☐ใช่ (Yes), โปรดระบุ(Please specify).....

ลงชื่อผู้รับการตรวจ (Sign of examinee).....วันที่(Date).....

Type of testing function detector:

ความถี่ / Frequency	500	1,000	2,000	3,000	4,000	6,000	8,000	Hz
หูขวา / Right ear								dB
หูซ้าย / Left ear								dB

Audiogram



ค่าเฉลี่ยการได้ยินการสนทนา (เดซิเบล)
Average speech hearing (dB)
(500 – 3,000 Hz)

ขวา (Right)	
ซ้าย (Left)	

ผลการตรวจหูชั้นนอก
(External ear examination)

ขวา (Right)	
ซ้าย (Left)	

Rinne's test	
Weber's test	

ลงชื่อผู้ตรวจ(Sign of examiner)

.....

การประเมินทางการได้ยิน (Hearing assessment)	ความเห็น (Comments)
☐ความเหมาะสมในการทำงาน (Fitness for work) ❍การได้ยินเหมาะสมกับงาน (Fit to work) ❍การได้ยินไม่เหมาะสมกับงาน (Unfit to work)	☐ตรวจติดตามสมรรถภาพการได้ยินทุกปี (Monitor audiometry annually) ☐ควรตรวจซ้ำภายใน 30 วัน (Retest should be done within 30 days) ☐ควรนำไปเปรียบเทียบกับผลตรวจการได้ยินพื้นฐาน (Shouldbe compared with baseline audiogram) ☐ควรพบแพทย์หู คอ จมูก เพื่อตรวจเพิ่มเติม (Should see ENT doctor for further evaluation) ☐อื่น ๆ (Other).....
☐การได้ยินเสียงสนทนา (Hearing capacity in human speech) หูขวา (Right ear) ❍ปกติ (normal) ❍มีผิดปกติ (Impaired)..... หูซ้าย (Left ear) ❍ปกติ (normal) ❍มีผิดปกติ (Impaired).....	
☐เฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน (Hearing loss surveillance) เมื่อเปรียบเทียบกับผลตรวจ (Compared with previous result)..... ❍ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน (Nosignificant change) ❍สูญเสียเพิ่มขึ้น ≥15เดซิเบล (Increase hearing loss ≥ 15 dB)	

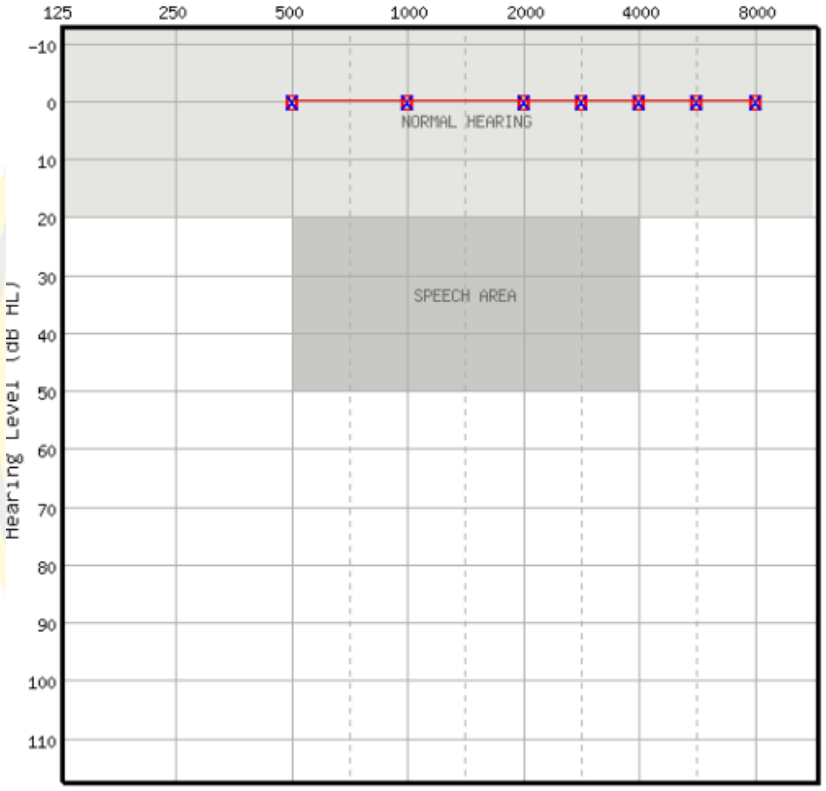
ลงชื่อแพทย์ (Sign of Physician).....วันที่ (Date).....เวลา (Time) .....

แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ

ตัวอย่าง

GSI AMTAS™ Hearing Report

AUDIOGRAM



QUALIND™		
Quality	GOOD	
Indicators	Value	Rank
Accuracy	2 dB	0
Response Time	0.1 s	0
False Alarm	0 %	0
Test-Retest	0 dB	0
Check Fail	0 %	0

LEGEND	Right	Left
Unmasked Air	O	X

AMCLASS™ Audiogram Classification

Distraction Alert	NONE

Ear	Severity	Configuration	Site of Lesion	Bilateral Symmetry
Right	NORMAL		None	Symmetric
Left	NORMAL		None	

PTA	
Ear	dB HL
Right	0
Left	0

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ชื่อ-สกุล ศาสตราจารย์อนามัย เทศกะทึก
   ตำแหน่งทางวิชาการ ศาสตราจารย์
   สถานที่ทำงาน สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย
   คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ชื่อ-สกุล รองศาสตราจารย์นันทพร ภัทรพุทธ
   ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์
   สถานที่ทำงาน สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย
   คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศักดิ์สิทธิ์ กุลวงษ์
   ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
   สถานที่ทำงาน สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย
   คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ค

เอกสารการสอบเทียบของเครื่องมือ

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ Audiometer ยี่ห้อ Grason Stadler รุ่น Madsen Xeta

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Product : Xeta Serial No : 1820359

Calibration Date : 31/10/2024

Calibration Due : 31/10/2025

Calibration ID : MC240991

This document certifies that the above instrument has been calibrated to meet the accepted international standards, and/or Manufacturer Specifications ANSI S3.6 (2018), by Maroongroge Co., Ltd.

Calibrator

Adjustment & Control

บริษัท มารุ่งโรจน์ จำกัด

gsi Grason-Stadler otometrics a division of natus Otodynamics

MAROONGROGE CO., LTD, 1201 RAMKHAMHAENG ROAD, HUAMAK, BANGKAPI, BANGKOK 10240 TEL 02-378-1188 (REV4.0)

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดปรับด้วยมือ Audiometer ยี่ห้อ Grason Stadler รุ่น Madsen Xeta (ต่อ)

CALIBRATION CERTIFICATE

Instrument Model: Xeta
Serial Number: 1820359
Headphone Model: ☐ DD45 ☑ TDH39
Left S/N: M110991
Right S/N: M111019

Sound Level Meter: LD 824AS/N: A4728
Microphone Model: 2559 S/N: 3537
Preamplifier Model: PRM902 S/N: 5887
Reference Standard: ANSI S3.6 (2018)

Frequency		Tone Level					NB Level				THD		
Indicated	Actual	RETSPL	Test Level	Target Level*	Left Output	Right Output	Test Level	Target Level**	Left Output	Right Output	Test Level***	THD < 2.5%	THD < 2.5%
125	125	45.0	45	90.0	89.9	90.0	40	89.0	89.1	88.8	75	0.13	0.22
250	250	27.0	65	92.0	92.0	92.1	60	91.0	91.3	90.8	90	0.21	0.18
500	500	13.5	75	88.5	88.6	88.4	70	87.5	87.6	87.6	110	0.82	0.75
750	750	9.0	80	89.0	88.9	89.0	75	89.0	89.2	88.8	110	0.43	0.35
1,000	1,000	7.5	80	87.5	87.5	87.4	75	88.5	89.2	88.4	110	0.20	0.14
1,500	1,500	7.5	80	87.5	87.5	87.4	75	88.5	88.8	88.7	110	0.11	0.21
2,000	2,000	9.0	80	89.0	89.1	88.9	75	90.0	90.2	90.4	110	0.20	0.11
3,000	3,000	11.5	80	91.5	91.6	91.6	70	87.5	87.4	87.6	110	0.53	0.41
4,000	4,000	12.0	80	92.0	92.1	92.1	75	92.0	92.0	92.1	110	0.61	0.53
6,000	6,000	16.0	75	91.0	91.1	91.0	70	91.0	91.2	91.2	90	0.67	0.77
8,000	8,000	15.5	75	90.5	90.4	90.4	70	90.5	90.7	90.4	90	0.18	0.23

Input	RETSPL	Test Level	Target Level	Left Output	Right Output
White Noise	0.0	90	90.0	90.3	90.1
Speech Noise	20.0	70	90.0	90.1	90.3
Speech (Mic)****	20.0	70	90.0	-	-

Linearity(dBHL)*****	110	105	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
CH1 (Left)	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
CH2 (Right)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

* Tone Target level is RETSPL + Test Level
** NB Target level is RETSPL + Ref. NB Level (ISO 389-4) + Test Level
*** Or maximum output level of the audiometer, whichever is lower
**** At 0 VU 1kHz
*****At 1kHz
Tolerance Frequency : ±1% Type 1&2 Audiometers and ±2% Type 3&4 Audiometers
Output Level : ±3dB from 125 to 4kHz and ±5dB for 6kHz and higher
THD : Less than 2.5% on all frequencies from 125Hz to 16kHz all Air Conduction
: Less than 3.0% @250Hz, 500Hz and 1kHz for Free Field Speaker
: Less than 5.5% @500Hz, 1kHz, 2kHz and 4kHz for Bone Conduction

otometrics a division of natus
gsi Grason-Stadler

Calibrated By:
Date: 31-10-2024
Exp Date: 31-10-2025

บริษัท มารุ่งโรจน์ จำกัด

CALIBRATED BY: MAROONGROGE CO., LTD, 1201 RAMKHAMHAENG ROAD, HUAMAK, BANGKAPI, BANGKOK 10240 TEL 02-378-1188(110 REV3.1)

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ Audiometer ยี่ห้อ AMTAS รุ่น Flex

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Product : AMTAS Flex Serial No : GS0114939

Calibration Date : 8/2/2025

Calibration Due : 8/2/2026

Calibration ID : MC250134

This document certifies that the above instrument has been calibrated to meet the accepted international standards, and/or Manufacturer Specifications ANSI S3.6 (2018), by Maroongroge Co., Ltd.

Calibrator

Adjustment & Control

บริษัท มารุ่งโรจน์ จำกัด

gsi Grason-Stadler otometrics a division of natus Otodynamics

MAROONGROGE CO., LTD, 1201 RAMKHAMHAENG ROAD, HUAMAK, BANGKAPI, BANGKOK 10240 TEL 02-378-1188 (REV4.0)

เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติ Audiometer ยี่ห้อ AMTAS รุ่น Flex (ต่อ)

CALIBRATION CERTIFICATE

Instrument Model	AMTAS Flex	Sound Level Meter: LD 824A S/N: A4728	
Serial Number	GS0114939	Microphone Model: 2559 S/N: 3537	
Headphone Model	DD65v2	Preamplifier Model: PRM902 S/N: 5887	
Headphone S/N	WTE27524	Reference Standard: ANSI S3.6 (2018)	

Frequency		Tone Level					NB Level				THD		
Indicated	Actual	RETSPL	Test Level	Target Level*	Left Output	Right Output	Test Level	Target Level**	Left Output	Right Output	Test Level***	THD < 2.5%	THD < 2.5%
250	250	17.0	80	97.0	97.0	97.1	70	91.0	91.0	91.0	80	0.32	0.42
500	500	8.0	80	88.0	88.2	88.0	70	82.0	82.0	82.0	80	1.16	1.55
750	750	5.5	80	85.5	85.5	85.4	70	80.5	80.5	80.5	80	1.59	1.96
1,000	1,000	4.5	80	84.5	84.5	84.5	70	80.5	80.5	80.5	80	1.41	2.11
1,500	1,500	2.5	80	82.5	82.6	82.6	70	78.5	78.5	78.5	80	1.89	1.86
2,000	2,000	2.5	80	82.5	82.5	82.5	70	78.5	78.5	78.5	80	2.02	2.32
3,000	3,000	2.0	80	82.0	82.1	82.0	70	78.0	78.0	78.0	80	2.49	2.49
4,000	4,000	9.5	80	89.5	89.4	89.6	70	84.5	84.5	84.5	80	1.97	1.24
6,000	6,000	21.0	80	101.0	101.1	101.2	70	96.0	96.0	96.0	80	0.94	0.62
8,000	8,000	21.0	80	101.0	101.0	101.1	70	96.0	96.0	96.0	80	0.97	1.73

* Tone Target level is RETSPL + Test Level
** NB Target level is RETSPL + Ref. NB Level (ISO 389-4) + Test Level
*** Or maximum output level of the audiometer, whichever is lower

Tolerance Frequency : ±1% Type 1&2 Audiometers and ±2% Type 3&4 Audiometers
Output Level : ±3dB from 125 to 4kHz and ±5dB for 6kHz and higher
THD : Less than 2.5% on all frequencies from 125Hz to 16kHz all Air Conduction
: Less than 3.0% @250Hz, 500Hz and 1kHz for Free Field Speaker
: Less than 5.5% @500Hz, 1kHz, 2kHz and 4kHz for Bone Conduction

otometrics a division of natus

gsi Grason-Stadler

Calibrated By:
Date: 08-02-2025
Exp Date: 08-02-2026

บริษัท มารุ่งโรจน์ จำกัด

CALIBRATED BY: MAROONGROGE CO., LTD, 1201 RAMKHAMHAENG ROAD, HUAMAK, BANGKAPI, BANGKOK 10240 TEL 02-378-1188(960REV3.1)

เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter ยี่ห้อ Larson Davis รุ่น SoundExpert 821ENV

Calibration Certificate

Certificate Number 2024016970

Customer:
Faculty of Public Health
Burapha University, 169 Long Hard-Bangsaen Road
Saensuk, Mueang District, Chonburi Province 20130

Model Number	SoundExpert 821	***Procedure Number***	D0001.8466
Serial Number	40484	***Technician***	Jacob Cannon
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	2024-11-20
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***	
Description	SoundExpert 821 Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 1.300R17	***Temperature***	23.74 °C ± 0.25 °C
		Humidity	51.6 %RH ± 2.0 %RH
		Static Pressure	86.92 kPa ± 0.13 kPa

Evaluation Method ***Tested with:***
Larson Davis CAL200, S/N 9079
TMS 9917C, S/N 219
PCB 377B02, S/N 361609
Larson Davis PRM821, S/N 001918

Data reported in dB re 20 µPa.

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8467:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). The results documented in this certificate relate only to the item(s) calibrated or tested. It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundExpert 721/821 Manual, I821.01 Rev B

For 1/4" microphones, the Larson Davis ADP024 1/4" to 1/2" adaptor is used with the calibrators and the Larson Davis ADP043 1/4" to 1/2" adaptor is used with the preamplifier.

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601 United States
716-684-0001

ilac-MRA ACCREDITED

LARSON DAVIS
A PCB DIVISION

เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter ยี่ห้อ Larson Davis รุ่น SoundExpert 821ENV (ต่อ)

Certificate Number 2024016970

Calibration Check Frequency: 1000 Hz; Reference Sound Pressure Level: 114 dB re 20 µPa

Periodic tests were performed in accordance with procedures from IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part3.

No Pattern approval for IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 available.

The sound level meter submitted for testing successfully completed the periodic tests of IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 3, for the environmental conditions under which the tests were performed. However, no general statement or conclusion can be made about conformance of the sound level meter to the full specifications of IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 because (a) evidence was not publicly available, from an independent testing organization responsible for pattern approvals, to demonstrate that the model of sound level meter fully conformed to the class 1 specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1 or correction data for acoustical test of frequency weighting were not provided in the Instruction Manual and (b) because the periodic tests of IEC 61672-3:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 3 cover only a limited subset of the specifications in IEC 61672-1:2013 / ANSI/ASA S1.4-2014/Part 1.

Standards Used

Description	Cal Date	Cal Due	Cal Standard
Hart Scientific 2626-S Humidity/Temperature Sensor	2024-05-07	2025-11-07	006943
Larson Davis CAL200 Acoustic Calibrator	2024-07-18	2025-07-18	007027
PCB 377A13 1/2 inch Prepolarized Pressure Microphone	2024-02-12	2025-02-12	007080
Larson Davis Model 831	2024-02-15	2025-02-15	007182
SRS DS360 Ultra Low Distortion Generator	2024-03-26	2025-03-26	007635
TMS 9917C-LD Microphone Comparison Calibrator	2024-03-14	2025-03-14	007649
Larson Davis 1/2" Preamplifier for Model 831 Type 1	2024-09-30	2025-09-30	PCB0004783

Acoustic Calibration

Measured according to IEC 61672-3:2013 10 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 10

Measurement	Test Result [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	114.00	113.80	114.20	0.14	Pass

Loaded Circuit Sensitivity

Measurement	Test Result [dB re 1 V / Pa]	Lower Limit [dB re 1 V / Pa]	Upper Limit [dB re 1 V / Pa]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
1000 Hz	-25.63	-27.50	-24.50	0.14	Pass

-- End of measurement results--

Acoustic Signal Tests, C-weighting

Measured according to IEC 61672-3:2013 12 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 12 using a comparison coupler with Unit Under Test (UUT) and reference SLM using slow time-weighted sound level for compliance to IEC 61672-1:2013 5.5; ANSI S1.4-2014 Part 1: 5.5

Frequency [Hz]	Test Result [dB]	Expected [dB]	Lower Limit [dB]	Upper Limit [dB]	Expanded Uncertainty [dB]	Result
125	-0.17	-0.20	-1.20	0.80	0.60	Pass
1000	0.28	0.00	-0.70	0.70	0.60	Pass
8000	-3.11	-3.00	-5.50	-1.50	0.81	Pass

-- End of measurement results--

เครื่องวัดระดับเสียง Sound Level Meter ยี่ห้อ Larson Davis รุ่น SoundExpert 821ENV (ต่อ)

Certificate Number 2024016970

Self-generated Noise

Measured according to IEC 61672-3:2013 11.1 and ANSI S1.4-2014 Part 3: 11.1

Measurement	Test Result [dB]
A-weighted	26.69

-- End of measurement results--

-- End of Report--

Signatory: Jacob Cannon

LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601 United States
716-684-0001

2024-11-20T12:36:17

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มย่อย

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยวิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินชนิดอัตโนมัติและชนิดปรับด้วยมือตามความถี่เสียงระหว่างกลุ่มอาชีพนักศึกษาและอาชีพพนักงานอื่น ๆ

Frequency (kHz)	Group	N	Mean (SD)	Mean Difference (95%CI)	t-statistic	df	p-value
0.5	นักศึกษา	42	7.3 (3.86)				
	พนักงาน	6	7.5 (4.18)	-0.24 (-3.66, 3.18)	-0.14	46	0.889
	ทั้งหมด	48					
1	นักศึกษา	42	10 (3.12)				
	พนักงาน	6	9.2 (3.76)	0.83 (-1.98, 3.64)	0.597	46	0.554
	ทั้งหมด	48					
2	นักศึกษา	42	9.8 (4.68)				
	พนักงาน	6	11.7 (4.08)	-1.9 (-5.96, 2.15)	-0.945	46	0.35
	ทั้งหมด	48					
3	นักศึกษา	42	6.9 (4.27)				
	พนักงาน	6	10.8 (4.92)	-3.93 (-7.75, -0.11)	-2.072	46	0.044
	ทั้งหมด	48					
4	นักศึกษา	42	9.8 (5.17)				
	พนักงาน	6	10 (7.07)	-0.24 (-4.99, 4.52)	-0.101	46	0.92
	ทั้งหมด	48					
6	นักศึกษา	42	9.3 (5.47)				
	พนักงาน	6	10.8 (5.85)	-1.55 (-6.39, 3.3)	-0.643	46	0.523
	ทั้งหมด	48					
8	นักศึกษา	42	5.6 (5.65)				
	พนักงาน	6	4.2 (3.76)	1.43 (-3.38, 6.24)	0.597	46	0.553
	ทั้งหมด	48					
ทุกความถี่	นักศึกษา	294	8.4 (4.91)				
	พนักงาน	42	9.2 (5.17)	-0.8 (-2.4, 0.8)	-0.98	334	0.328
	ทั้งหมด	336					

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายพศวีร์ วินันทมาลากูล	
วัน เดือน ปี เกิด	4 มกราคม พ.ศ. 2539	
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	17 ซอยลาดพร้าว 101 แยก 28 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240	
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2566-ปัจจุบัน	แพทย์ประจำบ้านสาขาเวชศาสตร์ป้องกัน แขนงอาชีวเวชศาสตร์ โรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา ร่วมกับ สถาบันเวชศาสตร์ป้องกันศึกษา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
	พ.ศ. 2565-2566	แพทย์ประจำศูนย์ประกันสุขภาพ สาขาสหพัฒน์ เครือข่ายโรงพยาบาลสมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา
	พ.ศ. 2564-2565	แพทย์ใช้ทุน โรงพยาบาลพรานกระต่าย
	พ.ศ. 2563-2564	แพทย์เพิ่มพูนทักษะ โรงพยาบาลกำแพงเพชร
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2563	แพทยศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยบูรพา

BURAPHA UNIVERSITY