การศึกษาเปรียบเทียบค่าระดับเริ่มได้ยินในคนที่มีการได้ยินปกติ โดยใช้สัญญาณเสียง Pure Tone กับเสียง Warble Tone

The Comparison between Pure Tone and Warble Tone Thresholds in Normal Hearing Individuals

โสภณวิชญ์ คงศิริสวัสดิ์, รัตตินันท์ ฏิระวณิชย์กุล*, อนันต์ ศักดิ์ศรีสุวรรณ, สุนิสา พัฒนวณิชย์กุล, และ สิริวิมล สุนทรวิภาต

Sophonwit Kongsirisawad, Rattinan Tiravanitchakul*, Anan Saksrisuwan, Sunisa Patanawanitkul, and Siriwimon Sunthonwiphat

บทคัดย่อ

เสียงบริสุทธิ์ (Pure Tone) เป็นเสียงมาตรฐานที่ใช้ในการตรวจการได้ยินเพื่อวินิจฉัยชนิดและระดับของการสูญเสียการได้ยิน ปัจจุบันเครื่องตรวจการได้ยินมีเสียงต่าง ๆ ให้เลือกเพื่อใช้ในการตรวจ เช่น เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ตามเวลา (Warble Tone) เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงความดังเป็นจังหวะ (Pulsed Tone) สัญญาณเสียงดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ป่วยฟังเสียงตรวจได้ง่ายมากขึ้นโดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีเสียงดังในหู ถึงแม้ว่ามีหลายการศึกษาที่ผ่านมาเปรียบเทียบค่าระดับเริ่มได้ยินโดยใช้เสียง Pure Tone กับ Warble Tone ผลที่ได้ก็ยังไม่สอดคล้องกัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าระดับเริ่มได้ยินเมื่อตรวจโดยใช้เสียงทั้งสอง และกำหนดว่าสามารถใช้ทดแทนกันได้หรือไม่ในคนไทย โดยทำการศึกษาในคนที่มีการได้ยินปกติจำนวน 31 หู อายุ 18-28 ปี ตรวจการได้ยินผ่านการนำเสียงทางอากาศที่ความถี่ 250-8000 Hz วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Bland-Altman plot พบว่าที่ความถี่ 250, 500, 2000, 4000 และ 8000 Hz มีค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินจากเสียงทั้งสองชนิดทั้งหมดอยู่ในช่วง limits of agreement ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon signed rank test มีเพียงความถี่ 3000 Hz มีค่าความต่างของระดับเริ่มได้ยิน 1.29 dB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าความต่างของระดับเริ่มได้ยินที่ได้ มีค่าไม่เกิน 5 dB สามารถนำไปใช้ทางคลินิกได้ ภายใต้เงื่อนไขการปรับความดังเพิ่มครั้งละ 5 dB และเสียง Warble Tone มีค่า Frequency-Modulated ที่อัตราความถี่ 5 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนอยู่ที่ ±5% จากความถี่กลาง สรุปผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า สามารถใช้เสียง Warble Tone แทนเสียง Pure Tone ในการปฏิบัติงานในคลินิกได้

คำสำคัญ: เสียงบริสุทธิ/ เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ในระยะเวลาหนึ่ง/ ค่าระดับเริ่มได้ยิน

Abstract

Pure Tone is a standard signal used in clinical audiometry to determine degree and type of hearing loss. Current commercial audiometers offer alternative signals such as Warble Tone and Pulsed Tone. As the signal provide additional cues, it is easier for patients to detect the signal especially for patients who suffer from tinnitus. Although there are several existing studies compared hearing thresholds using Pure Tone to ones using Warble Tone, the results were inconsistent. This study aims to compare hearing thresholds using the two signals, and determine whether they can be used interchangeably in Thai people. Air conduction hearing thresholds at

---

นักแก้ไขความผิดปกติของการสื่อความหมาย (สาขาแก้ไขการได้ยิน) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สื่อความหมายและความผิดปกติของการสื่อความหมาย โรงพยาบาลรามาธิบดี

Audiologist, Department of Communication Sciences and Disorders, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital

*Corresponding author: Rattinan.tia@mahidol.edu

Received : 27 มีนาคม 2566/ Revised : 4 กันยายน 2566/ Accepted : 8 กันยายน 2566

250 to 8000 Hz were obtained from 31 normal hearing ears, aged between 18 to 28 years old. Data were analyzed using the Bland-Altman plot. The results show the difference between hearing thresholds of the two signals at 250, 500, 2000, 4000, 8000 Hz were within limits of agreement at 95%CI. Post hoc analysis using Wilcoxon signed rank test, only thresholds at 3000 Hz were different between stimuli (1.29 dB) which was statistically significant, but not clinically significant difference with a 5 dB - step procedure and wabled at a rate of 5 Hz with a ±5% allowable deviation around the selected center frequency. In conclusion, the Warble Tone signal can be used interchangeably with Pure Tone signal in clinical practice.

Keyword: Pure tone/ Warble tone/ Hearing threshold

1. บทนำ

ผู้ที่มีความผิดปกติทางการได้ยินหรือมีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อการได้ยิน ได้แก่ บุคคลที่ได้รับยาที่มีผลต่อระบบการได้ยิน การสัมผัสเสียงดัง การได้ยินเสื่อมตามวัยหรือมีปัญหาโรคหูบางชนิด มักจะมีอาการนำต่าง ๆ เช่น หูอื้อ การได้ยินลดลง เสียงดังในหู ปวดหู เวียนศีรษะ ผู้ป่วยเหล่านี้จะต้องได้รับการวินิจฉัยทางการได้ยินเบื้องต้นด้วยการตรวจการได้ยิน เพื่อประเมินหาค่าระดับเริ่มได้ยินของหูแต่ละข้าง ซึ่งทำให้ทราบชนิดและระดับความรุนแรงของการสูญเสียการได้ยิน หากผลตรวจที่ได้มีความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด อาจส่งผลต่อการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ซึ่งจำเป็นต้องนำผลตรวจการได้ยิน ไปใช้ในการวางแผนการรักษา และฟื้นฟูสมรรถภาพการได้ยินต่อไป

เครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจการได้ยินที่ทำเป็นประจำทางคลินิก (Routine Audiometry) เพื่อวินิจฉัยความผิดปกติทางการได้ยิน โดยปล่อยเสียงตรวจผ่านการนำเสียงทางอากาศและการนำเสียงทางกระดูกโดยใช้เสียง Pure Tone และเสียงพูดเป็นเสียงกระตุ้น โดย ASHA [1]ได้เสนอแนะแนวทางการตรวจหาระดับเริ่มได้ยินด้วยเสียง Pure Tone ผ่านการนำเสียงทางอากาศที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 และ 8000 Hz และผ่านการนำเสียงทางกระดูกที่ความถี่ 500, 1000, 2000 และ 4000 Hz วิธีการหาค่าระดับเริ่มได้ยิน จะเริ่มจากการปล่อยเสียงแต่ละความถี่ที่ความดังเหนือระดับการเริ่มได้ยิน เพื่อให้ผู้ป่วยคุ้นเคยกับเสียงตรวจ จากนั้นระดับความดังของเสียงจะเปลี่ยนตามการตอบสนองของผู้ป่วย โดยหากผู้ป่วยได้ยินจะลดความดังลง แต่ถ้าผู้ป่วยไม่ได้ยินจะเพิ่มความดังขึ้น ซึ่งระดับความดังนี้จะถูกปรับขึ้นลงตามวิธี Modified Hughson-Westlake ดังนั้นหากการตอบสนองของผู้ป่วยนั้นสม่ำเสมอ จะใช้เวลาตรวจที่สั้นกว่าการที่ผู้ป่วยตอบสนองไม่สม่ำเสมอ ผลตรวจการได้ยินนี้สามารถบอกชนิดและระดับของการสูญเสียการได้ยิน นำไปสู่การระบุตำแหน่งที่เป็นสาเหตุของความผิดปกติได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ติดตามเพื่อประเมินผลการรักษา โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับการได้ยินก่อนเริ่มการรักษา ระหว่างการรักษาและหลังการรักษา อีกทั้งเป็นข้อมูลที่นำไปใช้ประกอบในการวินิจฉัยแยกตำแหน่งของความผิดปกติของระบบการได้ยินที่หูชั้นใน (Cochlea) หรือหลังต่อหูชั้นใน (Retro-Cochlea) นอกจากนี้ผลตรวจการได้ยินยังมีความจำเป็นต่อการรักษาและฟื้นฟูด้านความผิดปกติของการสื่อความหมายอีกด้วย

การปฏิบัติงานทางคลินิกเพื่อตรวจวินิจฉัยทางการได้ยิน สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือความถูกต้องของผลการตรวจที่ได้และระยะเวลาการตรวจที่เหมาะสมของผู้ป่วยแต่ละราย ซึ่งมาตรฐานวิชาชีพได้กำหนดระยะเวลาในการตรวจการได้ยินในผู้ใหญ่โดยประมาณต่อผู้ป่วย 1 ราย ไว้ประมาณ 30 นาที [2] ในบางครั้งพบว่า ผู้ป่วยบางรายตอบสนองไม่สม่ำเสมอขณะที่ทำการตรวจการได้ยิน โดยผู้ป่วยจะตอบสนองว่าได้ยินเสียงที่ใช้ตรวจในขณะที่ผู้ตรวจไม่ได้ปล่อยเสียง เรียกว่า False Positive Response เป็นเหตุให้การหาค่าระดับการสูญเสียการได้ยินที่แท้จริงของผู้ป่วยใช้เวลานานกว่าปกติได้ และอาจทำให้ผลที่ได้อาจไม่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีเสียงดังในหูซึ่งสาเหตุเกิดจากที่เสียงดังในหูมีเสียงคล้ายกับเสียง Pure Tone ที่ใช้ในการตรวจ และผู้ป่วยไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเสียงที่ดังอยู่ในหูกับเสียงที่ใช้ตรวจได้ จึงทำให้ผู้ป่วยตอบสนองไม่คงที่หรือไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อความถูกต้องและความแม่นยำของผลตรวจ นอกจากนี้ยังทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจนานขึ้น ส่งผลให้เกิดความเครียดกับผู้ป่วยได้ [3]

ASHA [1] แนะนำให้ใช้เสียง Warble Tone หรือ เสียง Pulsed Tone ซึ่งมีคุณลักษณะของเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Time-Varied Stimuli)

ต่างไปจากเสียง Pure Tone ดังแสดงในตารางที่ 1 เสียงทั้ง 2 ชนิด จะช่วยให้ผู้ที่มีเสียงดังในหูสามารถแยกเสียงตรวจออกจากเสียงดังในหูของตนได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้เสียงทั้ง 3 ชนิด มีคุณสมบัติทางเสียงที่ผ่านการศึกษามาแล้วว่าไม่มีผลต่อการรับรู้เสียงและยังมีความถี่ที่ตกอยู่ในแถบวิกฤติ (critical band) เดียวกัน กล่าวคือเป็นการวัดระดับเริ่มได้ยินที่ความถี่เดียวกันบน Basilar Membrane [4,5,6,7]

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของเสียง Pure Tone เสียง Warble Tone และเสียง Pulsed Tone [4,8]

คุณสมบัติของเสียง	เสียง Pure Tone	เสียง Warble Tone	เสียง Pulsed Tone
ความถี่ (frequency)	คงที่	มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ในระยะเวลาหนึ่ง (frequency modulation : FM) และค่าความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่กลาง (central frequency) ไม่เกินแถบวิกฤต (critical band) ในความถี่นั้น ๆ	คงที่
ความดัง (intensity)	คงที่	คงที่	เปลี่ยนแปลงความดัง
ระยะเวลาของเสียง (duration)	คงที่	คงที่	คงที่

ตั้งแต่ปลายปีค.ศ. 1940 ได้มีการศึกษาการรับรู้ของเสียง Pulsed Tone และ Warble Tone เทียบกับ Pure Tone ในการหาค่าเริ่มได้ยินอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างการศึกษาของ Dockum [4] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการหาค่าเริ่มได้ยินโดยใช้เสียง Warble Tone กับเสียง Pure Tone พบว่า ค่าเริ่มได้ยินมีค่าแตกต่างกัน โดยค่าเริ่มได้ยินของเสียง Warble Tone ดีกว่าเสียง Pure Tone น้อยกว่า 3 dB ซึ่งเมื่อนำเสียง Warble Tone มาใช้ในทางคลินิกจะไม่มีผลกระทบต่อการหาค่าเริ่มได้ยินในทางคลินิก ในขณะที่ Barry [9] พบว่า ค่าเริ่มได้ยินเสียง Warble Tone ดีกว่าเสียง Pure Tone มากกว่า 5 dB ซึ่งส่งผลต่อการหาค่าเริ่มได้ยินในทางคลินิกได้ นอกจากนั้น Lentz [10] ได้ทำการศึกษาค่าระดับเริ่มได้ยินผ่านการนำเสียงทางอากาศในกลุ่มตัวอย่าง 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการได้ยินปกติไม่มีเสียงดังในหู กลุ่มการได้ยินปกติมีเสียงดังในหู กลุ่มที่มีปัญหาการได้ยินแต่ไม่มีเสียงดังในหู และกลุ่มที่มีปัญหาการได้ยินและมีเสียงดังในหูโดยใช้เสียง Pure Tone, Pulsed Tone และ Warble Tone พบว่าเมื่อใช้เสียง Warble Tone ในการตรวจค่าระดับเริ่มได้ยินจะมีค่าน้อยกว่าการตรวจด้วยเสียง Pulsed Tone และ Pure Tone ทุกกลุ่มตัวอย่างและมีความแตกต่างมากขึ้นเมื่อทดสอบที่ความถี่สูงกว่า 4000 Hz นอกจากนี้ ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้สึกฟังเสียง Pure Tone ได้ลำบากกว่าการฟังเสียง Pulsed Tone หรือ Warble Tone การศึกษาของ Franklin [11] ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าระดับเริ่มได้ยินผ่านการนำเสียงทางอากาศในผู้ใหญ่ โดยใช้เสียง Pure Tone, Pulsed Tone, และ Warble Tone ที่ความถี่ 3000 และ 6000 Hz พบว่าค่าระดับเริ่มได้ยินเมื่อใช้เสียงต่างชนิดกัน มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยในคนที่มีการได้ยินปกติและคนที่มีการสูญเสียการได้ยิน โดยที่ระดับเริ่มได้ยินเมื่อใช้เสียง Warble Tone จะได้ค่าน้อยกว่าอีก 2 เสียง สอดคล้องกับการศึกษาของ Dockum [4] และ Zakaria [12]

จากการศึกษาที่ผ่านพบว่า ค่าระดับเริ่มได้ยินเมื่อตรวจด้วยเสียง Warble Tone เปรียบเทียบกับเสียง Pure Tone บางการศึกษา มีค่าต่างกันน้อยกว่า 5 dB บางการศึกษามีค่าต่างกันมากกว่า 5 dB ซึ่งส่งผลต่อการหาค่าระดับเริ่มได้ยินในทางคลินิก ในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษาค่าระดับเริ่มได้ยินด้วยเสียง Warble Tone เปรียบเทียบกับเสียง Pure Tone มาก่อน ผู้วิจัยจึงสนใจและเห็นความสำคัญของการศึกษาเพื่อหาค่าระดับเริ่มได้ยินด้วยเสียง Warble Tone และนำมาเปรียบเทียบกับการใช้เสียง Pure Tone ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจการได้ยิน เพื่อนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการปฏิบัติงานในทางคลินิก เมื่อต้องทำการตรวจการได้ยินในผู้ที่ตอบสนองไม่คงที่แบบ False Positive Response ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบค่าระดับเริ่มได้ยินเมื่อตรวจโดยใช้เสียง Pure Tone และเสียง Warble Tone

2. วัสดุและวิธีการ

เป็นการศึกษาแบบภาพตัดขวาง (Analytic Cross-Sectional) โดยตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยินของผู้เข้าร่วมการวิจัย และศึกษาเปรียบเทียบระหว่างค่าระดับเริ่มได้ยินที่ตอบสนองต่อเสียง Pure Tone และเสียง Warble Tone ที่ความถี่ 250 ถึง 8000 Hz

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้คำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างการวิจัยด้วยวิธี Estimate level of agreement โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

(100-α) CI of level of agreement: $n = \frac{Z^2_{\alpha/2} \times 3SD^2}{\Delta^2}$

โดย n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง, $Z_{\alpha/2}$= 1.96, SD ได้มาจากการเก็บข้อมูลของผู้มารับบริการที่คลินิกตรวจการได้ยินโรงพยาบาลรามาธิบดี ที่ไม่มีประวัติโรคทางหู ไม่มีประวัติการดื่มสุราและสูบบุหรี่ และมีผลการตรวจการได้ยินปกติ โดยค่า SD สูงสุดที่ความถี่ 8000 Hz มีค่าเท่ากับ 8.0516 และค่า Δ คือค่าความแตกต่างของระดับการได้ยินของเสียงที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 5 สรุปผลการคำนวณพบว่าการศึกษานี้ควรมีจำนวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยขั้นต่ำ 30 ราย

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติดำเนินการวิจัย ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล โดยผู้สนใจเข้าร่วมการวิจัยได้รับคำอธิบายขั้นตอนที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและยินยอมลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ กำหนดเกณฑ์คัดเข้า คือ ไม่เคยมีปัญหาทางการได้ยิน ไม่มีประวัติโรคทางหู ไม่เคยมีประสบการณ์ตรวจการได้ยิน ไม่มีประวัติสูบบุหรี่และดื่มสุรา ไม่มีประวัติทำงานสัมผัสเสียงดัง และไม่ได้สัมผัสเสียงดังก่อนมาเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และเกณฑ์คัดออก คือ ผลการตรวจการได้ยินมีค่าระดับเริ่มได้ยินมากกว่า 25 dB หรือ การตรวจคัดกรองการทำงานของหูชั้นกลางผิดปกติ และมีผลตรวจการกระตุกของกล้ามเนื้อในหูชั้นกลางโดยการปล่อยเสียงข้างเดียวกับข้างที่กำลังทดสอบ (Ipsilateral Acoustic Reflex) ที่ความถี่ 500, 1000, และ 2000 Hz ผิดปกติ

มีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 40 ราย แต่หลังการซักประวัติ ตรวจการได้ยิน และตรวจคัดกรองการทำงานหูชั้นกลาง พบผลตรวจการได้ยินผิดปกติ 9 ราย เหลือผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 31 ราย แบ่งเป็นชาย 9 ราย หญิง 22 ราย โดยมีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 18-28 ปี

สัญญาณเสียง

การศึกษานี้ใช้เสียง 2 ชนิด เพื่อตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยิน ประกอบด้วย สัญญาณเสียง Pure Tone ที่ความถี่ 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 และ 8000 Hz และ Warble Tone โดยมีความถี่กลาง (center frequency) ที่ 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 และ 8000 Hz กำหนดค่า frequency-modulated ที่อัตราความถี่ 5 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนอยู่ที่ ±5% จากความถี่กลาง

การดำเนินงานวิจัย

การทดลองและเก็บข้อมูลเป็นรายบุคล โดยดำเนินการภายใต้สถานการณ์ควบคุมเดียวกัน ได้แก่ ตู้เก็บเสียงที่ใช้สำหรับตรวจการได้ยิน (Sound Treated Booth) เครื่องตรวจการได้ยินรุ่น Grason-Stadler GSI 61 ซึ่งผ่านการปรับค่าความเที่ยงประจำปี (Annual Electroacoustic Calibration) ตามมาตรฐาน ANSI S3.6-2010 ผู้ตรวจคือนักแก้ไขการได้ยินคนเดียวกันในการตรวจแต่ละครั้ง การค่าหาระดับเริ่มได้ยินใช้วิธี Modified Hughson-Westlake Method ร่วมกับแนวทางการตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยินโดยใช้เสียง Pure Tone ของ ASHA [1] ในการศึกษานี้เลือกตรวจหูเพียงข้างใดข้างหนึ่ง โดยลำดับของเสียงสัญญาณที่ใช้ตรวจและหูข้างที่ตรวจของแต่ละบุคคลจะถูกเลือกโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sample) เพื่อลดความแปรปรวนในเรื่องของ Intra-Subject และลด Bias ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ขั้นตอนการตรวจ (หลังได้รับการตรวจการได้ยินด้วยเสียงสัญญาณแบบแรก) ซึ่งอาจมีผลทำให้ระดับเริ่มได้ยินของการฟังสัญญาณเสียงที่สองดีกว่าสัญญาณเสียงแบบแรก จึงจัดแบ่งเป็นการตรวจโดยใช้สัญญาณเสียง Pure Tone ก่อน 16 ราย ในขณะที่ตรวจโดยใช้สัญญาณเสียง Warble Tone ก่อน 15 ราย การตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยินแยกเป็นความถี่ โดยมีลำดับในการตรวจ ดังนี้ 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz และทำการตรวจซ้ำที่ 1000 Hz จากนั้นจึงตรวจที่ 500, 250 Hz ตามลำดับ ผ่านหูฟังประเภท Supra-Aural Headphones ชนิด TDH-50 เพื่อหาค่าระดับเริ่มได้ยินทางอากาศ โดยการปล่อยเสียงตรวจแต่ละครั้งจะใช้ระยะเวลา 2-3 วินาที ค่าระดับเริ่มได้ยินของแต่ละความถี่จะพิจารณาจากการตอบสนองต่อเสียงได้ถูกต้อง 2 ใน 4 ครั้ง หรือร้อยละ 50

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาพตัดขวาง (Analytic Cross-Sectional) จากกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย 31 คน วิเคราะห์แนวโน้มความสอดคล้องของข้อมูลจากเสียงทั้งสองชนิด โดยใช้ Bland-Altman plot กำหนดค่า limits of agreement ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และใช้สถิติ Wilcoxon Signed Rank Test เพื่อทดสอบความต่างของระดับเริ่มได้ยินที่ได้จากเสียงทั้ง 2 ชนิด โดยใช้โปรแกรม STATA รุ่น 17.0 SE-Standard Edition

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพบค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยิน ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยิน (Mean Difference) รวมทั้งค่า Limits of Agreement ของผลการได้ยินที่ได้จากการใช้เสียง Pure Tone และ Warble Tone แยกตามความถี่ตั้งแต่ 250 ถึง 8000 Hz ได้แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยินเมื่อตรวจด้วยเสียง Pure Tone และ Warble Tone

ความถี่		สัญญาณเสียง		ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยิน (Mean Difference)	Limits of Agreement
		Pure Tone	Warble Tone		
250	$\bar{x}$	12.09	12.26	-0.161	5.197 ถึง -5.519
	SD	5.59	5.45		
500	$\bar{x}$	13.06	13.55	-0.484	5.371 ถึง -6.339
	SD	4.60	4.12		
1000	$\bar{x}$	13.71	13.06	0.645	5.540 ถึง -4.249
	SD	4.82	5.11		
2000	$\bar{x}$	14.35	14.03	0.323	5.944 ถึง -5.299
	SD	4.61	4.55		
3000	$\bar{x}$	9.84	8.55	1.290	6.330 ถึง -3.750
	SD	5.24	5.35		
4000	$\bar{x}$	8.87	9.19	-0.323	6.341 ถึง -6.986
	SD	6.15	6.47		
6000	$\bar{x}$	11.13	10.65	0.484	5.764 ถึง -4.796
	SD	7.38	6.80		
8000	$\bar{x}$	2.26	1.13	1.129	7.863 ถึง -5.425
	SD	6.81	6.42		

ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 2 พบว่าระดับเริ่มได้ยินจากการตอบสนองต่อเสียงทั้ง 2 ชนิดมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยินของเสียงทั้ง 2 ชนิด มีระดับใกล้เคียงกัน ค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยินจากการตรวจด้วยเสียง Pure Tone มีค่ามากที่สุด 14.35 dB และมีค่าน้อยที่สุด 2.26 dB ที่ความถี่ 2000 Hz และ 8000 Hz ตามลำดับ เช่นเดียวกับการตรวจด้วยเสียง Warble Tone มีค่ามากที่สุด 14.03 dB และมีค่าน้อยที่สุด 1.13 dB ที่ความถี่ 2,000 Hz และ 8,000 Hz ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินของทั้งสองเสียงอยู่ในช่วงระหว่าง -0.161 (ความถี่ 250 Hz) จนถึง 1.290 dB (ความถี่ 3000 Hz)

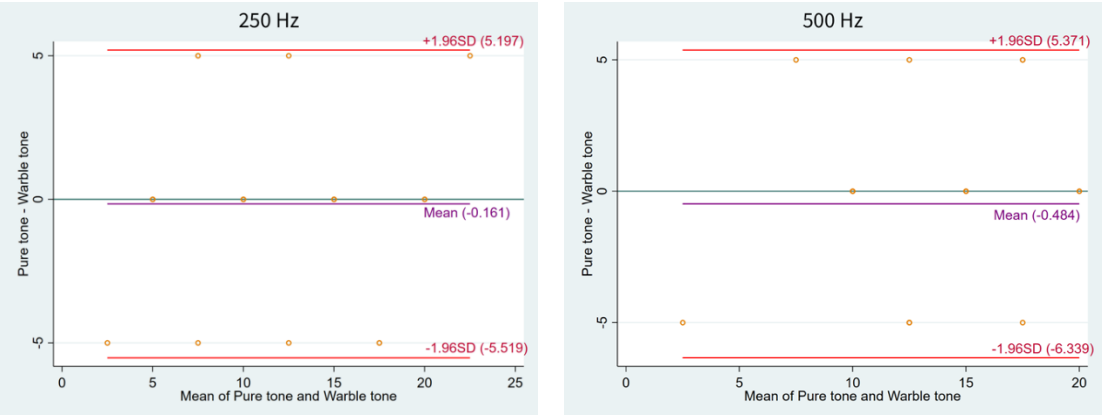
เมื่อนำค่าระดับเริ่มได้ยินจากการตรวจด้วยเสียงทั้ง 2 ชนิดไปวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed Rank Test พบว่า มีเพียงที่ความถี่ 3000 Hz มีความแตกต่างกันของระดับเริ่มได้ยินที่ได้จากเสียงทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อตรวจด้วยเสียง Pure Tone ค่ามัธยฐานอยู่ที่ 10 dB และพิสัยอยู่ที่ 0 ถึง 20 dB ในขณะที่เมื่อตรวจด้วยเสียง Warble Tone ค่ามัธยฐานอยู่ที่ 5 dB และพิสัยอยู่ที่ 0 ถึง 20 dB ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่ามัธยฐานและค่าพิสัยของระดับเริ่มได้ยินจากการตรวจด้วยเสียง Pure Tone และ Warble Tone ที่ความถี่ 250 ถึง 8000 Hz โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed Rank Test

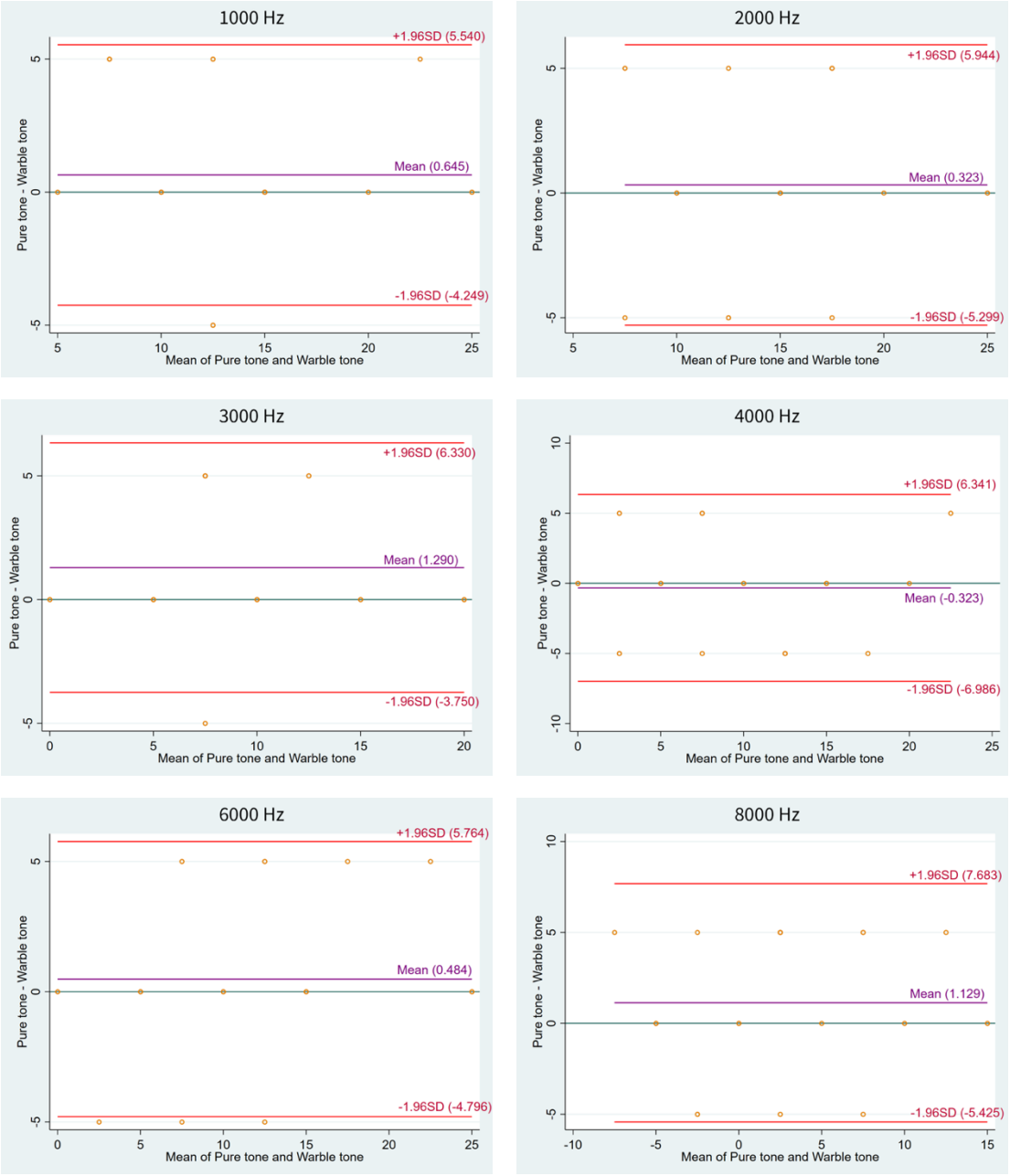
เสียงตรวจ		ค่ามัธยฐาน	พิสัย(dB)		P-value
ความถี่ (Hz)	ชนิดเสียง	(dB)	ต่ำสุด	สูงสุด	
250	Pure Tone	10	0	25	0.739
	Warble Tone	10	5	20	
500	Pure Tone	10	0	20	0.366
	Warble Tone	15	5	20	
1000	Pure Tone	15	5	25	0.157
	Warble Tone	15	5	25	
2000	Pure Tone	15	5	25	0.527
	Warble Tone	15	5	25	
3000	Pure Tone	10	0	20	0.011*
	Warble Tone	5	0	20	
4000	Pure Tone	10	0	25	0.593
	Warble Tone	10	0	20	
6000	Pure Tone	10	0	25	0.317
	Warble Tone	10	0	25	
8000	Pure Tone	0	-5	15	0.071
	Warble Tone	0	-10	15	

*กำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .05$

ผลการวิเคราะห์เสียงทั้งสองชนิดที่ใช้ตรวจการได้ยิน โดยใช้ Bland-Altman Plot แยกแต่ละความถี่ โดยกำหนด Limits of Agreement ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่า ที่ความถี่ 250, 500, 2000, 4000 และ 8000 Hz มีค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินของกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดอยู่ในช่วง Limits of Agreement ยกเว้น ที่ความถี่ 1000, 3000, 6000 Hz มีค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินของกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย ที่อยู่นอกช่วง Limits of Agreement จำนวน 2, 1 และ 3 ราย ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (mean difference) ของระดับเริ่มได้ยินระหว่างเสียงตรวจ Pure Tone และ Warble Tone ด้วย Bland-Altman Plot ที่ความถี่ 250 – 8000 Hz



ภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (Mean Difference) ของระดับเริ่มได้ยินระหว่างเสียงตรวจ Pure Tone และ Warble Tone ด้วย Bland-Altman Plot ที่ความถี่ 250 – 8000 Hz (ต่อ)

อภิปรายผล

ผลการศึกษา พบว่าค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินเมื่อใช้เสียงทั้งสองอยู่ในช่วง 0.161 ถึง 1.290 dB ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Zakaria [12] ที่ศึกษาค่าระดับเริ่มได้ยินจากระยะเวลาการปล่อยเสียงตรวจโดยใช้เสียง Pure Tone และ Warble Tone ที่ปล่อยเสียงตรวจเป็นระยะเวลา 2-3 วินาที (WT3) กับปล่อยเสียงตรวจเป็นระยะเวลามากกว่าหรือเท่ากับ 4 วินาทีขึ้นไป (WT4) พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินอยู่ที่ 0.18 ถึง 2 dB และ 1.22 ถึง 2.4 dB ตามลำดับ และ Lentz [10] ที่พบว่า ค่าระดับเริ่มได้ยินโดยใช้สัญญาณเสียงต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยินในแต่ละความถี่ต่างกันน้อยกว่า 3 dB Barry [9] ได้อธิบายว่าค่าความต่างของระดับเริ่มได้ยินนี้ขึ้นกับค่า Modulation Rate และค่าความถี่ที่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) ของเสียง Warble Tone โดย

อาจมีค่าต่างกันสูงถึง 5-10 dB ซึ่งค่าความต่างนี้มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก อย่างไรก็ตาม Stabb [5] กล่าวว่าหากใช้เสียง Warble Tone ที่มีค่าเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency Deviation) ไม่เกิน 10% และใช้ Modulation Rate ไม่เกิน 32 Hz จะได้ค่าระดับเริ่มได้ยินใกล้เคียงกับเสียง Pure Tone มากที่สุด (±5dB) ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบวัดค่าระดับเริ่มได้ยินด้วยสัญญาณเสียง Warble Tone ด้วย Modulation Rate ที่อัตราความถี่ 5 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนความถี่ ±5% จาก Center Frequency จึงทำให้ค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินเมื่อใช้สัญญาณเสียงทั้งสองไม่เกิน ±5 dB เช่นเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา

เมื่อพิจารณาแนวโน้มค่าเฉลี่ยระดับเริ่มได้ยินจากการตรวจด้วยเสียง Pure Tone และ Warble Tone พบว่าที่ความถี่ 1000, 2000, 3000, 6000 และ 8000 Hz ได้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างเป็นบวก แสดงถึงเสียง Warble Tone มีแนวโน้มได้ค่าระดับเริ่มได้ยินที่น้อยกว่า อาจเนื่องมาจากลักษณะของเสียง Warble Tone เป็นเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่อยู่ตลอดช่วงเวลาที่ปล่อยเสียง ถึงแม้จะยังอยู่ใน Critical Band เดียวกันกับเสียง Pure Tone ก็ตาม แต่ผู้ฟังสามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (Off-Frequency Listening) ทำให้ตรวจจับ (detect) เสียง Warble Tone ได้ง่ายกว่าเสียง Pure Tone ซึ่งเป็นเสียงความถี่เดียวเท่านั้นสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า [4,9,11,12] ที่พบว่าระดับเริ่มได้ยินจากการฟังเสียง Warble Tone จะมีค่าน้อยกว่าเสียง Pure Tone

ในขณะที่ความถี่ 250, 500, และ 4000 Hz มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างเป็นค่าลบ แสดงถึงว่าระดับเริ่มได้ยินที่ฟังจากสัญญาณเสียง Pure Tone มีแนวโน้มได้ค่าระดับเริ่มได้ยินน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zakaria [12] ซึ่งพบว่าค่าระดับเริ่มได้ยินที่ตรวจโดยการปล่อยสัญญาณเสียง Warble Toneเป็นระยะเวลา 2-3 วินาที (WT3) มีค่าระดับเริ่มได้ยินมากกว่า การใช้เสียง Pure Tone ที่ความถี่ 250, 500, 4000, และ 8000 Hz

การศึกษาในครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วย Bland-Altman plot เพื่อดูค่า Limits of Agreement ของระดับเริ่มได้ยินเมื่อใช้เสียง Pure Tone และเสียง Warble Tone หาค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินของทั้งสองเสียง นั่นคือยิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงถึงค่าระดับเริ่มได้ยินจากทั้งสองเสียงที่ใช้ในการทดสอบยิ่งมีค่าเหมือนกัน ซึ่งพบว่า ที่ความถี่ 250, 500, 2000, 4000, และ 8000 Hz ค่าระดับเริ่มได้ยินที่แตกต่างกันจากทั้งสองเสียงอยู่ในช่วง Limits of Agreement ทั้งหมด มีเพียงความถี่ 1000, 3000 และ 6000 Hz ที่มีค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินอยู่นอกช่วง Limits of Agreement จำนวน 2, 1, และ 3 ราย ตามลำดับ โดยทั้ง 6 ราย มีค่าความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินเสียงทั้งสองชนิดไม่เกิน 5 dB และเมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับเริ่มได้ยินจากเสียงทั้งสอง ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Rank Test พบว่า มีเพียงที่ความถี่ 3000 Hz เท่านั้น ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value < .05) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต่างที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย (1.29 dB) และอยู่ภายใต้เงื่อนไขการยอมรับได้ทางคลินิก ±5 dB [10,11] เนื่องจากวิธีการตรวจหาระดับเริ่มได้ยินทางคลินิก ใช้การเพิ่มหรือลดความดังครั้งละ 5 dB จึงทำให้ค่าความต่างดังกล่าวไม่มีผลต่อการนำมาใช้ในทางคลินิก

จากผลการศึกษาที่ผ่านมารวมถึงงานวิจัยครั้งนี้ เห็นด้วยและสนับสนุนแนวทางการปฏิบัติตามที่ ASHA [1] แนะนำให้ใช้เสียง Warble Tone ในการตรวจการได้ยินแทนเสียง Pure Tone ได้ในผู้ป่วยที่มีเสียงดังในหู หรือในผู้ป่วยที่มีการตอบสนองไม่สม่ำเสมอ ซึ่งค่าระดับเริ่มได้ยินที่ได้จากการตรวจด้วยเสียง Warble Tone สามารถใช้อ้างอิงในทางคลินิกได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เสียง Warble Tone ในการตรวจการได้ยินแทนเสียง Pure Tone อาจต้องใช้ความระมัดระวังในการตรวจ เนื่องจากเสียง Warble Tone ยังไม่ใช่เสียงมาตรฐาน (Gold Standard) ที่ใช้ในการตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยิน และจากงานวิจัยก่อนหน้า [11] การใช้เสียง Warble Tone มีโอกาสที่อาจจะทำให้ผลตรวจการได้ยินในช่วงความถี่สูงมีความผิดเพี้ยนได้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีปัญหาการสูญเสียการได้ยินที่ความถี่สูง

สรุปผล

จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีการได้ยินปกติ พบว่าการตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยินผ่านการนำเสียงทางอากาศจากการตรวจการได้ยินที่ความถี่ 250 ถึง 8000 Hz สามารถใช้เสียง Warble Tone แทนเสียง Pure Tone ได้เนื่องจากค่าระดับเริ่มได้ยินที่ตรวจจากเสียงทั้ง 2 ชนิด อยู่ในช่วง Limits of Agreement ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก (±5 dB) ภายใต้เงื่อนไขการตรวจที่ใช้การปรับความดังเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 dB ในขั้นตอนการหาค่าระดับเริ่มได้ยินและเสียง Warble Tone มีค่า Modulation Rate ที่อัตราความถี่ 5 Hz และมีค่าเบี่ยงเบนความถี่ ±5% จากความถี่กลาง สามารถนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการปฏิบัติงานในทางคลินิกได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาในกลุ่มที่มีการได้ยินปกติและกลุ่มที่มีเสียงดังในหูที่มีอายุแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างและความเหมาะสมเพื่อนำไปปรับใช้ในทางคลินิกตามคำแนะนำของ ASHA [1] นอกจากนั้นในการตรวจหาค่าระดับเริ่มได้ยิน ควรหลีกเลี่ยงการใช้นักแก้ไขการได้ยินเพียง 1 คน ในการตรวจทั้ง 2 เสียง เพราะอาจทำให้เกิด Bias เพื่อให้เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. เอกสารอ้างอิง

1. American Speech-Language-Hearing Association. Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry. [Internet] 2005 [cited 2020 Dec 22] Available from: https://www.asha.org/policy/gl2005-00014
2. Thai Speech-Language and Hearing Association. Professional Ethics and Standards of Thai Speech-Language and Hearing. Khonkaen: Khonkaen Print; 2000.
3. Dancer J, Ventry IM, Hill W. Effects of stimulus presentation and instructions on pure-tone thresholds and false-alarm responses. Journal of Speech and Hearing Disorders. 1976;41:315-24.
4. Dockum GD, Robinson DO. Warble tone as an audiometric stimulus. Journal of Speech and Hearing Disorders 1975;40(3):351-6.
5. Stabb WJ. Comparison of pure-tone and warble-tone thresholds [dissertation]. Michigan: Michigan State University; 1971.
6. Stephens MM, Rintelmann WF. The influence of audiometric configuration on pure-tone, warble-tone and narrow-band noise thresholds of adults with sensorineural hearing losses. Journal of the American Audiology Society. 1978;3(5):221-6.
7. Reilly N. Frequency and amplitude modulation audiometry. AMA archives of otolaryngology. 1958;68(3):363-6.
8. Gardner MB. A pulse-tone technique for clinical audiometric threshold measurements. The Journal of the Acoustical Society of America. 1947;19(4):592-9.
9. Barry SJ, Resnick SB. Absolute thresholds for frequency-modulated signals: Effects of rate, pattern, and percentage of modulation. Journal of Speech and Hearing Disorders 1978; 43:192-9.
10. Lentz JJ, Walker MA, Short CE, Skinner KG. Audiometric testing with pulsed, steady, and warble tones in listeners with tinnitus and hearing loss. American Journal of Audiology 2017;26(3):328-37.
11. Franklin CA, Franklin TC, Franklin JL. Comparing pure-tone, pulsed, and warbled tone thresholds in adults at 3000 and 6000 Hz. American Journal of Audiology 2011; 20(1):42-7.
12. Zakaria NA, Rosli R, Zam TZ. Hearing threshold in audiometry testing: Pure tone versus warble tone. International Journal of allied health sciences 2021;5(6):2530-4.