



การทดสอบการได้ยินจากก้านสมอง : ผลจากการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม

The Auditory Brainstem Response : The Effect of Contralateral  
Masking

อภินันทนาการ

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย .....  
.....

พิมพ์า ขจรธรรม

๑

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาความผิดปกติของการสื่อความหมาย  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2534

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทดสอบการไต่บันจากก้านสมอง : ผลจากการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม

.....  
พิมพ์ ขจรธรรม

ผู้วิจัย

.....  
เจียมจิต ถวิล, ศ.ศ.ม

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....  
พูนพิศ อมาตยกุล, พ.บ., M.A.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....  
อุไรรัตน์ สุบรรณวัฒนาศ วท. ม., พบ. ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....  
มนตรี จุลสมัย, พ.บ. Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....  
รจนา ทรรทรานนท์, ค.บ. ,M.A.

ประธานกรรมการประจำหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาความผิดปกติของการสื่อความหมาย  
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทดสอบการได้ยินจากก้านสมอง : ผลจากการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาความผิดปกติของการสื่อความหมาย  
วันที่ 26 มิถุนายน 2534

.....  
พิมพ์า ขจรธรรม  
ผู้วิจัย

.....  
เจียมจิต ถวิล, ศ.ศ.ม  
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
พูนพิศ อมาตยกุล, พ.บ., M.A.  
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
อุไรรัตน์ สุบรรณวิลาศ, ว.ท.ม., พ.บ.ม  
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
มนตรี จุลสมัย, พ.บ. Ph.D.  
คณบดี  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....  
อรรถสิทธิ์ เวชชาชีวะ, F.R.C.P.  
คณบดี  
คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี  
มหาวิทยาลัยมหิดล



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือ และความเมตตาของบุคคลต่าง ๆ หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างเป็นที่สุดดังนี้

ขอกราบพระคุณอาจารย์ผู้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ท่านเหล่านี้คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจียมจิต ถวิล รองศาสตราจารย์นายแพทย์พูนพิศ อมาตยกุล และ อาจารย์อุไรรัตน์ สุบรรณวิลาส ซึ่งท่านเหล่านี้ได้สละเวลาช่วยเหลือผู้วิจัยมาตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่าน รวมทั้งนักศึกษาเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณ คุณวิลาวัลย์ บุญแก้วสุข ผู้ให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะไม่สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ หากปราศจากความช่วยเหลือและกำลังใจจากมารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ซึ่งเป็นผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จครั้งนี้

พิมพ์า ขจรธรรม





## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
3. วิธีดำเนินการวิจัย	35
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	41
5. อภิปราย สรุป และข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	82

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนปกติจากการศึกษาต่างๆ	14
2	ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติของการศึกษาต่างๆ	16
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาการเกิดคลื่นคลื่นในคนปกติ	42
4	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนปกติเมื่อมีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	43
5	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศชายและเพศหญิง	44
6	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในกลุ่มคนปกติ	45
7	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III และ V ของคนปกติ	46
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติ	47
9	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติ ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม และไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	48
10	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติเพศชาย และเพศหญิง	49
11	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 90, 70 และ 50 dB ในกลุ่มคนปกติ	50
12	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III, III-V และ I-V ในคนปกติ	51
13	เปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I ในคนปกติ เมื่อมีการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามกับไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม	52

14	เปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในคนปกติใน สถานะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม และมีเสียงรบกวน ในหูตรงข้าม	53
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาการเกิดคลื่น ในคนไข้เชื่อมการได้ยินข้างเดียว	54
16	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการ เกิดคลื่นในคนไข้เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม และไม่ ใส่เสียงรบกวน	55
17	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการ เกิดคลื่นในกลุ่มคนไข้เพศชาย และหญิง	56
18	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการ เกิดคลื่น I, III และ V ในกลุ่มคนไข้	57
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาระหว่างคลื่น ในกลุ่มคนไข้	58
20	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่าง คลื่นในกลุ่มคนไข้ ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม และมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	59
21	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่าง คลื่นในกลุ่มคนไข้เพศชาย และหญิง	60
22	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่าง คลื่น I-III, III-V และ I-V ในกลุ่มคนไข้	61
23	เปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I ในกลุ่มคนไข้ เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวน และใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม	62
24	ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในกลุ่มคนไข้	63
25	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างการเกิดคลื่นของคนปกติ เพศชายที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในภาวะ ที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	82
26	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างการเกิดคลื่นของคนปกติ เพศชายที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในภาวะ ที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	84
27	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างการเกิดคลื่นของคนปกติ เพศหญิงที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในภาวะ ที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	86

28	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างการเกิดคลื่นของคนปกติ เพศหญิงที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	88
29	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชายที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	90
30	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชายที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	91
31	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิงที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	92
32	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิงที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	93
33	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ของคนปกติเพศชาย ในภาวะไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	94
34	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ของคนปกติเพศชาย ในภาวะมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	96
35	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ของคนปกติเพศหญิง ในภาวะไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	98
36	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ของคนปกติเพศหญิง ในภาวะมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	100
37	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชาย ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	102
38	ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชาย ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม	103

- 39 ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิง ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม 104
- 40 ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิง ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม 105



## สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	แสดงระยะเวลาการเกิดคลื่น ระยะเวลาระหว่างคลื่น ความสูงของคลื่น	8
2	แสดงจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ ใน ABR	13
3	แสดงลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V	20
4	กราฟแสดง "Latency-intensity function"	24
5	แสดง Block diagram ของเครื่อง Hortmann ABR (SH 221) Unit	40
6	แบบฟอร์ม ABR ของโรงพยาบาลรามธิบดี	106

## บทที่ 1

## บทนำ

การตอบสนองการได้ยินจากก้านสมอง (Auditory Brainstem Response) หรือเรียกย่อๆ ว่า ABR เป็นปฏิกิริยาการตอบสนองในลักษณะของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีแหล่งกำเนิดจากระบบประสาทการได้ยินบริเวณก้านสมอง ปฏิกิริยานี้สามารถตรวจวัด และบันทึกผลออกมาด้วยการใช้อิเล็กโทรดซึ่งติดไว้ที่ผิวหนังบริเวณกระดูกศรีษะผลที่บันทึกออกมามีลักษณะเป็นคลื่นต่างๆ เราเรียกคลื่นพวกนี้ว่าคลื่นการได้ยิน (waveforms) ในระยะเวลากว่า 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเอา ABR มาใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจวินิจฉัยปัญหาทางด้านการได้ยินมากมาย บุคคลแรกที่ทำการศึกษาและรายงานเกี่ยวกับ ABR คือ Sohmer และ Feinmesser ในปี 1967 (1) ได้รายงานถึงคลื่นการได้ยินที่เกิดจากปฏิกิริยาในระบบประสาทจำนวน 5 คลื่นซึ่งเกิดขึ้นภายใน 7-8 มิลลิวินาที เมื่อได้รับเสียงกระตุ้น เขาเรียกชื่อคลื่นการได้ยินนี้ว่า N<sub>1</sub> ถึง N<sub>5</sub> ต่อมาในปี 1970 Jewett และคณะ(2) รายงานผลงานที่คล้ายคลึงกันแต่ต่างกันตรงที่เขาพบคลื่นการได้ยินทั้งหมด 7 คลื่นเกิดขึ้นภายใน 10 มิลลิวินาที เมื่อได้รับเสียงกระตุ้น Jewett และคณะเรียกชื่อคลื่นเหล่านั้นด้วยเลขโรมันคือคลื่นที่ I ถึงคลื่นที่ VII ตามลำดับ.

Picton และ Smith (3) กล่าวว่าประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของ ABR คือการนำมาใช้เพื่อประมาณระดับการได้ยินในคนไข้ที่ไม่ให้ความร่วมมือในการตรวจเมื่อใช้วิธีการทดสอบการได้ยินตามปกติ (conventional audiometry) และนำมาใช้ในการวินิจฉัยเพื่อหาตำแหน่งของพยาธิสภาพ Galambos และ Hecox (4) รายงานว่า ABR เป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่น่ามาใช้เพื่อประมาณระดับการได้ยิน (hearing Threshold) ได้อย่างแม่นยำโดยการส่งกระตุ้นที่ V เป็นหลักในผู้ใหญ่จุดเริ่มต้นการได้ยินที่ประมาณได้จากผลของ ABR จะสูงกว่าผลที่ได้จากการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงคลิก (behavioral click Threshold) ประมาณ 5-10 dB ส่วนในเด็กเล็กผลที่ประมาณได้จาก ABR จะสูงกว่าผลที่ได้จากการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงคลิกประมาณ 20 dB (4,5) Ozdamar และ Stein(6) กล่าวว่าผลที่ประมาณจาก ABR ต่างจากผลที่ได้จากการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงคลิกไม่เกิน 15 dB โดยที่ผลที่ประมาณได้จาก ABR จะสูงกว่าผลที่ได้จากการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงคลิก โดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.9 dB.

ABR เป็นการวัดปฏิกิริยาของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบประสาท การได้ยินซึ่งสามารถตรวจวัด และบันทึกได้โดยการใช้อิเล็กโทรดติดบนผิวหนัง- การบันทึกผลวิธีนี้ เรียกว่า "far-field Recording" ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ที่มารับการทดสอบ Starr และ Achor (7) สรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติของ ABR ไว้ 4 ประการคือ.

1. เป็นปฏิกิริยาการตอบสนองที่ไม่ขึ้นอยู่กับระดับความรู้สึกหรือสมาธิของผู้รับการทดสอบ.
2. ระยะเวลาการเกิดคลื่น (latency) แปรผกผันกับความดังของสัญญาณเสียงที่ใช้กระตุ้น.
3. สามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่แรกเกิด และระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงไปตามวุฒิภาวะ (maturation).
4. พยาธิสภาพที่เกิดขึ้นในระบบประสาทการได้ยินมีผลทำให้ปฏิกิริยาการตอบสนองเปลี่ยนแปลงไป.

ในปี 1970 Jewett (8) รายงานผลการศึกษาคอลงของเขา ซึ่งถือว่าเป็นงานชิ้นที่สำคัญมากฉบับหนึ่ง เขาอธิบายถึงจุดกำเนิดการเกิดคลื่นต่างๆ ไว้ว่าแต่ละคลื่นที่เกิดขึ้นแสดงถึงปฏิกิริยาการตอบสนองของเซลล์ประสาทในแต่ละส่วนของก้านสมองดังนี้ คือ.

- คลื่นที่ I จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (The- auditory nerve).
- คลื่นที่ II จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ cochlear nucleus.
- คลื่นที่ III จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ superior olivary complex.
- คลื่นที่ IV และ V จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ inferior colliculus.

แต่อย่างไรก็ตาม เขากล่าวเตือนไว้ว่าคลื่นเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาที่อาจมีจุดกำเนิดหลายแห่งก็ได้ หลังจากนั้นก็มีผู้ทำการศึกษาคอลงหลายท่านซึ่งเสนอแนวความคิดที่แตกต่างออกไปบ้างในเรื่องจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ เช่น Moller และ Jannetta (9) กล่าวว่า คลื่นที่ I จุดกำเนิดอยู่ที่เส้นประสาทสมองคู่ที่

8 ส่วนปลาย (distal end) , คลื่นที่ II มีจุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ส่วนต้น (proximal part) เป็นส่วนใหญ่ คลื่นที่ III มีจุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ cochlear nucleus, คลื่นที่ IV มีจุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ superior olivary complex และ lateral lemniscus ส่วนคลื่นที่ V จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ lateral lemniscus.

การนำ ABR เข้ามาใช้ในคลินิกมักมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ เพื่อประเมินสถานะ และวินิจฉัยพยาธิสภาพของระบบประสาทการได้ยินส่วนนอก (peripheral auditory system and related pathology) และเพื่อประเมินสถานะของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 รวมทั้งเส้นทางเดินของพลังงานไฟฟ้าในประสาทการได้ยิน (auditory pathway) ที่ระดับกำนสมอง(5) นอกจากนี้ ABR ยังมีประโยชน์อีกหลายประการเช่นการนำมาใช้เพื่อประเมินสถานะของโรคที่มีผลต่อระบบประสาท เช่น Demyelinating disease ต่างๆ และยังสามารนำมาใช้เพื่อประกอบในการคัดเลือกเครื่องช่วยฟังได้ด้วย แต่การที่จะนำ ABR มาใช้ประโยชน์นั้นจะต้องเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อ ABR เช่น อายุ, เพศ, ระดับความดังของเสียงที่ใช้กระตุ้น เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่อาจมีอิทธิพลต่อ ABR คือการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ ABR ปกติในสถานโสตสัมผัสวิทยาคลินิก (clinical audiology) นั้น การใส่เสียงรบกวน (masking) เป็นสิ่งจำเป็นในการทดสอบการได้ยินเพื่อป้องกันการข้ามของสัญญาณเสียงไปสู่หูด้านที่ไม่ได้ทำการทดสอบ (acoustic crossover) โดยเฉพาะในคนไข้ที่มีระดับการได้ยินแตกต่างกันระหว่างหู 2 ข้าง ในกรณีเช่นนี้เมื่อทำการทดสอบด้วย ABR จึงเป็นปัญหาว่าจำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนในหูด้านที่ไม่ได้ทำการทดสอบหรือไม่ และเสียงรบกวนที่ใส่เข้าไปนั้นมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาการตอบสนองของกำนสมอง หรือไม่อย่างไร ซึ่งในระยะเวลาที่ผ่านมาแล้วแม้ว่าจะมีผู้ทำการศึกษาด้านนี้บ้างแต่ก็ยังมีไม่มากนักและยังหาข้อสรุปไม่ได้.

ในการทดสอบการได้ยินที่ปฏิบัติตามคลินิกนั้น เมื่อทำการทดสอบการนำเสียงทางอากาศ (air-conduction test) โดยใช้เสียงบริสุทธิ์กระตุ้นด้วยความดังเกินกว่าค่ากั้นเสียงข้ามฟาก (Interaural attenuation) จะมีการข้ามฟากของสัญญาณเสียงไปยังหูตรงข้าม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม เมื่อทำการทดสอบการได้ยินคนไข้ที่มีระดับการได้ยินระหว่างหู 2 ข้างต่างกันเกินกว่า 40dB (10) การทดสอบ ABR ก็เช่นเดียวกันเนื่องจากมีการใช้เสียงกระตุ้นที่มีความดังเหนือระดับจุดเริ่มต้นของการได้ยินมากเพื่อทำให้คลื่นที่มีลักษณะรูปร่างชัดเจน ดังนั้นปฏิกิริยาที่บันทึกได้อาจเป็นปฏิกิริยาของ

หูข้างที่ไม่ได้ทำการทดสอบก็ได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่ากั้นเสียงข้าม-  
พาก (interaural attenuation) ของเสียง "คลิก" (clicks) มีค่า-  
ระหว่าง 50-70 dB (6,11,12) ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบโดยใช้เสียงกระตุ้น  
ที่มีความดังมากๆ จึงต้องคำนึงถึงปัญหาการข้ามของสัญญาณเสียง โดยเฉพาะ  
อย่างยิ่งในกรณีของคนไข้ซึ่งมีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว.

ในปี 1979 Finitzo-Hieber, Hecox และ Cone (14) ทำ  
การศึกษาเด็กซึ่งมีช่องหูตีบตันข้างเดียวแต่กำเนิด และคนไข้ผู้ใหญ่ซึ่งมีการได้ยิน  
เสื่อมข้างเดียว โดยทำการทดสอบด้วย ABR เพื่อดูว่าเด็กมีการได้ยินหลงเหลือ  
ในหูด้านที่ตีบตันหรือไม่และระดับการได้ยินในหูข้างที่ปกตินั้นเพียงพอต่อการพัฒนา  
ภาษา และการพูดให้เป็นไปอย่างปกติหรือไม่ เสียงที่เขาใช้มีความดังสูงสุดคือ  
117 dB SPL และไม่พบว่ามีการข้ามของสัญญาณเสียงไปยังหูด้านที่ปกติแต่อย่าง  
ใด เขาจึงสรุปว่าไม่จำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามแต่การศึกษาอีก  
หลายฉบับให้ความเห็นที่แตกต่างออกไป เนื่องจากพบว่ามีการข้ามของสัญญาณ  
เสียงไปยังหูด้านที่ไม่ได้ทำการทดสอบเมื่อใช้เสียงกระตุ้นดังมากๆ ในคนไข้ที่มี  
การได้ยินเสื่อมข้างเดียว โดยพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาใน-  
การเกิดคลื่นที่ V (6,11,13,15).

คลินิกตรวจการได้ยินของร.พ. รามาธิบดี มีการนำเอา ABR เข้ามา  
ใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 เพื่อใช้ร่วมกับการตรวจการได้ยินชนิดอื่น คนไข้ที่มารับ  
การตรวจมีจำนวนมากที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว รวมทั้งมีเด็กซึ่งมีความพิการ  
มาแต่กำเนิด เช่นมีช่องหูที่ตีบตัน หรือมีประสาทหูพิการ เป็นต้น คนไข้เหล่านี้  
โดยเฉพาะเด็กเล็กฯ ซึ่งยังไม่สามารถทำการตรวจวัดการได้ยินด้วยวิธีทั่วไปได้  
การประเมินระดับการได้ยินวิธีหนึ่งซึ่งไม่ต้องอาศัยความร่วมมือของคนไข้เลยก็-  
คือการทดสอบด้วย ABR ซึ่งในปัจจุบันคลินิกตรวจการได้ยินของร.พ. รามาธิบดี  
ก็ได้ใช้วิธีการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามในกรณีที่ทราบหรือสงสัยว่าหู 2 ข้าง  
มีระดับการได้ยินไม่เท่ากันแต่ยังไม่มีการศึกษาหาค่ามาตรฐานเมื่อมีการใช้เสียง  
รบกวนในการทดสอบ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และช่วยในการตัดสินใจ  
เกี่ยวกับการใช้เสียงรบกวนได้ดีขึ้นจึงได้ทำการศึกษาเรื่องนี้.

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย.

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ  
ABR ในคนปกติ.

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ ABR ในคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในระดับ 46-75 dBHL ในหูข้างหนึ่ง ส่วนการได้ยินในหูอีกข้างอยู่ในระดับปกติ.

สิ่งที่นำมาพิจารณาในการศึกษาคือ.

1. ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III, V (wave I, III, V latency).
2. ระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ I-III, III-V และ I-V (Inter-peak latency).
3. อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I (amplitude ratio).
4. ลักษณะรูปร่างของคลื่นที่ IV-V (wave IV-V morphology).

สมมุติฐานของการวิจัย.

1. คนปกติเมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวนและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม มีระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดคลื่น (mean latency) ที่ I, III, V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.
2. คนปกติเมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวน และไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่น (mean interpeak latency) ที่ I-III, III-V และ I-V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.
3. คนปกติเมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวนและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม ค่าอัตราส่วนความสูง (amplitude ratio) ของคลื่น V:I ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.
4. คนปกติเมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวน และไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามรูปร่างของคลื่น (waveform morphology) ที่ IV-V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

5. คนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเพียงข้างเดียว เมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวนและไม่มีเสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติ มีระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดคลื่น (mean latency) ที่ I, III และ V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

6. คนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเพียงข้างเดียว เมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวนและไม่มีเสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติ ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่น (mean interpeak latency) ที่ I-III, III-V และ I-V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

7. คนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเพียงข้างเดียว เมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวน และไม่มีเสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติ ค่าอัตราส่วนความสูง (amplitude ratio) ของคลื่นที่ V:I ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

8. คนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเพียงข้างเดียว เมื่อได้รับเสียงกระตุ้นที่มีความดัง 90 dBHL ทั้งในภาวะที่มีการใส่เสียงรบกวน และไม่มีเสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติ รูปร่างของคลื่น (waveform morphology) ที่ IV-V ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

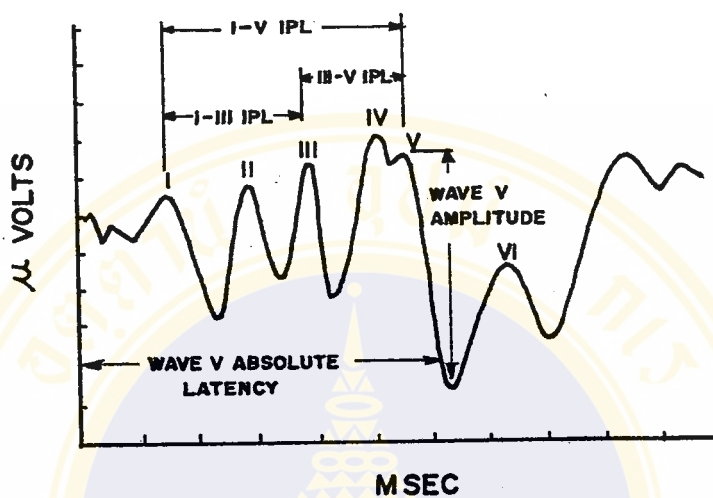
#### ขอบเขตของการวิจัย.

การศึกษาครั้งนี้ทำในคน 2 กลุ่มคือ คนที่มีการได้ยินปกติจำนวน 40 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาหรือเจ้าหน้าที่ของคณะแพทยศาสตร์ ว.พ. รามาธิบดีและคนไข้ที่ส่งมาจากคนไข้นอกของแผนก หู คอ จมูก ว.พ. รามาธิบดี จำนวน 45 คน โดยคัดเลือกตามหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คนไข้เหล่านี้มีระดับการได้ยินปกติในหูข้างหนึ่ง ส่วนอีกข้างหนึ่งมีการได้ยินในระดับ 46-75 dBHL.

#### นิยามศัพท์เฉพาะ.

1. ระยะเวลาการเกิดคลื่น (Absolute Latency) : หมายถึงระยะเวลาตั้งแต่ เมื่อเริ่มใช้เสียงกระตุ้นจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาซึ่งมีลักษณะเป็นคลื่นการได้ยินต่างๆ ปรากฏให้เห็นมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (15).

2. ระยะเวลาระหว่างคลื่น (Interpeak Latency หรือ IPL) หมายถึง ระยะเวลาจากจุดยอดของคลื่นหนึ่งไปยังจุดยอดของคลื่นอีกคลื่นหนึ่ง (I, III และ V) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (15).
3. ความสูงของคลื่น (Waveform Amplitude) : หมายถึงความสูงของคลื่นซึ่งวัดจากจุดยอดทางด้านหนึ่ง (positive peak) จนถึงจุดต่ำสุดอีกทางด้านหนึ่ง (negative peak) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 1.
4. เสียงรบกวน (Masking noise) : การรบกวน (masking) คือการทำให้จุดเริ่มต้นการได้ยินของสัญญาณเสียงหนึ่ง (Threshold of one signal) เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการใส่เสียงอีกเสียงหนึ่งเข้าไป เสียงที่ใส่เข้าไปนี้คือ เสียงรบกวน ในการศึกษานี้เสียงรบกวนที่ใช้คือ เสียงที่มีช่วงความถี่กว้าง (white noise หรือ broad-band noise) (10).
5. การกั้นเสียงข้ามฟาก (Interaural Attenuation) : หมายถึง การที่สัญญาณเสียงมีความดังลดลงเมื่อข้ามผ่านกระโหลกศีรษะจากหูข้างหนึ่งไปยังหูด้านตรงข้าม (10) ค่ากั้นเสียงข้ามฟากของเสียงบริสุทธิ์ที่มีค่าน้อยที่สุด เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีการนำเสียงทางอากาศ (air conduction test) มีค่าเท่ากับ 40 dB ส่วนค่ากั้นเสียงข้ามฟากของเสียงบริสุทธิ์เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีการนำเสียงทางกระดูก (bone conduction test) มีค่าเท่ากับ 0 dB (10) ค่ากั้นเสียงข้ามฟากของเสียงคลิกมีค่าอยู่ระหว่าง 50-73 dB (6,11,12,13) และค่ากั้นเสียงข้ามฟากของเสียง white noise มีค่าระหว่าง 50-65 dB (12).
6. ระบบการได้ยินส่วนนอก (peripheral auditory system) : เป็นค่าที่มีความหมายรวมระหว่าง 2 ระบบคือ ระบบ conductive system ซึ่งเริ่มตั้งแต่หู ช่องหู จนถึงหูชั้นกลาง และระบบ sensorineural system ซึ่งเริ่มตั้งแต่ หูชั้นใน และเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (The auditory nerve) (17).
7. ระบบการได้ยินในประสาทส่วนกลาง (central auditory system) คือส่วนหนึ่งของระบบประสาทการได้ยินทั้งหมดมีจุดเริ่มต้นจากระดับก้านสมอง บริเวณ cochlear nucleus ขึ้นไปจนถึง Auditory cortex (17).



รูปที่ 1 แสดง ระยะเวลาการเกิดคลื่น ระยะเวลาระหว่างคลื่น ความสูงของคลื่น

## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสียง เป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งสามารถกระตุ้นให้ร่างกายเกิดปฏิกิริยาตอบสนองขึ้นในสมอง ปฏิกิริยาอย่างนี้มีลักษณะเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งสามารถบันทึกได้ด้วยการใช้อิเล็กโทรดติดที่ผิวหนังบริเวณกระดูกศรีษะ(4) คลื่นการได้ยินที่เกิดขึ้นมีจำนวน 5-7 คลื่นเกิดภายใน 10 มิลลิวินาทีเมื่อได้รับเสียงกระตุ้น เราเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่าปฏิกิริยาการตอบสนองของก้านสมอง (The auditory - brainstem response หรือ ABR ) ซึ่งต่อมาได้มีการนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในการตรวจวินิจฉัยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ บทนี้เป็นการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่ง เป็นหัวข้อใหญ่ๆ ดังนี้คือ.

1. ความหมายของ ABR
2. ประวัติและความเป็นมาของ ABR
3. จุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ
4. พารามิเตอร์ที่ใช้พิจารณา
5. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อ ABR
6. การใช้เสียงรบกวนในการทดสอบ ABR

### 1. ความหมายของ ABR

ABR เป็นการวัดปฏิกิริยาของพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในระบบประสาทการได้ยินเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยเสียง ปฏิกิริยานี้สามารถบันทึกผลด้วยการใช้อิเล็กโทรดติดที่ผิวหนังบริเวณกระดูกศรีษะซึ่ง เรียกวิธีการบันทึกผลวิธีนี้ว่า "far-field recording" (5,7,8) การบันทึกผลด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกและไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ที่ได้รับการทดสอบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่าคลื่นการได้ยินมีทั้งหมด 5-7 คลื่นเกิดขึ้นภายใน 10 มิลลิวินาทีเมื่อได้รับกระตุ้นเสียงที่ใช้กระตุ้นมีหลายชนิดเช่นเสียง "tone bursts" หรือ "tone pips" เสียง "clicks" (18) เป็นต้น เสียงที่นิยมใช้ในการกระตุ้นมากที่สุดคือเสียง "clicks" (คลิก) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการกระตุ้นให้เซลล์ของระบบประสาทการได้ยินเกิดปฏิกิริยาขึ้นอย่างสอดคล้องกัน (synchronous activation) (19) เมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบ ABR ไปแปลผลก็จะช่วยให้สามารถประเมินสภาวะของระบบการได้ยินส่วนนอก (peripheral hearing status) และวินิจฉัยสภาวะของประสาทสมองคู่ที่ 8 รวมถึงทางเดินของพลังงานไฟฟ้าในก้านสมองด้วย (Brainstem auditory pathway) ด้วย(5) นอกจากนี้ ABR ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดในกลุ่มเด็กเล็กซึ่งทดสอบ

การได้ยินด้วยวิธีปกติได้ยากลำบาก และผลที่ได้มักไม่ค่อยแน่นอน การทดสอบด้วย ABR สามารถช่วยให้นักโสตสัมผัสวิทยาประเมินระดับการได้ยินของเด็กได้ง่ายและเร็วขึ้นและยังใช้ ABR ทดสอบระดับการได้ยินในกลุ่มประชากรที่ไม่ให้ความร่วมมือในการทดสอบการได้ยิน (difficult-to-test) เช่น เด็กออทิสติก เด็กที่มีความพิการทางสมองเด็กปัญญาอ่อน เป็นต้น.

## 2. ประวัติและความเป็นมาของ ABR

ในปี 1939 Davis และคณะเป็นบุคคลกลุ่มแรกที่สังเกตว่ามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นในระบบประสาทการได้ยินของมนุษย์เมื่อได้ยินเสียงดังปฏิกิริยานี้สามารถบันทึกได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า electroencephalo graphic (EEG) recordings (20) แต่ปัญหาที่พบก็คือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กมากจนยากที่จะตรวจวัดได้ จนกระทั่งในช่วงปี 1960 ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เรียกว่า "signal-averager" ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นพัฒนาการของเครื่องมือ ABR ในปัจจุบัน.

บุคคลซึ่งถือว่าเป็นผู้ริเริ่มในการศึกษาเกี่ยวกับ ABR คือ Sohmer และ Feinmesser ในปี 1967 (1) ได้รายงานผลการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธี "transtympanic eletrocochleography" และสังเกตพบคลื่นการได้ยินอันเกิดจากปฏิกิริยาของเซลล์ประสาทจำนวน 5 คลื่น ( $N_1$  ถึง  $N_5$ ) เกิดขึ้นภายในเวลา 7 ถึง 8 มิลลิวินาทีเมื่อได้รับเสียงกระตุ้น ต่อมาในปี 1970 Jewett และ คณะ (2) รายงานการค้นพบที่คล้ายคลึงกันแต่ต่างกันตรงที่จำนวนคลื่นการได้ยินที่เกิดขึ้นมี 7 คลื่นเกิดภายในระยะเวลา 10 มิลลิวินาที Jewett และ คณะ (2) เรียกชื่อคลื่นเหล่านั้นด้วยเลขโรมันคือคลื่นที่ I ถึงคลื่นที่ VII ตามลำดับ Jewett และ Williston (21) พบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากเสียงกระตุ้น (acoustically generated potentials) สามารถบันทึกออกมาได้ 2 วิธี คือวิธีบันทึกแบบ "near-field" และวิธีบันทึกแบบ "far-field" วิธีการบันทึกแบบ "near-field" คือวิธีที่ใช้เข็มอิเล็กโทรดแทงผ่านเยื่อแก้วหูเข้าไปที่วางบริเวณกระดูกที่ยื่นออกมา (The promontary) ใกล้กับหน้าต่างรูปกลม (round window) ส่วนวิธีการบันทึกแบบ "far-field" คือวิธีที่ใช้อิเล็กโทรดติดบนผิวหนังบริเวณศีรษะ (กระหม่อม หรือหน้าผาก) กระดูกมาสคอยด์และตั้งหู ค่าที่ได้จากการบันทึก 2 วิธีต่างกันเนื่องจากระยะทางระหว่างจุดกำเนิดของปฏิกิริยากับตำแหน่งอิเล็กโทรดต่างกันจึงมีผลทำให้ระยะเวลาที่บันทึกได้แตกต่างกัน (22) แต่วิธีการบันทึกแบบ "far field" เป็นวิธีที่ใช้กัน  
ในคลินิกตรวจการได้ยินทั่วไป เพราะเป็นวิธีที่ง่ายสะดวกและไม่เป็นอัน-

ตรายแก่ผู้มารับการทดสอบ นักโสตสัมผัสวิทยาสามารถทำให้ในคลินิกทดสอบ การได้ยินทั่วไป

การศึกษาของ Jewett และคณะ(2) เป็นการศึกษาในมนุษย์ซึ่ง รายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติของ ABR รวมทั้งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองอัน- ใดแก่ เสียงที่ใช้กระตุ้น และวิธีการทดสอบ และตั้งแต่ปี 1971 เป็นต้นมา การศึกษาเกี่ยวกับ ABR ก็เน้นในเรื่องของเสียงกระตุ้นและปัจจัยต่างๆ เช่น วิธีการทดสอบ อายุ เพศ ยา รวมทั้งพยาธิสภาพต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตอบ- สอนองของก้านสมอง.

### 3. จุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ ของ ABR

ในปี 1970 Jewett(8) รายงานผลการศึกษาดังจุดกำเนิดของ- คลื่นต่างๆไว้ดังนี้คือ. คลื่นที่ I มีจุดกำเนิดบริเวณเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (auditory nerve) คลื่นที่ II มีจุดกำเนิดบริเวณ cochlear nucleus คลื่นที่ III มีจุดกำเนิดบริเวณ superior olivary complex คลื่นที่ IV และ V มีจุดกำเนิดบริเวณ inferior colliculus.

ต่อมาได้มีการศึกษาตามมาอีกมากมายที่พยายามอธิบายถึงจุดกำเนิดของ ของคลื่นต่างๆ เช่น Star และ Achor(7) กล่าวว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยา ที่ซับซ้อนมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณหลายแห่งไม่ใช่เพียงบริเวณเดียว Buch- wald และ Huang(23) เสนอว่าคลื่นที่ V มีแหล่งกำเนิดบริเวณ lateral lemniscus Star และ Achor(24) พบว่าคลื่นที่ V มีจุดกำเนิดบริเวณ inferior colliculus Rowe (25) รายงานสรุปถึงจุดกำเนิดของคลื่น ต่างๆไว้ ดังนี้คือ.

คลื่นที่ I จุดกำเนิดอยู่ที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ข้างเดียวกับหูที่ ได้รับการกระตุ้น

คลื่นที่ II จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ cochlear nucleus ข้างเดียวกับหูที่ ได้รับการกระตุ้นเป็นส่วนใหญ่

คลื่นที่ III จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ superior olivary complex และ trapezoid body ทั้งด้านเดียวกันและด้านตรงข้ามกับหูที่ ได้รับการกระตุ้น

คลื่นที่ IV จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ lateral lemniscus ทั้งสองข้าง

คลื่นที่ V จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ inferior colliculus ด้านตรงข้ามกับหูที่ได้รับการกระตุ้น และเชื่อว่ามีจุดกำเนิดจากหลายบริเวณร่วมด้วย เพราะจากการทดลองในแมวพบว่าเมื่อทำลายบริเวณ inferior colliculus แล้วคลื่นที่ V ก็ยัง ปรากฏให้เห็นอยู่

ส่วนคลื่นที่ VI และ VII นั้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับจุดกำเนิดไม่มากนักแต่มีรายงานการศึกษาสองฉบับกล่าวว่า คลื่นที่ VI และ VII อาจมีจุดกำเนิดบริเวณ thalamus หรือบริเวณ auditory radiations (26, 27) รูปที่ 2. แสดงจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ จากการศึกษาของ Giroux และ Pratt (27).

การศึกษาล่าสุดของ Moller และ Moller (28) เสนอรายงานเกี่ยวกับจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ ดังนี้.

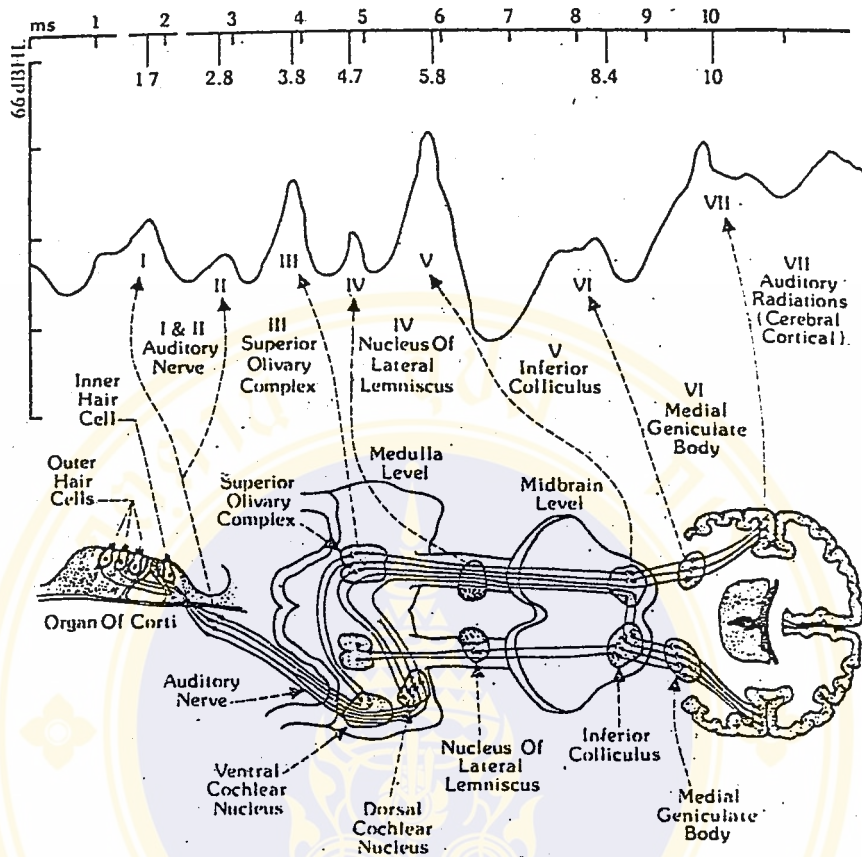
คลื่นที่ I จุดกำเนิดอยู่บริเวณเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ด้านนอก (lateral aspect).

คลื่นที่ II จุดกำเนิดอยู่บริเวณเส้นประสาทสมองที่ 8 ด้านใน (medial aspect).

คลื่นที่ III มีจุดกำเนิดมากกว่า 1 แห่ง แต่ส่วนใหญ่มีจุดกำเนิดอยู่ cochlear nucleus.

คลื่นที่ IV มีจุดกำเนิดหลายแห่งแต่ส่วนใหญ่เกิดบริเวณ superior olivary complex ด้านตรงข้ามกับหูที่ได้รับการกระตุ้น.

คลื่นที่ V จุดกำเนิดอยู่ที่บริเวณ lateral lemniscus.



รูปที่ 2. แสดงจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ ในการทดสอบ ABR จาก Giroux และ Pratt (27)

#### 4. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการแปลผล ABR

หลักในการแปลผล ABR ต้องพิจารณาองค์ประกอบต่อไปนี้คือระยะเวลาการเกิดคลื่น ระยะเวลาระหว่างคลื่น ความสูงของคลื่น และรูปร่างของคลื่น รวมกันไปด้วยทุกครั้ง (16).

##### 4.1 ระยะเวลาการเกิดคลื่น (Response Latency).

หมายถึงระยะเวลาตั้งแต่ได้รับเสียงกระตุ้นจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาตอบสนองมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที คลื่นที่ถือว่าเป็นคลื่นที่สำคัญที่สุดคือ คลื่นที่ V เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีลักษณะเด่นชัดที่สุด และเชื่อถือได้ (reliability) สูงสุด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทดสอบ เช่น เมื่อความดังของเสียงกระตุ้นเปลี่ยนแปลงไป ระยะเวลาเกิดคลื่นที่ V จะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเป็นสัดส่วนผกผันซึ่งสามารถคาดเดาได้ และเมื่อลดความดังของเสียงกระตุ้นลงคลื่น

ที่ V คงเป็นคลื่นเดียวที่ยังปรากฏให้เห็นที่ความดังใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นการได้ยิน (Threshold) ดังนั้นจึงนิยามไว้คลื่นที่ V ในการประมวลหาจุดเริ่มต้นการได้ยินของคนไข้ โดยเฉพาะในคนที่ไม่สามารถให้ความร่วมมือในการทดสอบ เช่น เด็ก หรือผู้พิการทางสมองการที่ระยะเวลาการเกิดคลื่นคลื่นเพิ่มขึ้นเมื่อลดความดังของเสียงกระตุ้นลง เนื่องจากเมื่อเสียงที่ใช้กระตุ้นมีความดังลดลงจะทำให้ปฏิกิริยาการส่งผ่านสัญญาณของเซลล์ประสาทจากบริเวณหนึ่งต่อไปยังอีกบริเวณหนึ่ง (synaptic transmission) ช้าลงตามไปด้วยจึงมีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นนานขึ้น (29) นอกจากนี้เมื่อความดังลดลงต่ำกว่า 50 dBnHL ยังมีผลทำให้คลื่นที่ I และ III เริ่มมีความไม่คงที่มากขึ้น. ตารางที่ 1. แสดงค่าปกติของระยะเวลาการเกิดคลื่นของห้องทดลองต่าง ๆ รวมทั้งค่าปกติที่ได้จากการศึกษาซึ่งทำในประเทศไทยด้วย.

ตารางที่ 1. แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนปกติ จากการศึกษาดังกล่าว (ดัดแปลงจาก Schwartz และ Berry) (16).

ผู้ศึกษา	ความดัง (dB)	อัตราเร็ว (/วินาที)	ความถี่ (Hz)	ระยะเวลาเกิดคลื่น(มิลลิวินาที)		
				I	II	V
Row (1978)	60 (dBSL)	10	100-3000	1.9	3.8	5.8
Rosenhamer และคณะ(1978)	60 (dBSL)	16.6	180-4500	1.7	3.9	5.9
Chiappa และคณะ(1979)	60 (dBSL)	10	100-3000	1.7	3.9	5.7
Schwartz และ Berry (1985)	75 dB (nHL)	11.1	75-1500	1.65	3.9	5.66
Phadhana-anek (1987)	70 dB (HL)	20	1000-3500	1.9	3.9	5.7
Lohmaneeratana (1989)	70 dB (HL)	20	1000-3500	1.96	4.09	5.86

Galambos และ Hecox(4) รายงานว่า ABR เป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้ในการใช้ประมาณหาจุดเริ่มต้นการได้ยินโดยอาศัยคลื่นที่ V เป็นหลักเนื่องจากเป็นคลื่นที่มีความคงที่สูง และความดังที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้คลื่นที่ V ปรากฏให้เห็นได้ถือว่าเป็นระดับความดังซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการได้ยิน นั่นคือหมายความว่าถึงพลังงานเสียงที่น้อยที่สุดสามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองของอวัยวะรูปก้นหอย (Cochlear) เส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 และก้านสมอง ค่าประมาณจุดเริ่มต้นการได้ยินด้วย ABR จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบการได้ยินโดยวิธีปกติ (behavioral threshold) ราว 5 ถึง 10 dB ในผู้ใหญ่ปกติ ในเด็กแรกเกิดค่าที่ได้จาก ABR จะสูงกว่าจุดเริ่มต้นการได้ยินจริงๆราว 20 dB Galambos และ Hecox (4) แนะนำว่าคนไข้รายใดก็ตามหากมีปฏิกิริยาตอบสนองให้เห็นที่ระดับความดัง 30 dB อาจถือได้ว่าคนไข้รายนั้นมีระดับการได้ยินปกติ.

#### 4.2 ระยะเวลาระหว่างคลื่น (Interpeak Latency หรือ IPL)

ค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นถือเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่งในการพิจารณาเพื่อวินิจฉัยแยกแยะสาเหตุ และตำแหน่งของพยาธิสภาพ เช่น โรคที่เกิดจากเนื้องอก (space - occupying lesion) และโรคที่ทำให้เกิดการขัดขวางการนำสัญญาณของเซลล์ประสาทที่มีสาเหตุมาจาก "demyelinating disease" เนื่องจากค่านี้แสดงถึงระยะเวลาในการนำสัญญาณของเซลล์ประสาท (neural conduction time) ดังนั้นระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III (IPL I-III) แสดงถึงการนำสัญญาณของเซลล์ประสาทในช่วงของก้านสมองส่วนล่าง (lower brainstem) และระยะเวลาระหว่างคลื่น III-V (IPL III- V) แสดงถึงการนำสัญญาณของเซลล์ประสาทในช่วงก้านสมองส่วนบน (upper brainstem) (30) ดังนั้นจึงถือได้ว่าค่าระยะเวลาระหว่างคลื่น I-V (IPL I- V) เป็นการแสดงถึงการนำสัญญาณของระบบประสาทส่วนกลาง (central transmission) (16).

โดยทั่วไปค่าปกติของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III และ III-V มีค่าประมาณ 2.0 มิลลิวินาที ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่น I-V มีค่าประมาณ 4.0 มิลลิวินาทีในทุกคนปกติ เมื่อทำการทดสอบด้วยเสียงดังระหว่าง 60-70 dB SL (ตารางที่ 2.) Schwartz และ Berry(16) กล่าวว่าค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นของห้องทดลองต่างๆ ค่อนข้างคล้ายคลึงกันจึงถือว่าค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นมีความคงที่ค่อนข้างสูงสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบเป็นค่ามาตรฐานได้ซึ่งต่างกับค่าเวลาการเกิดคลื่น (absolute latency) ที่แตกต่างกันระหว่างห้องทดลองต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบ และเครื่องมือที่ใช้

Stockard และ คณะ(30) กล่าวว่ามึบัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อระยะเวลา ระหว่างคลื่นเช่นอุณหภูมิ อายุ เพศ ความดังของเสียงกระตุ้น อัตราเร็วของ เสียงคลิกและยາบางอย่าง เป็นต้น ซึ่งหากไม่ควบคุมบัจจัยเหล่านี้ให้ดีก็จะมีผล- ทำให้ค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นมีความแปรปรวนได้ ดังนั้นแต่ละคลื่นจึง ควรมีค่ามาตรฐานของตนเองเพื่อใช้เปรียบเทียบเมื่อมีการทดสอบคนไข้.

ตารางที่ 2. แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติของการศึกษา ต่างๆ (ตัดแปลงจาก Schwartz และ Berry) (16).

ผู้ศึกษา	ความดัง (dB)	อัตราเร็ว (/วินาที)	ความถี่ (Hz)	ระยะเวลาระหว่างคลื่น(มิลลิวินาที)		
				I-III	III-V	I-V
Rowe (1978)	60 (dBSL)	10	100-3000	1.97	1.97	3.94
Rosenhamer และคณะ(1978)	60 (dBSL)	16.6	180-4500	2.26	2.0	4.27
Chiappa และคณะ(1979)	60 (dBSL)	10	100-3000	2.1	1.9	4.0
Schwartz และ Berry (1985)	75 dB (nHL)	11.1	75-1500	2.05	1.85	4.00
Phadhana-Anek	70 (dBHL)	20	1000-3500	2.1	1.8	3.9
Lohmaneratana	70 (dBHL)	20	1000-3500	2.29	1.81	4.09

#### 4.3 ความสูงของคลื่น (Response Amplitude)

ความสูงของคลื่นคือค่าที่วัดจากจุดยอดของคลื่นด้านบวก(positive) ลงมาถึงจุดต่ำสุดของคลื่นด้านลบ (negative peak) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ ( $\mu$ volts) Rowe (25) กล่าวว่าความสูงของคลื่นเป็นค่าที่มีความแปรปรวน ง่ายเพราะไวต่อตัวแปรหลายอย่างเช่น การเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle ar-

tifact) ระดับความดังของเสียงภายในห้อง (ambient noise) และวิธีการทดสอบ ซึ่งหากไม่สามารถควบคุมตัวแปรเหล่านี้ให้ดีพอแล้วอาจมีผลทำให้ความสูงของคลื่นเปลี่ยนแปลงไปเมื่อทำการทดสอบซ้ำอีก ดังนั้นจึงนิยมใช้ค่าอัตราส่วนความสูงระหว่างคลื่น (relative amplitudes) มาพิจารณาแทนแต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนความสูงก็ยังเป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากอยู่ Stockard และคณะ (30) อธิบายถึงตัวแปรและวิธีการทดสอบต่างๆ ที่มีผลต่อความสูงของคลื่นไว้ดังต่อไปนี้.

- (1) ตัวรับช่วงความถี่ (filters) ซึ่ง Stockard และคณะแนะนำว่า ควรใช้เครื่องที่มีการปรับความถี่อยู่ในช่วง 100-3000 Hz .
- (2) signal-to-noise ratio เสียง noise ที่มีผลต่อความสูงของคลื่นคือเสียงภายในร่างกายและโดยเฉพาะอย่างยิ่งปฏิกิริยาที่เกิดจากการเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle artifact) ดังนั้นจึงนิยมใช้การบันทึกจำนวนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (Number of Sample) อย่างน้อย 2,000 ครั้งขึ้นไป (2,000 samples per average) ซึ่งจะช่วยลดผลอันเกิดจากปฏิกิริยาที่เกิดจากกล้ามเนื้อ.
- (3) วิธีการทดสอบซึ่งการใช้เสียงกระตุ้นพร้อมกันทั้ง 2 หู (binural stimulation) มีผลทำให้ความสูงของคลื่นมากกว่าการกระตุ้นหูข้างเดียว (monural stimulation).
- (4) ระดับความดังของเสียงกระตุ้นความดังที่ลดลงทำให้ความสูงของคลื่นลดลงด้วยโดยเฉพาะคลื่นที่ I ส่วนคลื่นที่ V เป็นคลื่นเดียวที่ยังคงปรากฏให้เห็นที่ความดังใกล้จุดเริ่มต้นการได้ยิน.
- (5) อัตราเร็วของคลิก (click rate) เมื่ออัตราเร็วของคลิกเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I เพิ่มขึ้นด้วยนอกจากนั้นตำแหน่งของอิเล็กโทรดและยาบางอย่าง เช่น ยาที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางก็มีผลต่อความสูงของคลื่นด้วย ดังนั้นก่อนจะใช้ค่าความสูงของคลื่น หรือแม้แต่ค่าอัตราความสูงของคลื่น V:I เป็นเครื่องบ่งชี้ความผิดปกติควรจะต้องมีการศึกษาวิจัยหลายๆ ครั้งซึ่งจะต้องควบคุมตัวแปรต่างๆ เหล่านี้เสียก่อน (25,30).

ปัจจุบันคลินิกทดสอบการได้ยินทั่วไปนิยมใช้ค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I มาช่วยในการวินิจฉัย ในคนปกติอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มีค่ามากกว่า 1 (15,31) ค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I ที่น้อยกว่า 1 ถือเป็นข้อบ่งชี้ถึงพยาธิสภาพหลังอวัยวะกั้นหอย (Retrocochlear) เข้าไป (32) Musiek และคณะ (32) อธิบายเหตุผลว่าเนื่องจากก้านสมองบริเวณซึ่งเป็นจุดกำเนิดของคลื่นที่ V มีปริมาณของใยประสาทมากกว่าบริเวณเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของคลื่นที่ I ดังนั้นจึงมีผลทำให้คลื่นที่ V มีความสูงมากกว่าคลื่นที่ I คนไข้ที่มีพยาธิสภาพในอวัยวะกั้นหอย (cochlear pathology) ตำแหน่งของความผิดปกติอยู่ก่อนที่จะมีปฏิกิริยาของเซลล์ประสาท (neural response) ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณที่ส่งไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 อาจลดน้อยลงแต่จำนวนใยประสาทที่ขึ้นไปยังสมองควรมีลักษณะคล้ายคลึงกับคนปกติ แต่คนไข้ที่มีพยาธิสภาพหลังอวัยวะกั้นหอย เข้าไป (Retrocochlear) ความผิดปกติเกิดขึ้นในระดับที่มีการตอบสนองของเซลล์ประสาท (neural response) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนใยประสาทที่ตอบสนองต่อเสียง ดังนั้นจึงมักพบว่าคนไข้ที่มีพยาธิสภาพหลังอวัยวะกั้นหอย เข้าไปมีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1

แต่อย่างไรก็ตามแม้ในคนปกติเองก็อาจพบค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ได้เช่นกัน (15,32,33,34) และในคนไข้ที่มีพยาธิสภาพหลังอวัยวะกั้นหอยบางคนก็มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่า 1 (32) ดังนั้นการนำเอาค่าอัตราส่วนของคลื่น V:I เพียงอย่างเดียวมาใช้วินิจฉัยอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้จึงควรใช้พิจารณาร่วมกับพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ระยะเวลาการเกิดคลื่น และระยะเวลาระหว่างคลื่น เป็นต้น

#### 4.4 ลักษณะรูปร่างของคลื่น (Waveform Morphology)

รูปร่างของคลื่นหมายถึง ลักษณะที่มองเห็นเป็นคลื่นต่างๆ ซึ่งถือเป็น "subjective parameter" การเรียกชื่อคลื่นมีหลายวิธีเช่น ทางด้านทวีปยุโรปนิยมเรียกชื่อคลื่นต่างๆ โดยอาศัยจุดยอดทางด้านลบเป็นหลัก (N<sub>1</sub> ถึง N<sub>6</sub>) ในขณะที่ทางฝั่งทวีปอเมริกาเรียกชื่อคลื่นโดยอาศัยจุดยอดทางด้านบวก (16) Jewett และ Williston (21) กำหนดชื่อคลื่นโดยใช้เลขโรมันแสดงถึงคลื่นแต่ละคลื่น (wave I - wave VII) Chiappa และคณะ (15) ศึกษาลักษณะของคลื่นในคนปกติ 52 คนโดยการใช้อิเล็กโทรดวางบนบริเวณดั้งหู กระทบอม และหน้าผาก อัตราเร็วของคลิก 10 ครั้งต่อวินาที ความดังของเสียงคือ 60 dBSL เขาพบว่า ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV - V ในคนปกติแตกต่างกันได้ถึง 6 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3. นอกจากนั้นยังพบว่าร้อยละ

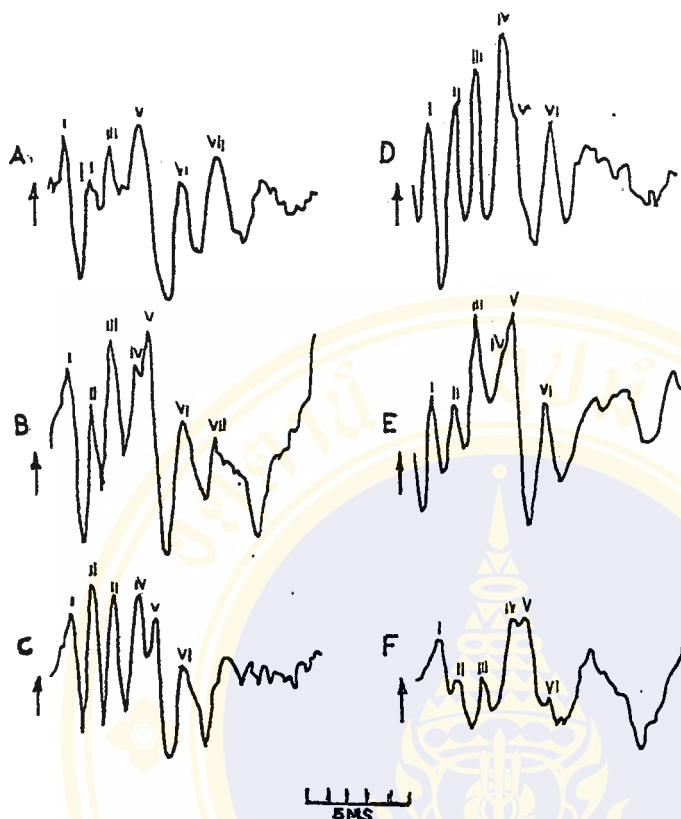
58 ของกลุ่มตัวอย่างมีรูปร่างของคลื่น IV - V เหมือนกันทั้ง 2 หู และร้อยละ 42 ของกลุ่มตัวอย่างมีรูปร่างของคลื่นแตกต่างกันระหว่างหู 2 ข้าง ลักษณะที่พบมากที่สุดคือ B และ C (ร้อยละ 38 และ 33 ตามลำดับ) และลักษณะที่พบน้อยที่สุดคือ F (ร้อยละ 1)

ส่วนคลื่นที่ III. เขาพบว่าร้อยละ 5.8 ของกลุ่มตัวอย่างมีรูปร่างของคลื่นที่ III ในหูข้างหนึ่งปกติ ส่วนหูอีกข้าง คลื่นที่ III ที่มียอด 2 ยอด (bifid wave III)

Chiappa และคณะ(15) สรุปว่ารูปร่างของคลื่นเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เมื่อทำการทดสอบซ้ำก็พบว่ากลุ่มตัวอย่างเกินกว่าครึ่งหนึ่งมีรูปร่างของคลื่นเปลี่ยนไป ดังนั้นความแปรปรวนในรูปร่างของคลื่น IV-V ที่พบในแต่ละบุคคลจึงไม่ควรถือเป็นข้อบ่งชี้ที่มีความปกติควรพิจารณาพร้อมกับพารามิเตอร์อื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นด้วย

ในประเทศไทย พัฒนอเนก(33) ศึกษาผู้ใหญ่ปกติ 40 คนโดยใช้ อิเล็กโทรควางบริเวณกระดูกมาสคอยด์ 2 ข้างและหน้าผาก ใช้เสียงคลิกดัง 90 dBHL อัตราเร็วของเสียงคลิก 20 ครั้งต่อวินาที พบว่าคนส่วนใหญ่มีลักษณะของคลื่น IV - V แบบ A และ C (ร้อยละ 31.25 และ 28.75 ตามลำดับ) ลักษณะที่พบน้อยที่สุดคือ F (ร้อยละ 1)

โล่ห์มณีรัตน์ (34) ศึกษารูปร่างของคลื่น IV - V ในเด็กไทย อายุ 1.7 ถึง 8 ปี จำนวน 59 คน โดยใช้เครื่องมือและวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับพัฒนอเนก(32) พบว่า ลักษณะคลื่น IV - V ที่พบในเด็กส่วนใหญ่คือ A และ E (ร้อยละ 60.17 และ 11.02 ตามลำดับ) ลักษณะที่พบน้อยที่สุดคือ D (ร้อยละ 1.69)



รูปที่ 3. แสดงลักษณะ  
รูปร่างของคลื่น IV-V  
โดย Chiappa และคณะ(15)

5. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนอง

สิ่งที่มีผลต่อการตอบสนองของการทดสอบ ABR มีหลายประการ เช่น ตัวผู้รับการทดสอบ ความดังของเสียงที่ใช้กระตุ้น และตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดเป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญที่จะต้องนำมาใช้พิจารณาาร่วมด้วย เมื่อแปลผล ABR

5.1 ตัวผู้รับการทดสอบ

5.1.1 อายุ

การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของอายุต่อ ABR ที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของวุฒิภาวะมีผลทำให้ รูปร่างและความสูงของคลื่นรวมทั้งระยะเวลาการเกิด คลื่นเปลี่ยนแปลงไป (16, 35, 36) ในเด็กเล็กคลื่น ที่ปรากฏให้เห็นมีเพียง 3 คลื่นคือ คลื่น I, III และ V เท่านั้น ระยะเวลาการเกิดคลื่นและความสูงของ คลื่นเหล่านี้ก็แตกต่างจากผู้ใหญ่ สาเหตุของความแตกต่าง เนื่องจากระบบประสาทไม่เจริญเต็มที่ จนกระทั่ง

เมื่อเด็กมีอายุประมาณ 12 เดือนขึ้นไปแล้วปฏิบัติการทดสอบจึงมีความคล้ายคลึงกับของผู้ใหญ่ (16) โดยทั่วไปแล้วการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคลื่นที่ I มีเพียงเล็กน้อยในขณะที่คลื่นอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าโดยมีระยะเวลาการเกิดคลื่นลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นคลื่นที่พบว่ามี การเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือคลื่นที่ V ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในด้านระยะเวลาการเกิดคลื่นและระยะเวลา ระหว่างคลื่น (IPL I-V) (37) Gorga และคณะ (37) ศึกษา ABR ในเด็กปกติจำนวน 535 คน อายุตั้งแต่ 3 เดือนถึง 3 ปี พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ในเด็กอายุ 3-6 เดือนยาวกว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ของเด็กในช่วงอายุ 33-36 เดือน ประมาณ 0.6 มิลลิวินาที และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ การศึกษาครั้งแรกของเขา ในปี 1987 (38) ก็พบว่า ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ในเด็กช่วงอายุ 3-6 เดือนสั้นกว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ของเด็ก ในช่วงแรกเกิดประมาณ 0.6 มิลลิวินาที และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของผู้ใหญ่ในคลินิกของเขาพบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ในเด็กช่วงอายุ 33-36 เดือนแตกต่างจากค่ามาตรฐานของผู้ใหญ่เพียง 0.1 มิลลิวินาทีเท่านั้น

เมื่อพิจารณาในด้านระยะเวลาระหว่างคลื่น ก็พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน ค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ I- V ในเด็กแรกเกิดยาวกว่าระยะเวลาระหว่างคลื่น I- V ในเด็กช่วงอายุ 3-6 เดือน ประมาณ 0.5 มิลลิวินาที และหลังจากอายุ 3-6 เดือนระยะเวลาระหว่างคลื่น I- V จะลดลงอีกประมาณ 0.5 มิลลิวินาที จนกระทั่งมีค่าใกล้เคียงกับในผู้ใหญ่ คือราว 4.12 มิลลิวินาที เมื่ออายุประมาณ 2 ปี ซึ่งแสดงว่าทางเดินของระบบประสาทการได้ยินช่วงที่เป็นจุดกำเนิดของคลื่นที่ I ถึงคลื่นที่ V มีวุฒิภาวะสมบูรณ์เต็มที่ (mature) เมื่ออายุได้ประมาณ 2 ปี (37)

สำหรับผู้สูงอายุนั้น Beagley และ Sheldrake (39) ทำการศึกษาคนหูปกติที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 11-79 ปี ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการเกิดคลื่นคลีน แต่พบว่าความสูงของคลื่นที่ V ลดลงในผู้สูงอายุ (ช่วงอายุ 71-80 ปี) Jerger และ Hall (36) ก็พบว่า ความสูงของคลื่นที่ V ในคนหูปกติ และคนที่มิประสาทหูพิการลดลงเล็กน้อยเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาในด้านระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V พบว่าอายุมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย คือระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V เพิ่มขึ้นประมาณ 0.2 มิลลิวินาทีจากช่วงอายุ 25 ถึง 55 ปีในหูคนปกติ และมีผลเล็กน้อยมากในคนประสาทหูพิการ Rowe (31) ทำการเปรียบเทียบผล ABR ของกลุ่มคนช่วงอายุ 17-33 ปี กับกลุ่มคนช่วงอายุ 51-74 ปี พบว่าคนกลุ่มหลังมีระยะเวลาการเกิดคลื่นยาวกว่าคนกลุ่มแรกประมาณ 0.3-0.5 มิลลิวินาที.

Thomson, Tekildson และ Osterhammel (40) รายงานว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ยาวขึ้นประมาณ 0.10 มิลลิวินาทีต่อช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น 10 ปี Shwartz และ Berry (16) ให้ความเห็นว่าถึงแม้ว่าผลการศึกษาขัดแย้งกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลแล้วน่าจะเชื่อว่าอายุมีผลต่อ ABR เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของสรีระวิทยาของร่างกายเกิดขึ้น ในระบบประสาทส่วนกลางเมื่ออายุมากขึ้น ดังนั้นการแปลผล ABR จึงควรคำนึงเรื่องอายุด้วยและควรมีค่าปกติแยกกันของช่วงอายุต่างๆ เป็นค่ามาตรฐานของแต่ละคลื่นอีกด้วย

#### 5.1.2 เพศ

กายวิภาคที่แตกต่างกันระหว่างเพศชาย และหญิงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลของ ABR แตกต่างกัน เนื่องจากเพศหญิงมีสรีระที่เล็กกว่าทำให้ทางเดินของระบบประสาทการได้ยินสั้นกว่า ดังนั้นระยะเวลาการเกิดคลื่นจึงสั้นกว่าในเพศชาย (15, 30, 37, 39, 41) Jerger และ Hall (36) พบว่าระยะเวลาการเกิด

คลื่นที่ V ในเพศหญิงสั้นกว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ในเพศชายประมาณ 0.2 มิลลิวินาทีและยังพบว่า ความสูงของ คลื่นที่ V ในเพศหญิงมากกว่าในเพศชาย อีกด้วย Aoyagi และคณะ(41) รายงานความแตกต่างของระยะเวลาการเกิดคลื่น V ในเพศหญิงว่า สั้นกว่าในเพศชายประมาณ 0.18 มิลลิวินาทีและประมาณความแตกต่างในด้านความยาวของทางเดินระบบประสาทการได้ยิน (The auditory pathway) ระหว่าง 2 เพศว่าอยู่ในช่วง 2.14-5.40 มิลลิเมตร.

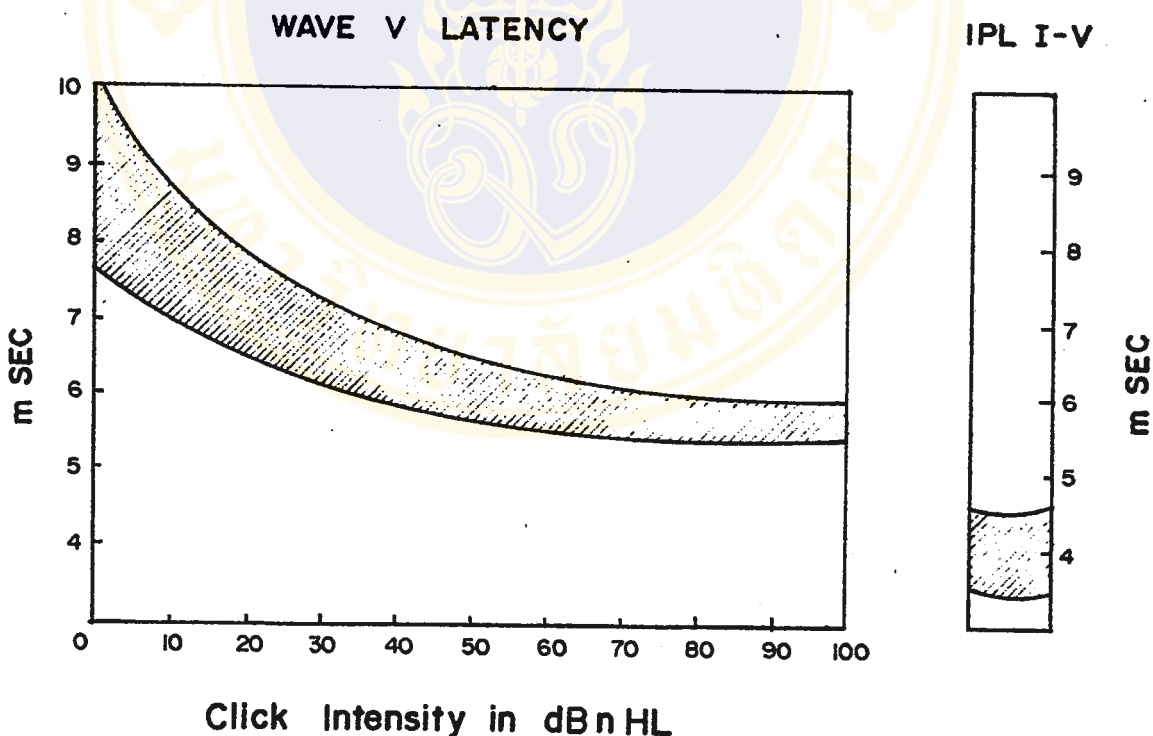
การศึกษาในกลุ่มผู้ใหญ่ชาวไทย ก็พบว่าเพศหญิงมีระยะเวลาการเกิดคลื่นสั้นกว่าเพศชายประมาณ 0.17 มิลลิวินาที และมีระยะเวลาระหว่างคลื่นสั้นกว่าประมาณ 0.20 มิลลิวินาที (33) การศึกษาในเด็กไทยอายุ 1.7-8 ปี ก็พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นในเด็กหญิงสั้นกว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นในเด็กชายประมาณ 0.08 มิลลิวินาที และระยะเวลาระหว่างคลื่นในเด็กหญิงสั้นกว่าระยะเวลาระหว่างคลื่นในเด็กชายประมาณ 0.12 มิลลิวินาที(34) ดังนั้นแต่ละคลินิกจึงควรมีค่ามาตรฐานแยกกันทั้งสองเพศเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการแปลผลด้วย.

## 5.2 ความดังของเสียงที่ใช้กระตุ้น

คุณสมบัติเด่นที่สุดของ ABR คือความไวต่อความดังของเสียงกระตุ้นเมื่อเสียงกระตุ้นมีความดังลดลงจะทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเพิ่มขึ้น Picton และคณะ(42) พบว่าคลื่นทุกคลื่นปรากฏให้เห็นชัดเจนที่ระดับความดังสูง แต่เมื่อความดังลดลงคลื่นที่ I และ III จะค่อยๆ ปรากฏให้เห็นไม่ชัดเจนในขณะที่คลื่นที่ V ยังคงปรากฏให้เห็นอยู่แต่ความสูงของคลื่นจะลดลงขณะที่ระยะเวลาการเกิดคลื่นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าเมื่อความดังของเสียงกระตุ้นลดน้อยจะทำให้เซลล์ประสาทมีการตอบสนองน้อยลงด้วย

ด้วยคุณสมบัติเด่นอันนี้ของ ABR จึงมีการนำเอามาใช้ในการช่วยประมาณระดับการได้ยินรวมทั้งช่วยในการวินิจฉัยแยกประเภทของความผิดปกติในการได้ยินโดยนำมาสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังกับระยะเวลาการเกิดคลื่น ซึ่งเรียกว่า "latency - intensity function" ดังแสดงในรูปที่ 4. ค่าความลาดเอียงของคลื่นที่ V ในกราฟ "latency-

intensity function" ของคนปกติมีระยะเวลาการเกิดคลื่นเพิ่มขึ้น 0.04 มิลลิวินาทีเมื่อความดังลดลง 1 dB (0.04 มิลลิวินาที/dB) โดยมีพิสัย 0.03-0.06 มิลลิวินาที/dB (4) ประโยชน์ของกราฟนี้คือช่วยในการแยกตำแหน่งของพยาธิสภาพ ถ้าค่าความลาดเอียงของกราฟเกินกว่า 0.06 มิลลิวินาที/dB อาจแสดงถึงความผิดปกติของการได้ยินชนิดประสาทหูพิการ ในขณะที่ค่าความลาดเอียงที่น้อยกว่า 0.03 มิลลิวินาที/dB มักแสดงถึงความผิดปกติของการได้ยินในช่วงความถี่สูง และกราฟที่มีความลาดเอียงขนานกับกราฟปกติแต่มีค่าระยะเวลาการเกิดคลื่นนานกว่าปกติมักบ่งถึงพยาธิสภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบการนำเสียง (conductive hearing loss) (5).



รูปที่ 4 กราฟ LATENCY-INTENSITY FUNCTION  
(จาก Schwartz และ Berry <sup>(1)</sup>) (16)

### 5.3 ตำแหน่งของการวางอิเล็กโทรด

ตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดก็มีความสำคัญต่อ ABR เพราะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเพียงเล็กน้อยอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสูงและรูปร่างของคลื่นได้ (30) Rowe (25) กล่าวว่าบริเวณตั้งหูเป็นตำแหน่งที่พบว่าทำให้ได้คลื่นที่ I มีความสูงที่สุดและการตอบสนองเนื่องจากสิ่งอื่นซึ่งไม่ใช่เสียงกระตุ้น (stimulus artifact) น้อยที่สุดส่วน Beattie และคณะ (43) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอิเล็กโทรดไม่ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเพียงแต่ทำให้ความสูงของคลื่นเปลี่ยนแปลงเท่านั้น

โดยทั่วไปการทดสอบ ABR ต้องวางอิเล็กโทรดอย่างน้อย 3 อันที่ตำแหน่งต่างๆ คืออิเล็กโทรดที่ถือเป็น "active" (positive) วางที่บริเวณกระหม่อมหรือหน้าผาก อิเล็กโทรดอันที่ 2 ซึ่งใช้เป็น "nonactive" (negative) วางที่บริเวณ ตั้งหู หรือกระดูกมาสตอยด์ข้างเดียวกับที่ได้รับเสียงกระตุ้น และอิเล็กโทรดอันที่ 3 ซึ่งวางบริเวณตั้งหูหรือกระดูกมาสตอยด์ด้านตรงข้ามทำหน้าที่คล้ายกันสายดิน (ground electrode) ความแตกต่างของปฏิกิริยาไฟฟ้าที่วัดได้จาก "active" และ "nonactive" อิเล็กโทรดจะถูกนำมาขยายและแสดงออกมาให้เห็นเป็นรูปร่างของคลื่น (15)

## 6. การใช้เสียงรบกวนเมื่อทำการทดสอบการได้ยินจากท่านสมอง

ในระยะเวลากว่า 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อ ABR เพื่อนำผลการศึกษามาใช้เป็นมาตรฐานในการทดสอบและแปลผลตัวแปรอันหนึ่งซึ่งมีผู้ให้ความสนใจก็คือความสำคัญของการใส่เสียงรบกวนที่อาจมีผลต่อ ABR ซึ่งในคลินิกต่างๆ มีการใช้เสียงรบกวนอยู่เป็นประจำเมื่อทำการทดสอบการได้ยิน (conventional audiometry) เป็นเวลานานมาแล้ว การทดสอบ ABR ในระยะแรกๆ ไม่ได้มีการนำเสียงรบกวนมาใช้ (44, 45, 46,) จนกระทั่งในปี 1979 Finitzo-Hieber, Hecox และ Cone (14) เป็นบุคคลกลุ่มแรกที่แสดงความสนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้เนื่องจากเขาพบปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดสอบ ABR ในคนไข้เด็กเล็ก ที่มีของหูติดตั้งแต่กำเนิด ในกลุ่มเด็กเล็กนั้นการประเมินสภาวะการได้ยินเป็นสิ่งสำคัญมากทั้งนี้เพราะสามารถนำสภาวะการได้ยินมาใช้ในการคาดหมายการพัฒนาภาษาของเด็กได้ การนำเอา ABR มาใช้จึงช่วยให้นักโสตสัมผัสวิทยาสามารถประเมินสภาวะการได้ยินของเด็กได้เร็วขึ้นทำให้การช่วยเหลือเด็กเร็วและถูกต้องมากขึ้น แต่ปัญหาที่ต้องคำนึงถึงโดยเฉพะกรณีที่สงสัยว่ามีการได้ยินไม่เท่ากันระหว่างหู 2 ข้างก็

คือถ้าสัญญาณเสียงที่ใช้ทดสอบมีความดังมาก ๆ แล้วจะมีการข้ามของสัญญาณเสียง ไปสู่หูด้านตรงข้ามหรือไม่ แม้ในทดสอบการได้ยินด้วยเสียงบริสุทธิ์หรือด้วยคำพูดก็ตามปัญหานี้ก็เกิดขึ้นอยู่เสมออันเป็นเหตุผลที่ทำให้ต้องใช้เสียงรบกวนเพื่อแก้ปัญหาซึ่งหลักในการใช้เสียงรบกวนมีอยู่หลายวิธีแล้วแต่ดุลยพินิจของนักโสตสัมผัสวิทยาว่าจะเลือกใช้วิธีใด

ในการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงบริสุทธิ์ (pure tone) นั้นเสียงรบกวนที่นิยมใช้คือเสียงที่มีช่วงความถี่แคบ (narrow band noise) ซึ่งมีช่วงความถี่คล้ายคลึงกับความถี่ของเสียงบริสุทธิ์ หลักในการใช้เสียงรบกวนโดยทั่วไปเมื่อทำการทดสอบการได้ยินโดยวิธีการนำเสียงทางอากาศ (air-conduction) คือควรใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อสัญญาณเสียงที่ใช้มีความดังเกินค่าของจุดเริ่มต้นการได้ยินทางกระดูก (bone-conduction threshold) ของหูด้านตรงข้ามเกินกว่าค่ากั้นเสียงข้ามปาก (Interaural Attenuation) ที่น้อยที่สุด (10).

ส่วนในการทดสอบการได้ยินโดยวิธีการนำเสียงทางกระดูก (bone-conduction) Studebaker (10) แนะนำว่าควรใช้เสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการได้ยินทางกระดูกทุกครั้งที่พบว่า มีช่องว่างระหว่างการได้ยินทางอากาศและทางกระดูก (air-bone gap) เกิดขึ้น

สำหรับการทดสอบ ABR ปัญหาเรื่องการข้ามของสัญญาณเสียงการเลือกใช้เสียงรบกวน และระดับความดังของเสียงรบกวนก็ยังคงเป็นปัญหาที่นักโสตสัมผัสวิทยาพบอยู่เสมอ แม้ในปัจจุบันความเข้าใจในเรื่องการทำงานของสมองก็ยังมีขีดจำกัดอยู่อิทธิพลของเสียงรบกวนที่มีต่อสมอง ก็ยังเป็นเรื่องที่ยังไม่เข้าใจอย่างแจ่มชัดนัก การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้จนถึงปัจจุบันยังมีไม่มากซึ่งได้นำมารวบรวมไว้ดังนี้.

ในปี 1979 Finitzo-Hieber, Hecox และ Cone (14) เริ่มศึกษาคนไข้ซึ่งมีหูหนวกข้างเดียว (total unilateral hearing loss) ซึ่งเป็นผู้ใหญ่ 2 คน เด็ก 1 คน และเด็กเล็กที่มีช่องหูติดกันแต่กำเนิดข้างเดียวจำนวน 2 คน เสียง "คลิก" ที่ใช้มีความดังต่างๆ กันจนกระทั่งมีความดังสูงสุดเท่ากับ 90 dBSL (117 dB SPL) เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียงที่มีความถี่กว้าง (wide band noise) ตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 Hz เขาพบว่าในคนไข้ที่มีหูหนวกข้างเดี่ยวนั้นแม้ว่าจะกระตุ้นหูข้างที่หนวกด้วยความดังสูงสุดก็ไม่ปรากฏว่ามีปฏิกิริยาตอบสนองของก้านสมองให้สังเกตเห็น ซึ่งแสดงว่าไม่มีการข้ามของ

สัญญาณเสียงเกิดขึ้น ส่วนในคนไข้เด็กที่มีช่องหูตีตันข้างเดียวและหูอีกข้างปกติ นั้นเมื่อทดสอบแล้วพบว่าคลื่นที่ V ปรากฏให้เห็นที่ความดังของเสียงคลิก 85 dBSL ในขณะที่ยังไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติ และคลื่นที่ V นี้ก็ยังคงปรากฏอยู่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านระยะเวลาการเกิดคลื่นหรือความสูงเมื่อใส่เสียงรบกวน 94 dB SPL ในหูข้างที่ปกติ กรณีนี้แสดงว่าหูข้างที่ตีตันนั้นมีการได้ยินหลงเหลืออยู่ (residual hearing) จากผลการศึกษาที่เขาสรุปว่าไม่จำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนเมื่อทำการทดสอบ ABR ด้วยเสียงคลิก Galambos และ Hecox (4) ก็สนับสนุนความคิดนี้เช่นกันโดยกล่าวว่า ในการทดสอบคนไข้ซึ่งคาดว่าอาจมีการได้ยินไม่เท่ากันระหว่างหูสองข้างนั้นเพียงแต่ทำการทดสอบหูแต่ละข้างโดยไม่จำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามก็เพียงพอแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากค่ากันเสียงข้ามฟาก (IA) ของเสียงคลิกมีค่าสูงมากจึงทำให้ไม่มีการข้ามของเสียงคลิกไปยังหูตรงข้าม

Chiappa , Gladstone และ Young (15) ทำการศึกษาการใช้เสียงรบกวนในการทดสอบ ABR เช่นกันซึ่งผลที่ได้ขัดแย้งกับการศึกษา Finitzo-Hieber และคณะ (14) เนื่องจากผลที่เขาได้จากการทดสอบคนไข้หูหนวกข้างเดียวจำนวน 2 คน พบว่าเมื่อทำการกระตุ้นหูข้างที่หนวกโดยไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีปรากฏว่ามีคลื่นที่ V ให้เห็น แต่เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีคลื่นที่ V หายไป เขาจึงสรุปว่าคลื่นที่ V ที่ปรากฏนั้นเป็นปฏิกิริยาของหูข้างที่ดี เนื่องจากมีการข้ามของเสียงคลิกไปยังหูข้างที่ดีนั่นเอง

นอกจากนั้น Chiappa และคณะ (15) ยังทำการทดสอบคนหูปกติจำนวน 12 คน ด้วยการใส่เสียงคลิกและใส่เสียงรบกวน "white noise" ในหูตรงข้าม 60 dB SL แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวน และมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม ผลปรากฏว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในด้านระยะเวลาการเกิดคลื่น หรือความสูงของคลื่น แต่อย่างไรก็ตามการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามทำให้ผู้รับการทดสอบเกินกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 55) มีการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่างของคลื่นที่ V.

จากผลการศึกษาที่ได้ Chiappa และคณะ (15) ให้คำแนะนำว่า เมื่อทำการทดสอบ ABR ควรใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามด้วยเสียง "white noise" ที่มีความดังเท่ากับความดังของเสียงคลิกที่ใช้ทดสอบทุกครั้ง เพื่อป้องกันความผิดพลาด

นอกเหนือจากที่ Finitzo และคณะ(14) ได้พบปัญหาเมื่อทำการทดสอบเด็กที่มีหูของหูตึบตันแต่กำเนิดแล้ว Ozdamar และ Stein(6) ก็พบปัญหานี้เช่นกัน เมื่อเขาทำการทดสอบเด็กเล็กที่มีหูของหูตึบตันข้างเดียวจำนวน 2 คน ผลของ ABR เขาพบว่าหูข้างที่ปกติมีการได้ยินอยู่ในระดับปกติแต่หูข้างที่ตึบไม่พบว่ามีปฏิกิริยาการตอบสนองเกิดขึ้นในระดับความดังต่ำๆ จนกระทั่งเมื่อเพิ่มความดังจนถึง 80 dBHL ก็ปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งทำให้เขาไม่แน่ใจว่าเป็นปฏิกิริยาตอบสนองที่เกิดขึ้นเนื่องจากหูข้างนั้นยังมีการได้ยินหลงเหลืออยู่จริงหรือเกิดจากหูข้างที่ดีเนื่องจากมีการข้ามของสัญญาณเสียงเกิดขึ้น จากปัญหาที่พบนี้ Ozdamar และ Stein จึงทำการศึกษาคนไข้หูหนวกข้างเดียวที่ได้ผลการของการทดสอบการได้ยิน(audiogram) จำนวน 3 คน และคนไข้ซึ่งสงสัยว่าอาจมีการได้ยินเสื่อมในหูข้างหนึ่งแต่ไม่สามารถทดสอบการได้ยินด้วยวิธีปกติ (conventional pure tone audiometric testing) ได้ เนื่องจากมีปัญหาด้านพัฒนาการอย่างรุนแรงและมีความพิการร่วมด้วย เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียงที่มีความถี่กว้าง (broad band noise) และมีความดัง 60 dBHL

ผลที่ได้ปรากฏว่าในกลุ่มคนที่มีหูหนวกข้างเดียวทั้ง 3 คนนี้ เมื่อกระตุ้นหูข้างที่หนวกโดยไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีพบว่าคลื่นที่ V ปรากฏให้เห็นเมื่อเสียงคลิกดังตั้งแต่ 70 dB ขึ้นไป แต่เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีแล้วปรากฏว่าคลื่นที่ V หายไปแสดงว่าปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเนื่องมาจากมีการข้ามสัญญาณเสียงไปสู่อีกหูข้างที่ดี

ส่วนในกลุ่มคนไข้ซึ่งสงสัยว่าอาจมีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียวผลจาก ABR ยืนยันว่าหูข้างหนึ่งปกติ ส่วนหูอีกข้างมีการได้ยินอยู่ในระดับปานกลางถึงรุนแรงโดยคลื่นที่ V ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะมีการใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีหรือไม่ก็ตาม ผลที่ได้แสดงว่ามีการได้ยินหลงเหลือ (residual hearing) ในหูข้างนั้นจริงๆ ดังนั้นเขาจึงสรุปว่าการใส่เสียงรบกวนช่วยป้องกันการข้ามของสัญญาณเสียงได้ และควรใช้ทุกครั้งเมื่อทำการทดสอบ ABR ในคนไข้ที่สงสัยว่าอาจจะมีการได้ยินเสื่อมในหูข้างหนึ่ง

การศึกษาที่ผ่านมามีตั้งแต่ปี 1979-1982 เป็นการศึกษาผลของเสียงรบกวนต่อ ABR โดยที่ความดังของเสียงรบกวนมีเพียงระดับเดียวผู้ที่เริ่มศึกษาถึงผลของเสียงรบกวนในระดับความดังต่างๆ คือ Humes และ Ochs (11) การศึกษานี้เป็นการศึกษาในคนปกติจำนวน 10 คนช่วงอายุระหว่าง 23 ถึง 33 ปี เสียงคลิกที่ใช้กระตุ้นดัง 40, 60, และ 80 dB SL เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียง

ที่มีความถี่กว้าง ความดังของเสียงรบกวนมี 2 ระดับคือ 20 และ 40 dBSL (20 และ 40 dB effective masking) วิธีการทดสอบแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ เริ่มจากกระตุ้นด้วยเสียงคลิกด้วยความดังระดับต่างๆ โดยไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามก่อน ต่อมาจึงใส่เสียงรบกวนด้วยความดัง 20 และ 40 dBSL เข้าไปในหูตรงข้ามตามลำดับ ผลที่ได้คือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V และความสูงของคลื่นที่ V ระหว่างภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนและมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

นอกจากนี้ Humes และ Ochs (11) ยังทำการศึกษารายบุคคลในคนไข้หูหนวกข้างเดียวจำนวน 4 คน พบว่าค่ากั้นเสียงข้ามฟาก (IA) ของเสียงคลิกในคนไข้กลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ย 70.75 dB และคนไข้ทุกรายเมื่อกระตุ้นหูข้างที่หนวกด้วยความดังมากๆ (115-117 dBSPL ขึ้นไป) มีปฏิกิริยาการตอบสนองเกิดขึ้น แต่เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีแล้วคลื่นนั้นก็หายไป ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chiappa และคณะ (15) ซึ่ง Humes และ Ochs สรุปว่าควรใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีทุกครั้งเมื่อทำการทดสอบคนไข้ซึ่งมีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว

การศึกษาของ Reid และ Thornton (12) เป็นอีกฉบับหนึ่งที่เกี่ยวกับอิทธิพลของเสียงรบกวนในระดับความดังต่างๆ ในคนปกติ โดยใช้เสียงคลิกดัง 70 dBSL เพียงระดับเดียว ส่วนเสียงรบกวนมีความดังหลายระดับคือ 15, 30, 45, 60, 70 และ 80 dBSL ตามลำดับ ผลของการศึกษาที่ได้ตรงกับของ Humes และ Ochs (11) คือการใส่เสียงรบกวนไม่มีผลทำให้ปฏิกิริยาการตอบสนองของก้านสมองเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญไม่ว่าการทำการบันทึกผลทางด้านเดียวกันกับหูที่ได้รับการกระตุ้น (ipsilateral recording) หรือว่าทำการบันทึกผลในหูตรงข้ามกับหูที่ได้รับการกระตุ้น (contralateral recording) ก็ตาม Reid และ Thornton อธิบายเหตุผลโดยยกเอาสมมุติฐานของ Gersuni และคณะ (47) ที่ว่าเส้นทางเดินและกลไกการทำงาน (pathway and mechanism) ของเสียงชนิดต่างๆ ไม่เหมือนกัน เสียงที่มีระยะเวลาการเกิดสั้น (short-duration sounds) เช่น เสียงคลิกและเสียงที่มีระยะเวลาการเกิดนาน (longer - duration) เช่น เสียงรบกวนที่มีความถี่กว้างนั้นมีเส้นทางเดินและวิธีการกระตุ้นในระบบประสาทการได้ยินต่างกัน เสียงที่มีระยะเวลาในการเกิดสั้นกระตุ้นให้เซลล์ประสาทเฉพาะส่วนที่รับผิดชอบเสียงนี้เท่านั้นทำงานส่วนเสียงที่มีระยะเวลาในการเกิดนานก็กระตุ้นให้เซลล์ประสาทเฉพาะส่วนที่รับผิดชอบเท่านั้นทำงานเช่นกัน เนื่องจากกระบวนการทำงานของเสียงต่างกันจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การใส่เสียง-

รบกวนไม่มีผล เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาตอบสนองอันเกิดจากเสียงคลิกก็เป็นได้.

ส่วนหลักในการตัดสินใจว่าควรใช้เสียงรบกวนหรือไม่นั้น Reid และ Thornton(12) แสดงความคิดเห็นว่าควรใช้เสียงรบกวนทุกครั้งเมื่อคาดว่าจะอาจมีการข้ามของสัญญาณได้ การข้ามของสัญญาณเสียงเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณเสียงมีความดังพอที่สามารถข้ามกระโหลกศีรษะไปกระตุ้นหูอีกข้างได้ ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาว่าเมื่อไรควรใช้เสียงรบกวนจึงได้แก่ความดังของสัญญาณเสียงที่ใช้กระตุ้น ระดับการได้ยินของหูตรงข้ามและค่ากันเสียงข้ามปาก (IA) จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่ากันเสียงข้ามปากของเสียงคลิกแต่ละคนไม่เท่ากันอยู่ในระหว่าง 50 - 70 dB (6,11,12) Studebaker(10) ให้คำแนะนำไว้ว่าเนื่องจากค่ากันเสียงข้ามปาก (IA) มีความแตกต่างระหว่างบุคคลวิธีที่ปลอดภัยที่สุดคือ ควรยึดเอาค่าที่ต่ำที่สุดเป็นหลัก ซึ่งในที่นี้ค่ากันเสียงข้ามปากของเสียงคลิกที่น้อยที่สุดคือ 50 dB ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบ ABR จึงควรใช้เสียงรบกวนทุกครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงที่ใช้กระตุ้นมีความดังเกินค่าจุดเริ่มต้นการได้ยินทางกระดูกของหูด้านตรงข้ามมากกว่า 50 dB Reid และ Thornton (12) กล่าวว่าถึงแม้ว่าการเลือกใช้กฎเกณฑ์นี้อาจทำให้ต้องใช้เสียงรบกวนโดยไม่จำเป็นก็ตาม แต่ก็จะช่วยป้องกันความผิดพลาดหากไม่ใช้เสียงรบกวนทั้งๆที่มีความจำเป็นต้องใช้

ปัญหาอีกด้านหนึ่งที่พบคือ การเลือกชนิดของเสียงรบกวนที่เหมาะสม Reid และ Thornton(12) มีความเห็นว่าเมื่อทำการทดสอบ ABR ด้วยเสียงคลิกที่มีช่วงความถี่กว้าง เสียงรบกวนที่เหมาะสมคือเสียง "wide-band noise" เนื่องจากมีช่วงความถี่ที่คล้ายคลึงกับช่วงความถี่ของเสียงคลิก

การศึกษาน่าสนใจเกี่ยวกับเรื่องอิทธิพลของเสียงรบกวนอีกเรื่องหนึ่งคือการศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist(48) ซึ่งทำการศึกษาผลของเสียงรบกวนที่มีความดังต่างๆ ในคนปกติจำนวน 11 คน อายุระหว่าง 24 ถึง 37 ปี เสียงคลิกมีความดัง 70 dBnHL และเสียงรบกวนมีความดัง 60, 70, 80 และ 90 dbHL ผลการศึกษาพบว่าไม่ว่าเสียงรบกวนมีความดังเท่าใดก็ตามไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านความสูงของคลื่น โดยที่คลื่นที่ IV-V ยังคงมีความสูงกว่าคลื่นที่ I และ III เสมอ และมีเพียงรายเดียวที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่างของคลื่นที่ IV-V

ในด้านระยะเวลาการเกิดคลื่นนั้นพบว่าคลื่นที่ I ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าเสียงรบกวนมีความดังเท่าใดก็ตามคลื่นที่ III มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

เมื่อเสียงรบกวนมีความดัง 90 dBHL คือมีระยะเวลาการเกิดคลื่นนานขึ้นโดยเฉลี่ย 0.05 มิลลิวินาที และคลื่นที่ V มีระยะเวลาการเกิดคลื่นนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสียงรบกวนดัง 80 และ 90 dBHL และที่ระดับความดังของเสียงรบกวน 90 dBHL ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V นานขึ้นเกินกว่า 0.05 มิลลิวินาที

จากผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าเสียงรบกวนมีอิทธิพลต่อ ABR โดยเฉพาะเมื่อเสียงรบกวนนั้นมีความดังมาก ( ตั้งแต่ 80 dB ขึ้นไปเท่านั้น ) Rosenhamer และ Holmkvist(48) ให้คำอธิบายเกี่ยวกับอิทธิพลของเสียงรบกวนที่มีต่อ ABR ไว้ 5 ประการคือ.

1. โดยการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหูชั้นกลางกระตุก (stapedius reflex) เสียง "white noise" ที่ทำให้กล้ามเนื้อหูชั้นกลางกระตุกได้ ต้องมีความดังตั้งแต่ 70 dB ขึ้นไป แต่การกระตุกของกล้ามเนื้อหูชั้นกลางนี้ทำให้ความดังของเสียงลดลงเพียงประมาณ 5 dB เท่านั้น และมักเกิดขึ้นกับเสียงในช่วงความถี่ต่ำเป็นส่วนใหญ่ เมื่อพิจารณาว่าความถี่ของเสียงที่ใช้กระตุ้นใน ABR นั้นเป็นเสียงช่วงความถี่สูงดังนั้นผลของการกระตุกของกล้ามเนื้อหูชั้นกลางนี้ จึงมีอิทธิพลต่อ ABR น้อยมาก

2. การข้ามของสัญญาณเสียงไปสู่หูตรงข้ามด้วยวิธีการนำเสียงทางอากาศ (air-conducted crossover) ค่ากั้นเสียงข้ามปากของเสียงรบกวนที่น้อยที่สุดคือ 50 dB ดังนั้นเมื่อใส่เสียงรบกวนดัง 90 dB แล้วความดังที่ข้ามไปสู่หูตรงข้าม (หูซึ่งได้รับเสียงคลิกกระตุ้น) ย่อมไม่เกิน 40 dB และโดยเฉพาะช่วงเสียงรบกวนที่มีความถี่สูงจะยิ่งข้ามไปได้น้อยลงไปอีก ดังนั้นผลของเสียงรบกวนที่อาจมีต่อ ABR ด้วยวิธีนี้ก็ถือว่าน้อยมาก

3. การข้ามของสัญญาณเสียงไปสู่หูตรงข้ามด้วยวิธีการนำเสียงทางกระดูก (bone-conducted crossover) ค่ากั้นเสียงข้ามปากจากการนำเสียงทางอากาศไปสู่กระดูก (air-to-bone attenuation) ของเสียงรบกวนชนิด white noise มีค่าประมาณ 60-70 dB ด้วยวิธีการนี้เสียงรบกวนอาจข้ามไปสู่หูที่กำบังได้รับเสียงคลิกกระตุ้นอยู่ไม่เกิน 20-30 dB (ความดังสูงสุดของเสียงรบกวนที่ใช้คือ 90 dB) ซึ่งความดังขนาดนี้ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของ ABR ได้

4. ผลต่อระบบการส่งคำสั่งของสมองมายังอวัยวะที่เกี่ยวข้อง (The

fferent system) ซึ่งความเข้าใจในเรื่องระบบการทำงานของสมองในปัจจุบันก็ยังไม่เป็นที่ชัดเจนนัก การสั่งยับยั้งของสมองอาจเกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งในระบบการได้ยินก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงผลอันนี้ก็ได้.

5. การทำให้เกิดการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking) เสียงรบกวน "white noise" อาจทำให้เกิดผลต่อ "signal-to-noise ratio" ในระบบประสาทการได้ยิน จากการศึกษาพบว่าเสียงรบกวนที่ดังมาก มีผลต่อคลื่นที่ III (เสียงรบกวนดัง 90 dB) และคลื่นที่ V (เสียงรบกวนดัง 80 และ 90 dB) แต่ไม่มีผลต่อคลื่นที่ I ทั้งนี้เนื่องจากจุดกำเนิดของคลื่นที่ III และ V อยู่ที่ระดับก้านสมองขึ้นไปจึงน่าจะกล่าวได้ว่าเสียงรบกวนที่มีความดังมาก ทำให้เกิด central masking มากกว่าที่จะทำให้เกิดการกระตุกของกล้ามเนื้อในหูชั้นกลาง หรือเกิดการข้ามของเสียงรบกวนไปยังหูด้านที่ทำการทดสอบ (crossover) เพราะ 2 ประการหลังนี้เป็น การเกิดขึ้นที่ระดับหูชั้นในซึ่งน่าจะทำให้มีผลเปลี่ยนแปลงต่อคลื่นที่ I ด้วย

จากผลการศึกษาที่ Rosenhamer และ Holmkvist (48) สรุปว่า โดยทั่วไปแล้วความดังของเสียงรบกวนที่ใช้มักไม่เกิน 80 dBHL ซึ่งความดังระดับนี้ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการตอบสนองของก้านสมองแต่อย่างใด

ผู้ที่ทำการศึกษาผลของเสียงรบกวนต่อ ABR ต่อมาคือ Smyth (13) ซึ่งทำการศึกษาคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวระดับต่างๆ จำนวน 4 คน คนไข้เหล่านี้มีการได้ยินในหูข้างหนึ่งอยู่ในระดับ หูตึงขึ้นปานกลางรุนแรง จนถึงหูหนวกส่วนการได้ยินในหูอีกข้างอยู่ในระดับปกติเสียงคลิกที่ใช้ดัง 60 ถึง 90 dB เสียงรบกวน "white noise" มีความดัง 60-70 dB เมื่อทำการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังกับระยะเวลาเกิดคลื่น (latency-intensity function) โดยเทียบกับกราฟของคนปกติก็พบว่าเมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามกราฟที่ได้จากการกระตุ้นหูที่เสื่อมการได้ยินเป็น "shadow curve" ของหูข้างปกติเนื่องจากมีการข้ามของเสียงคลิกไปยังหูข้างปกติ และเมื่อใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีก็พบว่าคลื่นที่ V มีการเปลี่ยนแปลงไป ในคนไข้ที่มีหูตึงระดับปานกลางรุนแรงนั้น เมื่อมีการใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดีก็พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V ยาวขึ้น ส่วนในคนไข้ซึ่งมีการได้ยินเสื่อมระดับหูหนวกพบว่าการใส่เสียงรบกวนทำให้คลื่นที่ V หายไป Smyth (13) จึงสรุปว่า มีการข้ามของ



สัญญาณเสียงเกิดขึ้นในคนไข้เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ดี ดังนั้นในการทดสอบ ABR จึงควรยึดหลักในการใส่เสียงรบกวนเช่นเดียวกับหลักที่ไข้เมื่อทำการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงบริสุทธิ์ เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการแปลผล ABR

Dobie และ Wilson(49) ศึกษาคนปกติจำนวน 10 คน พบว่าค่าเฉลี่ย ค่ากันเสียงข้ามฟากของเสียง "white noise" เท่ากับ 65 dB นอกจากนั้นเขายังทำการศึกษาผลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามในคนปกติจำนวน 3 คน เสียงรบกวนมีความดัง 38, 48, 58, 68 และ 88 dB SPL พบว่าไม่ว่าเสียงรบกวนดังเท่าใดก็ตามไม่มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V เปลี่ยนแปลงไป เขาสรุปว่าเนื่องจากค่ากันเสียงข้ามฟากของเสียง "white noise" ประมาณ 65 dB และเสียงรบกวนที่ไข้ดังสุดคือ 80 dB SPL ดังนั้นแม้ว่าอาจมีการข้ามของเสียงรบกวนก็ตามแต่ความดังที่ข้ามไปยังหูที่กำลังได้รับเสียงคลิกกระตุ้นอยู่ที่เพียง 20-25 dB SPL (ค่าเฉลี่ยประมาณ 10 dB SL) ซึ่งความดังระดับนี้ไม่เพียงพอที่จะก่อให้เกิดผลต่อ ABR ได้

Schwartz และ Berry(16) สรุปเกี่ยวกับเรื่องของ การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามว่าการใส่เสียงรบกวนด้วยเสียงที่มีความถี่กว้าง (broad-band noise) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการป้องกันไม่ให้อูหูที่ไม่ได้รับการทดสอบ (non-test ear) มีปฏิกิริยาตอบสนองเกิดขึ้น และเสียงนี้ไม่มีผลต่อหูที่ต้องการทดสอบแต่อย่างใดด้วย

สำหรับคำถามที่ว่าเมื่อไรควรที่จะเลือกใส่เสียงรบกวนนั้น Schwartz และBerry (16) แนะนำว่ามีอยู่ 2 วิธีคือ.

1. ขึ้นอยู่กับค่ากันเสียงข้ามฟาก ซึ่งจากการศึกษาต่างๆ พบว่าค่ากันเสียงข้ามฟากของเสียงคลิกมีความแปรปรวนคืออยู่ในช่วง 50 dB-73 dB (11, 12, 49) ดังนั้นจึงควรใช้ค่าที่น้อยที่สุดคือ 50 dB เป็นหลักการใส่เสียงรบกวนจึงควรใส่ทุกครั้งเมื่อสัญญาณที่ไข้มีความดังเกินค่าจุดเริ่มต้นการได้ยินด้วยการนำเสียงทางกระดูก (bone-conduction threshold) ในช่วง 1-4 kHz ของหูตรงข้ามมากกว่า 50dB

2. ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าระยะเวลาเกิดคลื่นต่างๆ ระหว่างหู 2 ข้าง (interaural latency difference) ถ้าค่านี้ต่างกันเกินกว่า 1.5 มิลลิวินาทีควรใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม หลักนี้ได้มาจากการสังเกตว่าระยะ-

เวลาเกิดคลื่นที่ V จะนานขึ้นประมาณ 0.4 มิลลิวินาทีต่อความดัง 10 dB ที่เปลี่ยนไป ดังนั้นถ้ามีการข้ามของสัญญาณเสียงที่ระดับความดัง 50 dB ก็ควรจะทําให้ระยะเวลาเกิดคลื่นที่ V นานขึ้น 2.0 มิลลิวินาทีในหูตรงข้าม

คนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว เป็นกลุ่มคนไข้ที่พบได้บ่อยๆแม้กระทั่งในเด็กเล็ก ABR เป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์มากในการใช้ประเมินหาระดับการได้ยินหรือพยาธิสภาพของระบบการได้ยิน โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กเล็กหรือกลุ่มคนที่ไม่สามารถให้ความร่วมมือในการทดสอบการได้ยินด้วยวิธีปกติ แต่ปัญหาที่พบก็คือในคนไข้ซึ่งมีระดับการได้ยินไม่เท่ากันระหว่างหู 2 ข้างนี้จำเป็นต้องใช้เสียงรบกวนเพื่อป้องกันการข้ามของสัญญาณเสียงหรือไม้มและผลของเสียงรบกวนต่อ ABR เป็นอย่างไร การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงผลของเสียงรบกวนต่อ ABR ในคนปกติและในคนไข้ เนื่องจากในขณะนี้ที่คลินิกตรวจการได้ยินของร.พ. รามาฯ ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ จึงทําให้เกิดคำถามอยู่เสมอเมื่อทําการทดสอบคนไข้ที่มีระดับการได้ยินไม่เท่ากันหรือคาดว่าไม่เท่ากันระหว่างหู 2 ข้าง ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอาจช่วยทำให้เกิดความเข้าใจและช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้เสียงรบกวนได้ดีขึ้น

บทที่ 3  
วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาถึงปฏิกิริยาของหูที่มีต่อเสียงคลิกที่ความดัง 90, 70, 50 dBHL ที่จะเกิดขึ้นจากกำนสมองว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างไรหากใช้เสียงรบกวนชนิด "white noise" หรือไม่ใช้เสียงรบกวนในหูตรงข้ามซึ่งการศึกษานี้ทำในกลุ่มคนปกติ 1 กลุ่ม และกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว 1 กลุ่ม พารามิเตอร์ที่นำมาศึกษาคือระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III, V, ระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III, III-V, I-V อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I และ รูปร่างของคลื่น IV-V เสียงรบกวนที่ใช้มีความดังต่ำกว่าความดังของเสียงคลิก 20 dB คือมีความดัง 70, 50 และ 30 dB ตามลำดับในกลุ่มคนไข้ นั้นจะศึกษาเฉพาะผลที่ได้จากการกระตุ้นด้วยเสียงคลิกที่ระดับความ 90 dBHL และเสียงรบกวนดัง 70 dBHL เท่านั้น

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มคนที่มีการได้ยินปกติทั้ง 2 ข้าง และกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว เกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างมีดังต่อไปนี้.

กลุ่มที่ 1. กลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว (unilateral sensorineural hearing loss).

คนไข้เหล่านี้คัดเลือกมาจากคนไข้ ซึ่งส่งมาจากคนไข้นอกของแผนกหู คอ จมูก ในร.พ. วราวุฒินิติ ซึ่งประกอบด้วยผู้ชายจำนวน 20 คน อายุตั้งแต่ 14-70 ปี อายุเฉลี่ย 42.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.27 และคนไข้หญิงจำนวน 25 คน อายุตั้งแต่ 10-72 ปี อายุเฉลี่ยเท่ากับ 42.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.47 เกณฑ์ในการคัดเลือกมีดังนี้.

1.1. หูข้างที่ปกติ.

- 1.1.1. มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ (pure tone audiogram) ที่ความถี่ 1-4 KHz ไม่เกิน 25 dBHL (ANSI 1969).

1.1.2. มีผลการทดสอบหูชั้นกลางด้วยเครื่อง Acoustic Impe dance ได้ผลเป็น type A tympanogram และมีการกระตุกของกล้ามเนื้อหูชั้นกลาง เมื่อใช้เสียงกระตุ้นในหูข้างที่ดี (acoustic reflex).

### 1.2. หูข้างที่มีการได้ยินเสื่อม

1.2.1. มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ (pure tone audiogram) ที่ช่วงความถี่ 1-4 KHz อยู่ระหว่าง 46-75 dBHL (ANSI 1969).

1.2.2. ผลของการทดสอบหูชั้นกลางด้วยเครื่อง Acoustic Impe dance ได้ type A tympanogram ซึ่งอาจจะมีการกระตุกของกล้ามเนื้อหูชั้นกลาง เมื่อใช้เสียงกระตุ้น (acoustic reflex) หรืออาจไม่มีการกระตุกของกล้ามเนื้อก็ได้.

1.2.3. สาเหตุของการได้ยินเสื่อมเกิดจากพยาธิสภาพในหูชั้นในเท่านั้น.

### กลุ่มที่ 2 กลุ่มคนที่มีการได้ยินปกติทั้ง 2 ข้าง (normal hearing).

กลุ่มนี้ประกอบด้วยผู้ชาย 20 คนอายุ 22-40 ปี อายุเฉลี่ย 28.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.91 และผู้หญิงจำนวน 20 คน อายุระหว่าง 22-48 ปี อายุเฉลี่ย 29.4 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.14 เกณฑ์ในการคัดเลือกมีดังนี้.

2.1. ไม่มีประวัติของโรคเกี่ยวกับหู เช่น หูน้ำหนวก, มีอาการเวียนศีรษะบ้านหมุน หรือมีเสียงดังในหู.

2.2. ผลการทดสอบการได้ยินด้วยเสียงบริสุทธิ์ ตั้งแต่ 250 Hz-8 KHz ได้ค่าไม่เกิน 25 dBHL ทุกระดับความถี่ (ANSI 1969)

2.3. ผลการทดสอบหูชั้นกลางด้วยเครื่อง Acoustic Impedance ได้ type A tympanogram และมีการกระตุกของกล้ามเนื้อหูชั้นกลาง (acoustic reflex) เมื่อใช้เสียงกระตุ้นทั้งในหูข้างเดียวกัน และในหูด้านตรงข้าม.

## 2. ขั้นตอนในการทดสอบ

ขั้นตอนในการทดสอบมีดังต่อไปนี้.

1. ทดสอบการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ (pure tone audiogram) ด้วยความถี่ ตั้งแต่ 250-8000 Hz.
2. ทดสอบการทำงานของหูชั้นกลางด้วยเครื่อง Acoustic Impedance และทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อหูชั้นกลาง (acoustic reflex) โดยทดสอบทั้ง 2 วิธีคือใช้เสียงกระตุ้นแล้วทดสอบวัดในหูข้างเดียวกัน และใช้เสียงกระตุ้นในหูตรงข้าม (Ipsilateral and contralateral recording) ความถี่ที่ใช้คือ 500, 1000, 2000 และ 4000 Hz.
3. ทดสอบการได้ยินที่ระดับก้านสมอง (ABR) โดยใช้เครื่องฮอร์ทแมน รุ่นเอสเอช 221 (The Hortmann Brainstem Evoke Unit SH 221) เสียงที่ใช้กระตุ้น คือเสียง "คลิก" อัตราเร็ว 20 คลิกต่อวินาที มีช่วงความถี่ 1-3.5 KHz ระดับความดังที่ใช้กระตุ้นคือ 90, 70 และ 50 dBHL โดยทำการทดสอบและบันทึกผลจากหูด้านเดียวกับที่ใช้เสียงกระตุ้น (Ipsilateral recording) เสียงรบกวนมีความดังต่ำกว่าเสียงคลิก 20 dB คือ 70, 50 และ 30 dB ตามลำดับ.

วิธีการทดสอบ ABR เริ่มจากใช้เสียงคลิกกระตุ้นโดยไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามแล้วทำการบันทึกผลจากนั้นจึงใช้เสียงคลิกกระตุ้นหูที่ต้องการทดสอบพร้อมกับใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามแล้วทำการบันทึกผล ซึ่งในกลุ่มคนใช้นั้นทำการวิเคราะห์เฉพาะผลที่ได้จากการกระตุ้นหูข้างที่เสื่อมการได้ยินด้วยความดัง 90 dBHL และใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่มีการได้ยินปกติเท่านั้น.

ห้องที่ใช้ทำการทดสอบ ABR เป็นห้องที่เงียบ (มี ambient noise ไม่เกิน 40 dBA) ผู้รับการทดสอบทุกคนอยู่ในท่านอนหงายบนเตียงเพื่อลดการเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณศีรษะ และคอ เวลาที่ใช้ทดสอบประมาณ 1½ - 2 ชม. ทุกคนได้รับการเตรียมผิวหนังบริเวณที่ใช้วางอิเล็กโทรดด้วยน้ำเกลือ (normal saline solution 0.9%) ตำแหน่งที่ใช้วางอิเล็กโทรด 3 ตำแหน่งคือ หน้าผาก (active electrode) และบริเวณกระดูกมาสตอยด์ 2 ข้าง โดยข้างที่อยู่ด้านเดียวกับหูที่ได้รับเสียงคลิกคือ inactive (neutral) electrode ส่วนอิเล็กโทรดที่วางบนกระดูกมาสตอยด์ด้านตรงข้าม คือ "ground electrode" ดังแสดงในรูปที่ 5. ความต้านทานของผิวหนังก่อนทำการทดสอบต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 K $\Omega$

4. บันทึกผลที่ได้ลงในแบบฟอร์มของ ร.พ. รามาธิบดี (แสดงไว้ในภาคผนวก) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่อง ABR ที่ใช้ เป็นเครื่องชนิดมีช่องเดียว (single channel) ชื่อ The Hortmann Brainstem Evoked Unit (SH 21) เสียงกระตุ้นที่ใช้คือเสียง "คลิก" มีช่วงความถี่ 1- 3.5 KHz เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียงที่มีช่วงความถี่กว้าง (broad - band noise) ซึ่งมีช่วงความถี่ถึง 4 KHz ความดังของเสียงรบกวนที่ใช้ต่ำกว่าเสียงคลิก 20 dB โดยอัตโนมัติเสียงคลิกที่ใช้มีอัตราเร็ว 20 คลิกต่อวินาที ระดับความดังของเสียงคลิกที่ใช้ในคนปกติ คือ 90, 70 และ 50 dBHL และระดับความดังของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามน้อยกว่าเสียงคลิก 20 dB คือมีความดัง 70, 50 และ 30 dB ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มคนใช้ระดับความดังที่ใช้กระตุ้นในหูข้างที่มีการได้ยินเสื่อมคือ 90dBHL และระดับความดังของเสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติคือ 70 dB ปฏิบัติการตอบสนองของก้านสมองที่เกิดขึ้นได้รับการเฉลี่ยโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ และผลที่แสดงออกมาในจอคือคลื่นการได้ยินทั้งหมด 5-7 คลื่น แล้วบันทึกออกมาเป็นรูปกราฟในแบบฟอร์มของ ร.พ. รามาธิบดี การหาค่าจุดยอดของคลื่นต่างๆ, ระยะเวลาการเกิดคลื่น, ระยะเวลาระหว่างคลื่นความสูงของคลื่น และรูปร่างของคลื่น ใช้ผู้ตัดสิน 2 คนคือตัวผู้ทำการศึกษารเอง และอาจารย์ที่ปรึกษา 1 ท่านเป็นผู้พิจารณาเนื่องจากปัญหาที่พบคือ คลื่นที่ I มักมีรูปร่างไม่ชัดเจนโดยเฉพาะที่ระดับความดัง 50 dB ถึงแม้ว่าจะทำการทดสอบซ้ำจึงต้องมีผู้ตัดสิน 2 คน ในการพิจารณาและเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินคือต้องได้ผลตรงกัน 2 ใน 3 ครั้ง (2/3) หากไม่ผ่านก็ตัดข้อมูลทิ้งไป

#### 4. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาผล

- 4.1. ระยะเวลาการเกิดคลื่น (absolute latency) คลื่นที่นำ มาใช้แปลผลคือคลื่นที่ I, III และ V การวัดระยะเริ่มวัด จากจุดเริ่มต้นใส่เสียงกระตุ้นถึงยอดของคลื่นที่ I, III, และ V ตามลำดับ ทั้งในสภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนและมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม ในคนปกติใช้เสียงกระตุ้นที่ความดัง 90, 70 และ 50dBHL ส่วนในคนไข้ใช้เสียงกระตุ้นดัง 90dBHL
- 4.2. ระยะเวลาระหว่างคลื่น (Interpeak latency หรือ IPL) การวัดระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ I-III, III-V และ I-V ทำโดยวัดจากจุดยอดของคลื่นหนึ่งไปยังอีกคลื่น หนึ่งในทั้ง 2 สภาวะ เช่นเดียวกับในข้อ 4.1.
- 4.3. ความสูงของคลื่นที่ I และ V (amplitude) การวัด ความสูงวัดจากจุดยอดทางด้านบนกลงไปถึงจุดต่ำสุดทางด้าน ลบ ระดับความดังที่ใช้คือ 90 dBHL.
- 4.4. ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ที่ระดับความดัง 90 dBHL โดยแบ่งตามหลักของ Chiappa's system ดังแสดง ในรูปที่ 3.

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

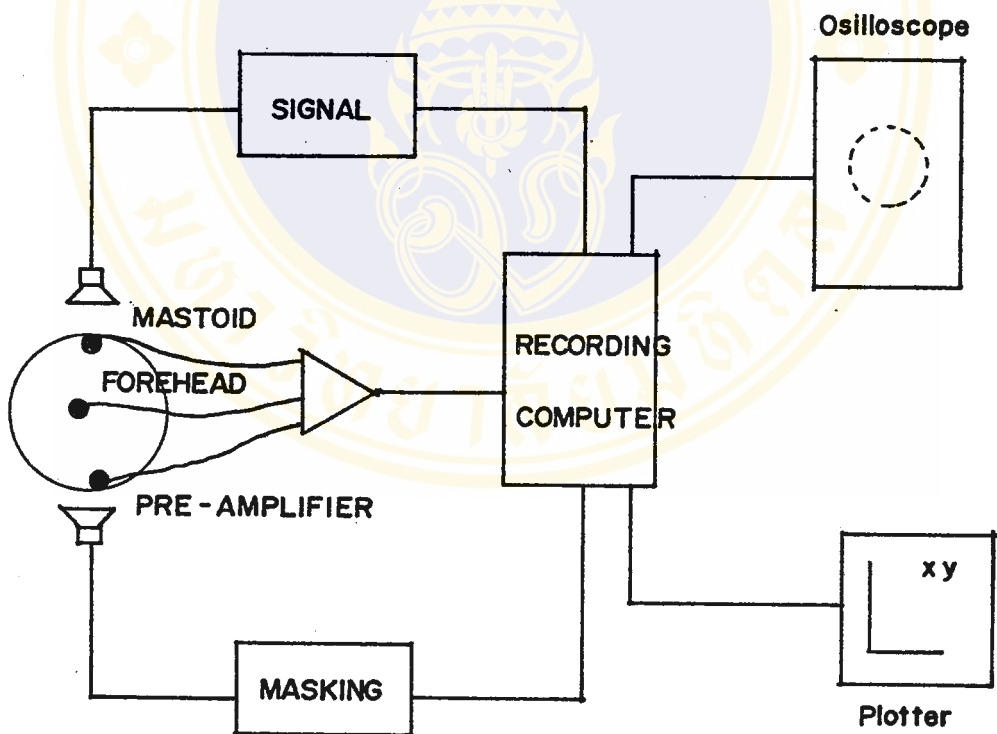
ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for The Social Science \* (SPSS)\*

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเกิดคลื่น และระยะเวลาระหว่างคลื่น ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวน และมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.
2. ค่าเฉลี่ยตัวกลางเลขคณิต (Mean,  $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD)

### 3. Scheffe Procedure

4. การทดสอบไควสแควร์ (Chi-Square,  $X^2$  - Test) เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V : I และลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนและมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.



รูปที่ 5 แสดง Block diagram ของเครื่อง Hortmann ABR (SH.221) Unit

บทที่ 4  
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จุดมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ ABR กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มคนที่มีการได้ยินปกติทั้งสองข้างจำนวน 40 คน แบ่งเป็นชาย 20 คน มีช่วงอายุตั้งแต่ 22-40 ปี อายุเฉลี่ย 28.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.91 เป็นหญิง 20 คน มีช่วงอายุตั้งแต่ 22-48 ปี อายุเฉลี่ย 29.4 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.14 กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเนื่องจากประสาทหูพิการข้างหนึ่งมีค่าเฉลี่ยของการตรวจได้ยินด้วยเสียงบริสุทธิ์ที่ความถี่ 1-4 KHz ระหว่าง 46-75 dBHL ส่วนหูอีกข้างมีการได้ยินปกติ กลุ่มนี้มีจำนวน 45 คน เป็นชาย 20 คน มีช่วงอายุ 14-70 ปี อายุเฉลี่ยเท่ากับ 42.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.27 และเป็นหญิงจำนวน 25 คนมีช่วงอายุ 10-72 ปี อายุเฉลี่ยเท่ากับ 42.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.47.

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือ เครื่อง " ฮอร์ตแมน " (The Hortmann Brainstem Unit หรือ SH 221). แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูปวิจัยทางสังคมศาสตร์ (SPSS\* : Statistical Package for The Social Science\*)

สถิติที่ใช้ทดสอบคือ.

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน ( Analysis of Variance ) เพื่อศึกษาอิทธิพลของเสียงรบกวนต่อระยะเวลาการเกิดคลื่น I, III, V และระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III, III-V และ I-V.
2. ค่าเฉลี่ยตัวกลางเลขคณิต (Mean,  $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD)
3. Scheffe procedure
4. ไคร์สแควร์ ( $X^2$ -Test : Chi-Square Test) เพื่อศึกษาอิทธิพลของเสียงรบกวนต่ออัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I และต่อลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนปกติ.

ปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ การรบกวน เพศ ความดัง และคลื่นต่างๆ

ตารางที่ 3. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนปกติ.

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	Degree of freedom	Mean Square	Sum of Square	F-Value	P-Value
การรบกวน (Masking)	1	0.016	0.066	0.016	0.684
เพศ (Sex)	1	2.952	2.952	30.677	0.000*
ความดัง (Intensity)	2	49.103	98.205	510.255	0.0*
คลื่น (Wave)	2	1875.158	3750.316	19485.861	0.0*
M x S	1	0.020	0.020	0.210	0.647
M x I	2	0.035	0.069	0.395	0.698
M x W	2	0.005	0.009	0.611	0.952
S x I	2	0.021	0.042	0.219	0.804
S x W	2	0.669	1.337	6.949	0.001*
I x W	4	4.077	16.306	42.362	0.0*
M x S x I	2	0.032	0.064	0.331	0.718
M x S x W	2	0.005	0.009	0.049	0.952
M x I x W	4	0.003	0.013	0.034	0.998
S x I x W	4	0.022	0.086	0.224	0.925
M x S x I x W	4	0.004	0.016	0.040	0.997

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )

1.1. ผลของการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามต่อระยะเวลาการเกิดคลื่น.

ตารางที่ 4. พบว่าเมื่อไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นเท่ากับ 3.89 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.67 เมื่อเสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะ

เวลาการเกิดคลื่นเท่ากับ 3.97 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.67 เมื่อนำไปทดสอบความแปรปรวน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ของระยะเวลาการเกิดคลื่นระหว่างสภาวะที่มีเสียงรบกวนและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 4. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาเกิดคลื่นในคนปกติเมื่อมีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

สภาวะ (Condition)	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม่มีเสียงรบกวน (no masking)	80	3.89	1.67
มีเสียงรบกวน (masking)	80	3.97	1.67

### 1.2. ปฏิกิริยาการตอบสนองของเพศชายและหญิง.

ตารางที่ 5. พบว่าในกลุ่มเพศชายค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นเท่ากับ 3.94 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.70 ในกลุ่มเพศหญิง ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นเท่ากับ 3.85 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.63 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตาราง 3. พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในกลุ่มเพศชายและหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ).

ตารางที่ 5. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศชายและเพศหญิง.

เพศ	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชาย	40	3.94	1.70
หญิง	40	3.85	1.63

### 1.3. ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อระดับความดัง.

ตารางที่ 6. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50dB เท่ากับ 3.61, 3.84 และ 4.24 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.55, 1.60 และ 1.79 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 3. พบว่า ระดับความดังมีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และเมื่อนำไปทดสอบต่อกันด้วย Scheffe test of pairwise comparison พบว่า ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ความดัง 50dB แตกต่างจากระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ความดัง 90 และ 70dB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ความดัง 90 และ 70dB ไม่แตกต่างกันกับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ).

ตารางที่ 6. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ความดัง 90, 70 และ 50 dBHL ในกลุ่มคนปกติ.

ความดัง	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
90	3.61	1.55
70	3.84	1.60
50	4.24	1.79

#### 1.4. ปฏิกิริยาการตอบสนองของคลื่นต่างๆ

ตารางที่ 7. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่น I, III, V เท่ากับ 1.87, 4.00 และ 5.82 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.24, 0.46 และ 0.50 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 3. พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III, และ V เมื่อ ทำการทดสอบต่อกันด้วย Scheffe test of pairwise comparison พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างระยะเวลาการ เกิดคลื่นที่ I, III และ V.

ตารางที่ 7. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III, และ V ของคนปกติ.

คลื่น	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
I	1.87	0.24
III	4.00	0.46
V	5.82	0.50

## 2. ระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติ

ตารางที่ 8. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติ.

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	Degree of freedom	Mean Square	Sum of Square	F-Value	P-Value
การบดบัง (Masking)	1	0.023	0.023	0.323	0.570
เพศ (Sex)	1	3.948	3.948	54.586	0.000*
ความดัง (Intensity)	2	19.164	38.328	264.947	0.0*
ช่วงคลื่น (Interpeak oo IPL I-III, III-V, I-V)	2	633.045	1266.091	8752.049	0.0*
M x S	1	0.019	0.019	0.263	0.608
M x I	2	0.021	0.042	0.287	0.750
M x IPL	2	0.007	0.013	0.091	0.913
S x I	2	0.006	0.012	0.083	0.921
S x IPL	2	0.273	0.546	3.774	0.023*
I x IPL	4	2.891	11.563	39.967	0.0*
M x S x I	2	0.009	0.017	0.120	0.887
M x S x IPL	2	0.013	0.026	0.180	0.835
M x I x IPL	4	0.008	0.031	0.108	0.980
S x I x IPL	4	0.042	0.170	0.587	0.672
M x S x I x IPL	4	0.008	0.032	0.110	0.979

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ .)

## 2.1. ผลของการใส่เสียงรบกวน.

ตารางที่ 9. ในสภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นเท่ากับ 2.63 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.99 เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นเท่ากับ 2.63 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.00 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 8. พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามไม่ทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ).

ตารางที่ 9. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติ ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม

สภาวะ (Condition)	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม่มีเสียงรบกวน (no masking)	80	2.63	0.99
มีเสียงรบกวน (masking)	80	2.63	1.00

## 2.2. ปฏิกิริยาการตอบสนองของเพศชายและหญิง.

ตารางที่ 10. พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในเพศชายเท่ากับ 2.68 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.02 ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในเพศหญิงเท่ากับ 2.58 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.97 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 8. พบว่า เพศชายและหญิงมีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ).

ตารางที่ 10. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนปกติเพศชายและเพศหญิง.

เพศ	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชาย	40	2.68	1.02
หญิง	40	2.58	0.97

### 2.3. ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อระดับความดัง

ตารางที่ 11. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 90, 70 และ 50 dBHL เท่ากับ 2.47, 2.57 และ 2.86 มิลลิวินาที ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.91, 0.94 และ 1.08 เมื่อนำผลที่ได้ไปการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 8. พบว่าระดับความดังมีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อนำไปทดสอบต่อด้วย Scheffe test of pairwise comparison พบว่า ระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 50dB แตกต่างจากระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 90 และ 70dB อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 90 และ 70dB ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ).

ตารางที่ 11. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ความดัง 90, 70 และ 50dB ในกลุ่มคนปกติ.

ความดัง	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
90	2.47	0.91
70	2.57	0.94
50	2.86	1.08

#### 2.4. ปฏิกริยาตอบสนองของช่วงคลื่น

ตารางที่ 12. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III, III-V และ I-V เท่ากับ 2.13, 1.81 และ 3.94 มิลลิวินาทีตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34, 0.21 และ 0.39 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 8. พบว่าระยะเวลาระหว่างคลื่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ของเมื่อทำการทดสอบด้วย Scheffe test of pairwise comparison พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III, III-V และ I-V.

ตารางที่ 12. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III III-V และ I-V ในคนปกติ.

ช่วงคลื่น	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
I-III	2.13	0.34
III-V	1.81	0.21
I-V	3.94	0.39

### 3. อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I ในคนปกติ.

ระดับความดังที่ใช้ในการพิจารณาอัตราส่วนความสูงของคลื่น คือ 90 dBHL จากตารางที่ 13. เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามหูคนปกติจำนวน 56 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $> 1.00$ ) และหูคนปกติจำนวน 24 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ( $< 1.00$ ) เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามพบว่าหูคนปกติจำนวน 57 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $>1.00$ ) และหูคนปกติจำนวน 23 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ( $< 1.00$ ) เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติด้วยไคร์สแควร์ ( $X^2$ - test) พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามไม่ทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I แตกต่างไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 13.

ตารางที่ 13. เปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของคลื่น V : I ในคนปกติเมื่อมีการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามกับไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม

สภาวะ	อัตราส่วนความสูงของคลื่น V : I	
	$>1$	$<1$
ไม่มีเสียงรบกวน	56 (35 %)	24 (15 %)
ใส่เสียงรบกวน	57 (35.63 %)	23 (14.37 %)
รวม	113 (70.63 %)	47 (29.37 %)
$X^2$	1.77	4.26

df = 1

#### 4. ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในคนปกติ.

การแบ่งลักษณะรูปร่างของคลื่น IV - V โดยใช้หลักของ Chiappa คือ แบ่งออกเป็น 6 ลักษณะคือ A - F ตารางที่ 14. พบว่า ลักษณะ A เป็นลักษณะที่พบมากที่สุดรองลงมาก็คือ E และ D ลักษณะที่พบน้อยที่สุดคือ F เมื่อทดสอบด้วยไคว์สแควร์ ( $X^2$  - test) พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามมีผลทำให้รูปร่างของคลื่นที่ IV - V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงคือลักษณะ B, E และ F ดังแสดงในตารางที่ 14. ส่วนลักษณะที่เหลือไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 14. เปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในคนปกติในสถานะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม และมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

สภาวะ	รูปร่างของคลื่น IV-V					
	A	B	C	D	E	F
ไม่มีเสียง รบกวน	34 (21.3 %)	8 (5 %)	4 (2.5 %)	11 (6.9 %)	8 (11.3 %)	5 (3.1 %)
มีเสียง รบกวน	32 (20.0 %)	3 (1.9 %)	6 (3.8 %)	9 (5.6 %)	29 (18.1 %)	1 (0.6 %)
รวม	66 (41.3 %)	11 (6.9 %)	10 (6.3 %)	20 (12.5 %)	47 (29.4 %)	6 (3.7 %)
$X^2$	0.12	4.55*	0.8	0.4	5.15*	5.33*

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )  
df = 1

### 5. ระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนไข้เสื่อมการได้ยินข้างเดียว

ปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามเพศ และ คลื่น (I, III, V)

ตารางที่ 15. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนไข้เสื่อมการได้ยินข้างเดียว.

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	Degree of freedom	Mean Square	Sum of Square	FValue	P-Value
การรบกวน (Masking)	1	0.105	0.105	1.260	0.263
เพศ (Sex)	1	0.698	0.698	8.392	0.004*
คลื่น (Wave I, III, V)	2	375.214	750.428	4511.103	0.0*
M x S	1	0.000	0.000	0.005	0.946
M x W	2	0.010	0.019	0.114	0.892
S x W	2	0.291	0.581	3.494	0.032*
M x S x W	2	0.018	0.036	0.218	0.804

\* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )

### 5.1. ผลของการใส่เสียงรบกวน

ตารางที่ 16. เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเกิดคลื่นเท่ากับ 4.02 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.70 เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเกิดคลื่นเท่ากับ 4.06 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.70 เมื่อนำผลที่ได้ไปการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 15. พบว่าการใส่เสียงรบกวนไม่ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ).

ตารางที่ 16. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นในคนไข้เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม และไม่ใส่เสียงรบกวน.

สภาวะ (Condition)	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม่มีเสียงรบกวน	45	4.02	1.70
มีเสียงรบกวน	45	4.06	1.70

### 5.2. ปฏิกิริยาการตอบสนองของเพศชายและหญิง.

ตารางที่ 17. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในกลุ่มเพศชายเท่ากับ 4.09 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.75 ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในกลุ่มเพศหญิงเท่ากับ 3.99 มิลลิวินาทีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.70 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 15. พบว่า เพศชาย และเพศหญิงมีค่าระยะเวลาการเกิดคลื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ).

ตารางที่ 17. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่นในกลุ่มคนใช้เพศชาย และหญิง.

เพศ	จำนวน คู่)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชาย	20	4.09	1.75
หญิง	25	3.99	1.70

### 5.3. ปฏิกิริยาตอบสนองของคลื่น.

ตารางที่ 18. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่น I, III, V เท่ากับ 1.94, 4.15 และ 5.98 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.22, 0.30 และ 0.42 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 15. พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ของระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III, V เมื่อนำมาทดสอบด้วย Scheffe test of pairwise comparison พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระยะเวลาการเกิดคลื่น I, III, และ V ( $P < 0.05$ ).

ตารางที่ 18. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการเกิดคลื่น I, III และ V ในกลุ่มคนไข้.

คลื่น	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
I	1.94	0.22
III	4.15	0.30
V	5.98	0.42

6. ระยะเวลาระหว่างคลื่นในกลุ่มคนไข้การได้ยินเสื่อมข้างเดียว.

ตารางที่ 19. แสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลา  
ระหว่างคลื่นในกลุ่มคนไข้การได้ยินเสื่อมข้างเดียว ปัจจัยที่นำมาพิจารณาคือ  
การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม เพศ และช่วงคลื่น (Interpeak I-III,  
III-V และ I-V)

ตารางที่ 19. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของระยะเวลาระหว่างคลื่นใน-  
กลุ่มคนไข้

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	Degree of freedom	Mean Square	Sum of Square	F-Value	P-Value
การรบกวน (Masking)	1	0.010	0.010	0.115	0.735
เพศ (Sex)	1	1.160	1.160	13.922	0.000*
ช่วงคลื่น (Interpeak I-III, III-V, I-V)	2	125.709	251.418	1508.790	0.0*
M x S	1	0.081	0.081	0.974	0.325
M x IPL	2	0.043	0.086	0.516	0.598
S x IPL	2	0.256	0.513	3.077	0.048*
M x S x IPL	2	0.025	0.049	0.295	0.745

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )

### 6.1. ผลของการใส่เสียงรบกวน.

ตารางที่ 20. เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม- พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะระหว่างคลื่นเท่ากับ 2.72 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.02 เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามพบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นเท่ากับ 2.71 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.01 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 19. พบว่า การใส่เสียงรบกวนไม่มีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ( $P > 0.05$ ).

ตารางที่ 20. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในคนไข้ ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามและไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

สภาวะ (Condition)	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไม่มีเสียงรบกวน	45	2.72	1.02
มีเสียงรบกวน	45	2.71	1.01

### 6.2. ปฏิกิริยาการตอบสนองของเพศชายและหญิง.

ตารางที่ 21. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในเพศชาย เท่ากับ 2.79 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.05 ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่น ในเพศหญิงเท่ากับ 2.67 มิลลิวินาที ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.98 เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 19. พบว่า เพศมีผลทำให้ค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ).

ตารางที่ 21. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างคลื่นในกลุ่มคนไข้เพศชายและหญิง.

เพศ	จำนวน (หู)	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชาย	20	2.79	1.05
หญิง	25	2.67	0.98

### 6.3. ปฏิบัติการตอบสนองของช่วงคลื่น.

ตารางที่ 22. ค่าเฉลี่ยของระยะระหว่างคลื่น I-III, III-V และ I-V เท่ากับ 2.21, 1.86 และ 4.02 มิลลิวินาทีตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.28, 0.27 และ 0.48 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 19. พบว่า ช่วงระหว่างคลื่นต่างๆ มีผลทำให้ระยะเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อนำมาทดสอบต่อ Scheffe test of pairwise comparison พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ของระยะเวลาช่วงคลื่น I-III, III-V และ I-V.

ตารางที่ 22. ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาช่วงคลื่น I-III III-V และ I-V ในกลุ่มคนไข้.

ช่วงคลื่น	ค่าเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
I-III	2.21	0.28
III-V	1.86	0.27
I-V	4.02	0.48

7. อัตราส่วนความสูงของคลื่น V : I ในกลุ่มคนใช้การได้ยิน  
เสื่อมข้างเดียว.

ตารางที่ 23. พบว่า เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าง หูคนใช้จำนวน 39 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $>1.00$ ) และหูคนใช้จำนวน 6 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ( $<1.00$ ) เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้างพบว่า หูคนใช้จำนวน 34 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $>1.00$ ) และหูคนใช้จำนวน 11 หู มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ( $<1.00$ ) เมื่อนำไปทดสอบทางสถิติด้วยไควสแควร์ ( $X^2$ - test) พบว่า การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้างมีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 23.

ตารางที่ 23. เปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V : I ในกลุ่มคนใช้เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวน และใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าง.

สภาวะ	อัตราส่วนความสูงของคลื่น V : I	
	$>1$	$<1$
ไม่มีเสียงรบกวน	39 (43.33 %)	6 (6.67 %)
ใส่เสียงรบกวน	34 (37.78 %)	11 (12.22 %)
รวม	73 (81.11 %)	17 (18.89 %)
$X^2$	0.68	2.94*

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )  
df = 1

8. ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว.

การจัดลักษณะรูปร่างคลื่นที่ IV-V ใช้หลักของ Chiappa เช่นเดียวกับกลุ่มคนปกติ เมื่อไม่ใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามพบว่าลักษณะที่พบมากที่สุดคือ A และ E ตามลำดับ ส่วนลักษณะที่พบน้อยที่สุดคือ F เมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามลักษณะที่พบมากที่สุดคือ A และ E ตามลำดับลักษณะที่พบน้อยที่สุด F เมื่อทดสอบด้วยไควสแควร์ ( $X^2$ -test) พบว่าเมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) คือ ลักษณะ D ซึ่งพบว่าเปลี่ยนมากกว่าลักษณะอื่น ดังแสดงในตารางที่ 24. ลักษณะอื่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ).

ตารางที่ 24. ลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V ในกลุ่มคนไข้.

สภาวะ	รูปร่างของคลื่น IV-V					
	A	B	C	D	E	F
ไม่มีเสียง	22	4	2	7	9	5
รบกวน	(24.4 %)	(4.4 %)	(2.2 %)	(7.8 %)	(10.0 %)	(1.1 %)
มีเสียง	25	3	2	3	11	1
รบกวน	(27.8 %)	(3.3 %)	(2.2 %)	(3.3 %)	(12.2 %)	(1.1 %)
รวม	47	7	4	10	20	2
	(52.2 %)	(7.8 %)	(4.4 %)	(11.1 %)	(22.2 %)	(2.2 %)
$X^2$	0.38	0.29	0	3.2*	0.4	0

\* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ( $P<0.05$ )  
df=1

## บทที่ 5

## อภิปราย สรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ ABR กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มคนปกติ 40 คน เป็นชาย 20 คนอายุ 22-40 ปี อายุเฉลี่ย 28.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.91 เป็นหญิง 20 คน อายุ 22-48 ปี อายุเฉลี่ย 29.4 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.14 กลุ่มที่ 2. เป็นกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียวจำนวน 45 คน เป็นชาย 20 คน อายุ 14-70 ปี อายุเฉลี่ย 42.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.27 และเป็นหญิง จำนวน 25 คน อายุ 10-72 ปี อายุเฉลี่ย 42.5 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.47 คนไข้เหล่านี้มีการได้ยินปกติในหูข้างหนึ่งส่วนอีกข้างมีการได้ยินในระดับ 46-75dBHL พารามิเตอร์ที่นำมาพิจารณาคือ ระยะเวลาการเกิดคลื่นระยะเวลาระหว่างคลื่น อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I และลักษณะรูปร่างของคลื่น IV-V บทนี้เป็นการอภิปรายผลที่ได้จากการศึกษานี้เปรียบเทียบกับผลการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

### 1. ผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่น

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลของเสียงรบกวนต่อ ABR ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาที่พิจารณาด้านผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่น คลื่นที่มีผู้ให้ความสนใจศึกษามากที่สุดคือคลื่นที่ V โดยเฉพาะในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับคนไข้ที่มีหูหนวกข้างเดียว การศึกษาในคนปกติก็มักพิจารณาคคลื่นที่ V เป็นหลักเช่นเดียวกันส่วนคลื่นอื่นๆ นั้นมีผู้สนใจศึกษาน้อยมากเหตุผลก็คงเนื่องจากคลื่นที่ V เป็นคลื่นที่เด่นชัดที่สุดและน่าเชื่อถือมากที่สุด นอกจากนี้คลื่นที่ V ยังเป็นคลื่นที่ใช้ในการประมาณหาจุดเริ่มต้นการได้ยินซึ่งมีประโยชน์มากโดยเฉพาะสำหรับกลุ่มคนไข้ที่ไม่ให้ความร่วมมือในการตรวจเช่นเด็กเล็ก หรือผู้พิการทางสมอง เป็นต้น

ผลการศึกษาในกลุ่มคนปกติซึ่งปรากฏใน ตารางที่ 4. แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นในภาวะที่ไม่ใส่เสียงรบกวน และใส่เสียงรบกวนเท่ากับ 3.89 และ 3.97 มิลลิวินาที ตามลำดับ ความดังของเสียง เสียงคลิกที่ใช้ในการศึกษานี้มี 3 ระดับคือ 90, 70 และ 50 dBHL เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียงคือเสียง "white noise" ซึ่งมีความดังต่ำกว่าเสียงคลิก 20 dB คือ 70, 50 และ 30 dB ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งแสดงในตารางที่ 3. พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามไม่มีผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III และ V อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ไม่ว่าเสียง

รบกวนที่ใช้มีความดังเท่าใดก็ตาม ผลการศึกษานี้ตรงกับการศึกษาอื่นๆ ที่ผ่านมา (11,12,15,49) เช่นการศึกษาของ Chiappa และคณะ(15) ซึ่งเป็นบุคคลกลุ่มแรกที่ศึกษาผลของเสียงรบกวนในคนปกติความดังของเสียงรบกวนเท่ากับความดังของเสียงคลิกคือ 60 dBSL กลุ่มตัวอย่างมี 12 คน ผลการศึกษาไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวน "white noise" ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อมา Humes และ Ochs(11) ทำการศึกษาในคนปกติ 10 คน เสียงคลิกที่ใช้ดัง 40, 60 และ 80 dBSL เสียงรบกวนมีความดัง 20 และ 40 dBSL (dB effective masking) ผลการศึกษานี้ไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวนทั้งสองระดับมีผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่นเช่นกันซึ่งคลื่นที่นำมาวิเคราะห์ คือคลื่นที่ V Reid และ Thornton(12) ศึกษาคนปกติจำนวน 8 คน โดยที่เสียงคลิกมีความดังระดับเดียวคือ 70 dBSL แต่เสียงรบกวนมีความดังต่างๆ กันคือ 15,30,45,60,70 และ 80dBSL ผลการศึกษาก็เช่นเดียวกันคือไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวนมีผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่นทุกคลื่นอย่างมีนัยสำคัญไม่ว่าจะเป็นการบันทึกผลจากหูข้างเดียวกับที่มีทำการทดสอบ (ipsilateral recording) หรือบันทึกผลจากหูด้านตรงข้ามกับหูที่ทดสอบ (contralateral recording) และไม่พบว่าเสียงรบกวนที่ใช้มีความดังเท่าใดก็ตาม การศึกษาล่าสุดของ Dobie และ Wilson(49) ซึ่งทำในคนปกติจำนวน 3 คน เสียงคลิกที่ใช้มีความดัง 75 และ 95 dB SPL เสียงรบกวนมีความดังหลายระดับคือ 38,48,58,68,78 และ 88 dB SPL ผลการศึกษานี้ไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวนมีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เหตุผลที่ระยะเวลาการเกิดคลื่นไม่เปลี่ยนแปลงนั้น อาจเนื่องมาจาก

1. คุณสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างเสียงคลิก และเสียง "white noise" เสียงคลิกเป็นเสียงที่มีระยะเวลาการเกิดสั้น (short-duration sound) ในขณะที่เสียง white noise เป็นเสียงที่มีระยะเวลาการเกิดนาน (long-duration sound) จึงมีเส้นทางเดินและกลไกการทำงาน (pathway and mechanism) ที่แตกต่างกัน (47)

2. ค่ากันเสียงข้ามฟาก (IA) ของเสียง "white noise" ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 50 dB ดังนั้นความดังของเสียงรบกวนที่อาจข้ามไปยังหูตรงข้าม (หูที่ได้รับเสียงคลิกกระตุ้น) จึงไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเห็นความเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการเกิดคลื่นได้ (48)

3. แม้ว่าเสียงรบกวนที่ใช้อาจมีความดังพอที่จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อในหูชั้นกลางกระตุก (stapedius reflex) ก็ตาม แต่การทำงานของกล้ามเนื้อ

เนื้อสแตปเดียม (stapedius) มีผลในการลดความดังของเสียงในช่วงความถี่ต่ำ ในขณะที่เสียงคลิกเป็นเสียงที่มีความถี่สูงจึงมีผลต่อเสียงคลิกน้อยมากจนกล่าวได้ว่าไม่มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลง (48)

แต่การศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist(48) แตกต่างจากผลการศึกษาดังกล่าวมารวมทั้งผลการศึกษาคั้งนี้ด้วย การศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist(48) เป็นการศึกษาในคนปกติจำนวน 11 คน เสียงคลิกมีความดัง 70 dBnHL เสียงรบกวนมีความดัง 60, 70, 80 และ 90 dBHL ผลการศึกษาพบว่า เสียงรบกวนที่ระดับความดัง 60 และ 70 dBHL ไม่มีผลต่อระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III และ V แต่เมื่อเพิ่มความดังเป็น 80 dB พบว่า ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V นานขึ้นประมาณ 0.05 มิลลิวินาที และเมื่อเพิ่มความดังของเสียงรบกวนเป็น 90dBHL พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ III และ V นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V นานขึ้นมากกว่า 0.05 มิลลิวินาที สาเหตุที่พบว่าเสียงรบกวนที่ต่างๆ มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงซึ่งแตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ อาจเนื่องจากว่า

1. การศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist(48) นั้นความดังของเสียงรบกวนแตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ คือการศึกษาครั้งนี้ใช้เสียงรบกวนดังสุด 70 dBHL Reid และ Thornton (12) ใช้ความดังสูงสุด 80 dBSL ส่วน Rosenhamer และ Holmkvist (48) ใช้ความดังสูงสุดคือ 90 dBHL และ
2. เกิดการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking) ซึ่ง Rosenhamer และ Holmkvist(48) คิดว่าการที่ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงไปในนั้นน่าจะมาจากสาเหตุนี้

แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist (48) จะพบว่าเสียงรบกวนที่ดังมากๆ ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V นานขึ้นแต่เวลาที่เพิ่มขึ้นก็น้อยมากเพียงแค่ 0.05 มิลลิวินาที ดังนั้น Schwartz และ Berry(16) จึงกล่าวสรุปไว้ว่า ผลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามต่อ ABR ในด้านของระยะเวลาการเกิดคลื่นมีน้อยมาก Reid และ Thornton(12) ยกสมมุติฐานของ GERSUNI และ คณะ (47) ว่าเสียงที่มีระยะเวลาเกิดสั้น (short-duration) เช่นเสียงคลิกและเสียงที่มีระยะเวลาการเกิดนาน (long-duration) เช่นเสียง "white noise หรือ broad-band noise" นั้นมีเส้นทางเดินในระบบประสาทการได้ยินต่างกันจึงทำให้ไม่มีผล หรือปฏิกิริยาร่วมกันเกิดขึ้น ดังนั้นการใส่เสียงรบกวนชนิดที่มีความถี่กว้างจึงเป็นวิธีที่ดีที่

สุดในการป้องกันไม่ให้หูที่ไม่ต้องการทดสอบ (non-test ear) มีปฏิกิริยาตอบสนองซึ่งอาจจะทำให้ปฏิกิริยาของหูที่ต้องการทดสอบ (test ear) เปลี่ยนแปลงไปนอกจากนี้ Rosenhamer และ Holmkvist (48) กล่าวสรุปไว้ว่าโดยปกติแล้ว การใช้เสียงรบกวนในการทดสอบ ABR ไม่ควรใช้เสียงดังเกินไปควรใช้ความดังต่ำกว่า 80 dBHL ซึ่งความดังระดับนี้ไม่มีผลทำให้ปฏิกิริยาการตอบสนองเปลี่ยนแปลงไป แต่ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้เสียงดังมากๆ (เกินกว่า 90 dBHL) ขึ้นไปต้องคำนึงผลซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยารบกวนในระบบประสาท (central masking) ด้วย

ส่วนผลการศึกษาในกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม (หูข้างที่ปกติ) ไม่ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III และ V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 15. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการเกิดคลื่นเมื่อไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้ามเท่ากับ 4.02 และ 4.06 มิลลิวินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 16.) ซึ่งผลการศึกษานี้ตรงกับการศึกษาของ Ozdamar และ Stein (6) แต่ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Smyth (13)

Ozdamar และ Stein (6) ศึกษาคนไข้ที่คาดว่าอาจมีการได้ยินเสื่อมระดับน้อยปานกลาง จำนวน 1 คน พบว่าคลื่นที่ V ที่ปรากฏให้เห็นที่ระดับความดัง 70 dBHL และ 90 dBHL ไม่มีการเปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าจะมีการใส่เสียงรบกวนดัง 60 dBHL ในหูตรงข้าม (หูข้างที่ปกติ) ก็ตามแสดงว่าคนไข้ที่มีการได้ยินอยู่ในระดับประมาณ 60 dB จริงๆ

ส่วนผลการศึกษาของ Smyth (13) ซึ่งศึกษาคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวจำนวน 3 คน แต่ละคนมีระดับการได้ยินต่างกัน คือ ตั้งแต่ระดับปานกลาง-รุนแรง จนถึงรุนแรง พบว่าเมื่อกระตุ้นหูที่มีการได้ยินเสื่อมด้วยเสียงสัญญาณดังตั้งแต่ 70 dBHL ขึ้นไป โดยไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติกับเมื่อใส่เสียงรบกวนดัง 60-70 dB SPL นั้น ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V แตกต่างกันไป เขาสรุปว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อยังไม่ใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติเป็นปฏิกิริยา เนื่องจากมีการข้ามของสัญญาณเสียงเพราะเสียงที่ใช้กระตุ้นมีความดังมากกว่าค่ากั้นเสียงข้ามฟาก ค่ากั้นเสียงข้ามฟากเฉลี่ยของการศึกษาของ Smyth คือ 50 dB ดังนั้นเมื่อใส่เสียงรบกวนเข้าไปจึงทำให้ปฏิกิริยานั้นเปลี่ยนแปลงไป

เหตุผลที่ผลการศึกษา Smyth(13) แตกต่างกับผลการศึกษาคั้งนี้ และการศึกษาของ Ozdamar กับ Stein (6) อาจเนื่องจาก

1. เกิดการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking) ดัง เช่นที่ Rosenhamer กับ Holmkvist(48) อธิบายไว้ในผลการศึกษาของเขา
2. จำนวนคนไข้ที่ใช้ศึกษา อาจมีผลทำให้ผลการศึกษาดูแตกต่างกันได้

นอกจากนั้นผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งในกลุ่มคนปกติและคนไข้ดัง แสดงในตารางที่ 3. และ 15. ยังแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างการใส่ เสี่ยงรบกวน กับเพศก็ไม่มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับผลการใส่ เสี่ยงรบกวนกับ เพศนี้เท่าที่ทราบยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ใดทำการศึกษาไว้

## 2. ผลต่อระยะเวลาระหว่างคลื่น

ระยะเวลาระหว่างคลื่น หมายถึงระยะเวลาการส่งผ่านสัญญาณของ เซลล์ประสาทจากบริเวณหนึ่งไปสู่อีกบริเวณหนึ่ง ระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III แสดงถึงการส่งผ่านสัญญาณบริเวณ "extraaxial และ pontomedullary" ของระบบประสาทการได้ยินส่วนระยะเวลาระหว่างคลื่น III- V แสดงถึงการ ส่งสัญญาณบริเวณส่วนบนของ pon (rostral pontine) และ midbrain(30) ในปัจจุบันได้มีการนำเอาค่าระยะเวลาระหว่างคลื่นมาใช้ช่วยในการวินิจฉัยโรค ที่เกี่ยวกับระบบประสาทกันอย่างกว้างขวาง

ตามคลินิกทั่วไปมักมีกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้เกี่ยวกับความผิดปกติของ ABR โดยอาศัยค่าระยะเวลาระหว่างคลื่น และค่าระยะเวลาการเกิดคลื่นเป็นหลัก ส่วนค่าอัตราส่วนความสูงคลื่น V:I และลักษณะรูปร่างของคลื่นมักถือว่ามีความ สำคัญรองลงมา(30) ค่าปกติของระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III และ III-V มีค่าประมาณ 2.0 มิลลิวินาที และค่าระยะเวลาระหว่างคลื่น I- V มีค่าประมาณ 4.0 มิลลิวินาที ผลการศึกษาของห้องทดลองหลายๆ แห่ง พบว่าค่าระยะ เวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดังประมาณ 60-70 dB SL มีค่าใกล้เคียงกัน (16)

ผลการศึกษาเกี่ยวกับเสียงรบกวนในหูตรงข้ามที่มีต่อระยะเวลาระ-  
หว่างคลื่นในคนปกติครั้งนี้พบว่า การใส่ เสี่ยงรบกวนในหูตรงข้ามไม่มีผลทำให้ค่า

ระยะเวลาระหว่างคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 8. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนและมีเสียงรบกวนเท่ากับ 2.63 มิลลิวินาที (ตารางที่ 9.) และผลการศึกษากลุ่มคนไข้ก็พบว่าการใส่เสียงรบกวนไม่มีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) เช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างคลื่นในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวน และมีเสียงรบกวนเท่ากับ 2.72 และ 2.71 มิลลิวินาทีตามลำดับ (ตารางที่ 20.)

การทบทวนงานวิจัยที่ผ่าน ๆ มาไม่พบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับผลของเสียงรบกวนต่อระยะเวลาระหว่างคลื่นส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาการเกิดคลื่นเท่านั้น (11,12,13,14,15,48,49) ผลการศึกษาของ Reid และ Thornton (12) พบว่าเสียงรบกวนไม่มีผลทำให้ระยะเวลาเกิดคลื่นทุกคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญไม่ว่าเสียงรบกวนดังเท่าใดก็ตาม ซึ่งย่อมหมายความว่าระยะเวลาระหว่างคลื่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ซึ่งเหตุผลก็เช่นเดียวกันกับที่เสียงรบกวนไม่ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงคือ

1. คุณสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างเสียงคลิก และเสียงรบกวนทำให้กลไกการทำงาน และเส้นทางเดินในสมองแตกต่างกัน (47)
2. ค่ากันเสียงข้ามฟากของเสียงรบกวนค่อนข้างสูง จึงทำให้เสียงรบกวน ที่อาจข้ามไปได้มีความดังไม่เพียงพอที่ทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลง (48)
3. การกระตุกของกล้ามเนื้อในหูชั้นกลาง (Stapedius Reflex) ที่อาจเกิดเนื่องจากการใส่เสียงรบกวนเข้าไป มีผลต่อความดังของเสียงคลิกน้อยมากจนไม่ทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นเปลี่ยนแปลงไป

แต่ Rosenhamer และ Holmkvist (48) พบว่าเมื่อเสียงรบกวนที่ใช้มีความดังมากๆ (80 dBHL ขึ้นไป) มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นเปลี่ยนแปลงโดยที่เมื่อเสียงรบกวนดัง 90 dBHL พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ III นานขึ้นประมาณ 0.05 มิลลิวินาที และระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ V นานขึ้นมากกว่า 0.05 มิลลิวินาที ในขณะที่เดียวกันไม่พบว่าระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการส่งเสียงรบกวนในหูตรงข้ามดังมากๆ อาจมีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่น I-III และ I-V นานขึ้นเล็กน้อย

น้อย สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนี้ Rosenhamer และ Holmkvist (48) ให้เหตุผลไว้ว่าอาจเนื่องมาจากการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking) เกิดขึ้น

การที่ผลการศึกษานี้ไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวนมีผลทำให้ระยะเวลาระหว่างคลื่นเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Rosenhamer และ Holmkvist (48) อาจจะเป็นเนื่องมาจากระดับความดังของเสียงรบกวนที่ใช้แตกต่างกันในการศึกษานี้ เสียงรบกวนที่ใช้มีความดังสูงสุดเพียง 70 dBHL เท่านั้นซึ่งหากเพิ่มความดังของเสียงรบกวนขึ้นดังเช่นการศึกษานี้ของ Rosenhamer และ Holmkvist (48) ก็อาจพบว่าการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาระหว่างคลื่น เนื่องจากผลของการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking) ก็ได้

### 3. ผลต่ออัตราส่วนความสูงของคลื่น

ความสูงของคลื่นเป็นค่าที่ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงง่ายจึงไม่นิยมนำมาใช้ในการแปลผลปัจจัยที่มีผลต่อความสูงของคลื่นมีหลายประการเช่น ระดับความดังของเสียงในห้อง (ambient noise) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle artifact) มีผลต่อความสูงของคลื่นเป็นอย่างมากนอกจากนั้นวิธีการทดสอบ (Recording Technique) การปรับเปลี่ยนช่วงความถี่ (filter settings) และการกระตุ้นหูข้างเดียวหรือกระตุ้นหูสองข้างพร้อมกันล้วนมีผลต่อความสูงของคลื่นทั้งสิ้น ดังนั้นจึงมีการนำเอาค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I มาใช้ในการแปลผลแทน (25, 30, 32) โดยทั่วไปแล้วพบว่าในคนปกติและคนไข้ที่มีการได้ยินผิดปกติเนื่องจากพยาธิสภาพในหูชั้นในมักมีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I มากกว่า 1.00 (14, 32) และในคนไข้ที่มีพยาธิสภาพหลังอวัยวะเกี่ยวพัน (retrocochlear lesions) มักพบค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I น้อยกว่า 1.00 (32) แต่อย่างไรก็ตาม Rowe (25) กล่าวเตือนไว้ว่า แม้อัตราส่วนความสูงของคลื่นเองก็เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากเช่นกัน

ผลการศึกษาในกลุ่มคนปกติครั้งนี้ (ตารางที่ 13.) พบว่าคนปกติร้อยละ 70.63 (113 หู) มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $\geq 1.00$ ) และคนปกติ ร้อยละ 29.37 (47 หู) มีค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I น้อยกว่า 1 ( $< 1.00$ ) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ (15, 32, 33, 34) เมื่อพิจารณาเรื่องอิทธิพลของเสียงรบกวนต่อความสูงของคลื่นใน ตารางที่ 13. พบว่าการใส่เสียงรบกวนไม่มีผลทำให้อัตราส่วน

ความสูงของคลื่นที่ V:I เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Chiappa และ คณะ (15) ซึ่งศึกษาคนปกติจำนวน 12 คน และไม่พบความเปลี่ยนแปลงในด้านความสูงของคลื่นเมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามด้วยความดังที่เท่ากับความดังของเสียงคลิกที่ใช้กระตุ้น นอกจากนั้นการศึกษานี้ก็สอดคล้องกับ Rosenhamer กับ Holmkvist (48) และการศึกษา Reid กับ Thornton (12) ซึ่งศึกษาในคนปกติโดยความดังของเสียงรบกวนที่ใช้มีหลายระดับ ก็ไม่พบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามมีผลทำให้ความสูงของคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกันไม่ว่าเสียงรบกวนมีความดังระดับใดก็ตาม ผลการศึกษาต่างๆ แสดงให้เห็นว่าการใส่เสียงรบกวนคงไม่มีผลต่อจำนวนของใยประสาทที่ตอบสนองต่อเสียงบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดของคลื่นต่างๆ ซึ่งเหตุผลอาจจะเนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างเสียงคลิก ซึ่งมีระยะเวลาการเกิดขึ้น (short-duration sound) และเสียง "white noise" ซึ่งมีระยะเวลาการเกิดนาน (longer-duration sound) จึงมีกลไกและเส้นทางเดินในระบบประสาทการได้ยินที่แตกต่างกัน (47)

ผลการศึกษาในกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวจากตารางที่ 23 พบว่าคนไข้ร้อยละ 81.11 (73 หู) มีค่าอัตราส่วนของคลื่น V:I มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ( $> 1.00$ ) และคนไข้ร้อยละ 18.89 (17 หู) มีค่าอัตราส่วนของคลื่น V:I น้อยกว่า 1 ( $< 1.00$ ) เมื่อพิจารณาถึงผลของเสียงรบกวนต่ออัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I จากตารางที่ 23. พบว่าการใส่เสียงรบกวนทำให้อัตราส่วนของคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากพบว่าเมื่อใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม (หูข้างที่มีการได้ยินปกติ) แล้วปรากฏว่าจำนวนหูที่มีค่าอัตราส่วนของคลื่น V : I น้อยกว่า 1.00 เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 6.67 (6 หู) เป็นร้อยละ 12.22 (11 หู)

ผลการศึกษาอิทธิพลของเสียงรบกวนต่ออัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V : I อาจกล่าวได้ว่าเสียงรบกวนไม่มีผลต่อจำนวนของใยประสาทที่ตอบสนองต่อเสียงบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดของคลื่นที่ I และ คลื่นที่ V ในคนปกติส่วนในคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวนั้นการที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความสูงของคลื่นอาจเนื่องมาจากเหตุผล 3 ประการ

ประการที่ 1. ความดังของเสียงสัญญาณที่ใช้คือ 90 dBHL ซึ่งความดังระดับนี้เหนือจากจุดเริ่มต้นการได้ยิน (Threshold) ของคนไข้ไม่มากนักคลื่นที่ปรากฏจึงไม่ค่อยชัดเจนโดยเฉพาะคลื่นที่ I ซึ่งมักมีรูปร่างที่ไม่ชัดเจนจึงอาจมีผลต่อการคำนวณหาความสูงของคลื่น

- ประการที่ 2. การทดสอบต้องใช้เวลาานกว่าคนปกติ (ประมาณ 2 ชม. หรือมากกว่า) จึงทำให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งอาจมีผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งซึ่งมีผลต่อความสูงของคลื่นได้ และเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสูงของคลื่นแปรปรวนได้ง่าย (25,30)
- ประการที่ 3. การขยับเปลี่ยนตำแหน่งที่ครอบหู (headphone) ก็พบได้บ่อยว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดังของสัญญาณเสียงได้ซึ่งจะมีผลต่อความสูงของคลื่นได้ (30)

จากผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนความสูงของคลื่น  $V : I$  มีค่าน้อยกว่า 1 ก็พบได้ทั้งในคนปกติ (15, 30, 33, 34) และคนไข้ที่มีพยาธิสภาพในหูชั้นใน (32) ดังนั้นการนำเอาค่าอัตราส่วนความสูงของคลื่นที่  $V : I$  เพียงค่าเดียวมาวินิจฉัยว่าเป็นความผิดปกติก็อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้จึงควรใช้ร่วมกับพารามิเตอร์อื่นๆ

#### 4. ผลต่อลักษณะรูปร่างของคลื่น

รูปร่างของคลื่นเป็นสิ่งที่ตัดสินด้วยสายตาของแต่ละบุคคลจึงถือว่าเป็น " subjective measure " Chiappa และคณะ(15) กล่าวว่าไม่ควรใช้รูปร่างของคลื่นเป็นเครื่องบ่งชี้แสดงถึงความผิดปกติ เขาพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวนมากกว่าครึ่งหนึ่งมีรูปร่างของคลื่นที่แตกต่างกันระหว่างหูสองข้าง และนอกจากนั้นรูปร่างของคลื่นยังมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนี้ก็ยังไม่ชัดเจนนัก Schwatz และ Berry (16) กล่าวว่า อายุ พยาธิสภาพ และวิธีการทดสอบอาจมีผลต่อรูปร่างของคลื่น และการที่รูปร่างของคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอาจแสดงถึงการมีพยาธิสภาพอย่าง "อ่อนๆ" (soft clinical signs) ของระบบประสาทการได้ยิน

ผลการศึกษาครั้งนี้ในคนปกติพบว่าการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามมีผลทำให้รูปร่างของคลื่นที่ IV-V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 14. ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Chiappa และคณะ(15) ซึ่งพบว่า การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามทำให้รูปร่างของคลื่นที่ IV-V เปลี่ยนไปเกินกว่าครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 55) ของกลุ่มตัวอย่าง และ Rosenhamer กับ Holmkvist (48) ก็พบว่ารูปร่างของคลื่นที่ IV-V ในคนปกติ 1 คน ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้าม

ส่วนการศึกษาในคนไข้ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน จากตารางที่ 24. แสดงให้เห็นว่าการใส่เสียงรบกวนมีผลทำให้รูปร่างของคลื่นที่ IV-V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ( $P < 0.05$ )

สำหรับเหตุผลที่รูปร่างของคลื่นที่ IV - V เปลี่ยนแปลงไปนั้น Rowe (25) อธิบายไว้ว่าอาจจะเนื่องจากขาดการควบคุมตัวแปรบางอย่าง หรืออาจแสดงถึงความผิดปกติของระบบประสาทการได้ยินก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามก่อนที่จะตัดสินใจว่าใครควรจะต้องการศึกษามากกว่านี้ ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ เช่นวิธีการทดสอบ การใช้ยาประเภทกล่อมประสาทเพื่อทำให้กล้ามเนื้อมีการคลายตัวรวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างพยาธิสภาพต่างๆ กับผลการทดสอบ ABR ด้วย และในการศึกษาครั้งนี้ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมา คือเสียงรบกวนรวมทั้งระยะเวลาในการทดสอบที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจมีผลต่อรูปร่างของคลื่น IV-V ได้ ดังนั้นเนื่องจากรูปร่างของคลื่นมีความแปรปรวนได้ง่ายจึงไม่ควรใช้รูปร่างของคลื่นเป็นเครื่องตัดสินความผิดปกติแต่เพียงอย่างเดียวการแปลผล ABR จึงควรพิจารณาสิ่งอื่นๆ เช่น ระยะเวลาการเกิดคลื่นระยะเวลาห่างระหว่างคลื่นและความสูงของคลื่นร่วมไปด้วยทุกครั้ง

การศึกษاثิพผลของเสียงรบกวนในหูตรงข้ามเมื่อทำการทดสอบ ABR ครั้งนี้เป็นการศึกษาในคนปกติจำนวน 40 คน และคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมระดับ 46-75 dB ข้างเดียวจำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือ เครื่อง The Hortmann Brainstem Evoked Unit (SH21) เสียงที่ใช้กระตุ้นเสียง "คลิก" ที่มีช่องความถี่ 1.-35 kHz อัตราเร็ว 20 คลิก/วินาที เสียงรบกวนที่ใช้คือเสียง "white noise" ที่มีช่วงความถี่ 4 kHz ความดังของเสียงคลิกที่ใช้ทดสอบ 90, 70, 50 dBHL และความดังของเสียงรบกวนต่ำกว่าความดังของเสียงคลิก 20 dB โดยอัตโนมัติผลการศึกษาพบว่า

1. การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามของคนปกติไม่มีผลทำให้ระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ I, III และ V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกระดับความดัง
2. การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามของคนปกติไม่มีผลทำให้ระยะเวลาระหว่าง คลื่น I-III, III-V และ I-V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกระดับความดัง

3. การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามของคนปกติไม่มีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่น V:I เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การใส่เสียงรบกวนในหูตรงข้ามของคนปกติมีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ IV-V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติของคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวไม่มีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ I, III และ V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. การใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติของคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวไม่มีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. การใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติของคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวมีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่นที่ V:I เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8. การใส่เสียงรบกวนในหูข้างที่ปกติของคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวมีผลทำให้อัตราส่วนความสูงของคลื่น IV:V เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

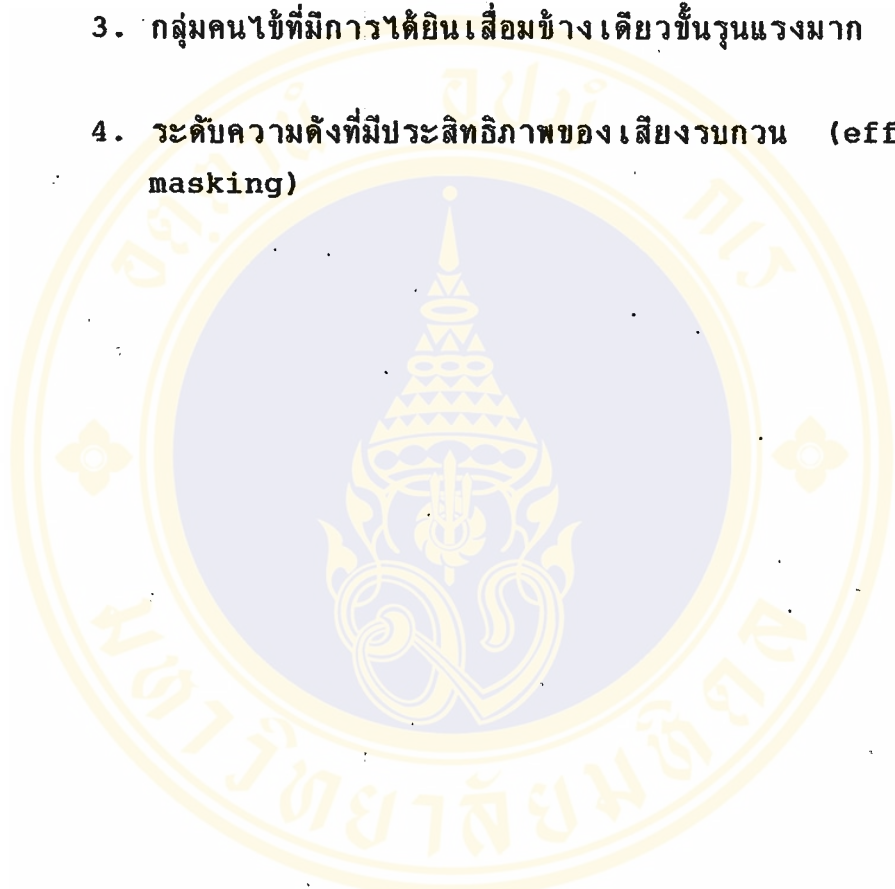
จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า

1. การทดสอบ ABR ในคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียวระดับ 46-75 dBHL ไม่จำเป็นต้องใส่เสียงรบกวนในหูด้านตรงข้าม
2. เสียงรบกวนชนิดช่วงความถี่กว้าง (broad-band noise) ที่ใส่ในหูตรงข้ามที่ความดัง 70dBHL ไม่มีการ cross-over และไม่มีผลทำให้เกิดการรบกวนในระบบประสาทส่วนกลาง (central masking)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเกี่ยวกับเสียงรบกวนต่อ ABR ในครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมเนื่องจากประสาทหูพิการข้างเดียวเท่านั้น หากมีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับผลของเสียงรบกวนต่อไป อาจศึกษาในลักษณะต่างๆ เช่น

1. ศึกษาในกลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว เนื่องจากพยาธิ-  
สภาพในหูชั้นกลาง
2. กลุ่มเด็กที่มีความพิการแต่กำเนิด เช่นมีช่องหูตีบตัน
3. กลุ่มคนไข้ที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียวขั้นรุนแรงมาก
4. ระดับความดังที่มีประสิทธิภาพของเสียงรบกวน (effective  
masking)



บรรณานุกรม

1. Sohmer H, Feinmesser M. Cochlear action potentials recorded from The external ear in man. Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology 1967; 76: 427-435.
2. Jewett DL, Romano MN, Williston JS. Human auditory evoked potentials : possible brainstem components detected on the scalp. Science 1970; 167: 1517-1518.
3. Picton TW, Smith AD, The practice of evoked potential audiometry. Otolaryngol Clin North Am 1978; 11: 263-282.
4. Galambos R, Hecox KE. Clinical applications of the auditory brainstem response. Otolaryngol clin North Am 1978; 11: 709-722.
5. Jacobson JT. An Overview of the brainstem response. In: The Auditory brainstem response. Edited by Jacobson JT. College Hill Press, California, 1985: 9.
6. Ozdamar O, Stein L. Auditory brainstem response (ABR) in unilateral hearing loss. Laryngoscope 1981; 91: 565-574.
7. Starr A, Achor J. Auditory brainstem responses in neurological disease. Arch. Neurol 1975; 32: 761-768.
8. Jewett DL. Volume-conducted potentials in response to auditory stimuli as detected by averaging in the cat. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1970; 28: 609-618.
9. Moller AR, Janetta PJ. Neural generators of the auditory brainstem response. In: The Auditory brainstem response edited by Jacobson JT. California: College-Hill Press, 1985: 13-31.

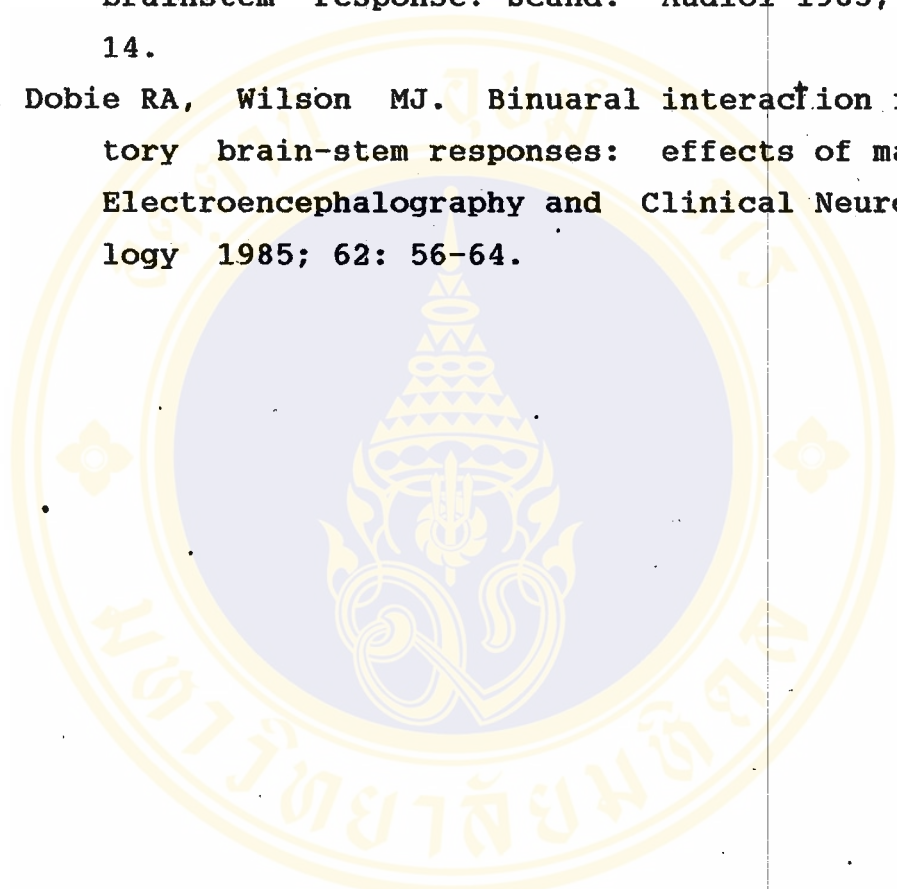
10. Studebaker GA. Clinical masking of the nontest ear. *Journal of speech and Hearing Disorders* 1967; 32: 360-371.
11. Humes LE, Ochs MG. Use of contralateral masking in the measurement of the auditory brainstem response. *Journal of Speech and Hearing Research* 1982; 25: 528-535.
12. Reid A, Thornton ARD. The effects of contralateral masking upon brainstem electric responses. *British Journal of Audiology* 1983; 17: 155-162.
13. Smyth V. On the effect of cross-hearing and clinical masking on the auditory brain-stem evoked response. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1985; 61: 26-29.
14. Finitzo-Hieber T, Hecox K, Cone B. Brainstem auditory evoked potentials in patients with congenital atresia. *Laryngoscope* 1979; 89: 1151-1158.
15. Chiappa KH, Gladstone KJ, Young RR. Brainstem auditory evoked responses; Studies of waveform variations in 50 normal human subjects. *Archives of Neurology* 1979; 36: 81-87.
16. Schwartz DM. Berry GA. Normative aspects of the ABR In: *The auditory brainstem response*. Edited by Jacobson JT. California: Collage-Hill Press, 1985: 65-97.
17. Deutsch LJ, Richards AM. *Elementary Hearing Science*. Baltimore: University Park Press, 1979: 151.
18. Gorga MP, Abbas PJ, Worthington DW. Stimulus Calibration in ABR measurements In *The auditory brainstem response*. Edited by Jacobson JT. California: College-Hill Press, 1985: 49-62.
19. Pratt H, Ben-Yitzhak E, Attias J. Auditory Brainstem potentials evoked by clicks in notch-fitted masking noise: Audiological relevance. *Audiology* 1984; 23: 380-387.

20. Davis H, Davis PA, Loomis AL, Harvey EN, Hobart G. Electrical reactions of the human brain to auditory stimulation during sleep. *Journal of Neurophysiology* 1939; 2: 500-514.
21. Jewett DL, Williston JS. Auditory evoked far-field averaged from the scalp of human. *Brain* 1971; 94: 681-696.
22. Jacobson JT, Hyde ML. An Introduction to Auditory Evoked Potentials, In: *Handbook of Clinical Audiology*. Third Edition. Edited by Katz J. Williams & Wilkins, Baltimore, 1985: 496-533.
23. Buchwald JS, Huang CH. Far-field acoustic response : Origins in the cat. *Science* 1975; 189: 382-384.
24. Starr A, Achor LJ. Mapping The generators of the brainstem potentials. Paper read at the fifth symposium of the international ERA study group, Jerusalem.
25. Rowe MJ. The brainstem auditory evoked response in neurological disease: A review. *Ear and Hearing* 1981; 2: 41-51.
26. Stockard JJ, Rossiter VS. Clinical and pathologic correlates of brainstem auditory response abnormalities. *Neurology* 1977, 27: 316-325.
27. Giroux A, Pratt L. Brainstem evoked response audiometry. *Otol Rhinol Laryngol* 1983; 92: 183-186.
28. Møller MB, Møller AR. Auditory brainstem evoked responses (ABR) in diagnosis of eighth nerve and brainstem lesions. In: *Assessment of central auditory dysfunction: foundations and clinical correlates*. Edited by M.L. Pinheiro & F.E. Musick: Baltimore, Williams & Wilkins 1985; 43-65.

29. Fabiani M, Sohmer H, Tait C, Garni M, Kinarti r. A function measure of brain activity: Brain stem transmission time. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1979; 47: 483-491.
30. Stockard JJ, Stockard JE, Sharbrough FW. Nonpathologic factors influencing brainstem auditory evoked potentials. *Am J. EEG Technol* 1978; 18: 177-209.
31. Rowe MJ. Normal variability of the brainstem auditory evoked responses in young and old adults subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1978; 44: 459-470
32. Musiek FE, Kibbe K, Rackliffe L, Weider D. The auditory brain stem response I - V amplitude ratio in normal, cochlear and retrocochlear ears. *Ear and Hearing* 1984; 5: 52-55.
33. Phadhana-anek M. Auditory brainstem response (ABR): A normative study in Thai normal hearing adults. M.A. Thesis in Communication disorders. Faculty of Graduate studies, Mahidol University, 1988: 1-118.
34. Lohmaneeratana U. Auditory brainstem responses (ABR) in normal hearing children: A normative study. M.A. Thesis in communication disorders. Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, 1989: 1-113.
35. Kaga K, Tanala Y. Auditory brainstem response and behavioral audiometry. *Arch. Otolaryngol* 1980; 106: 564-566.
36. Jerger J, Hall J. Effects of age and sex on auditory brainstem response. *Arch. Otolaryngol* 1980; 106: 387-391.
37. Gorga MP, Kaminski JR, Beauchaine KL, Jesteadt W, Neely ST. Auditory Brainstem responses from children three months to three years of age: Copyright by Mahidol University

- normal patterns of response II. *Journal of Speech and Hearing Research* 1989; 32: 281-288
38. Gorga MP, Reiland JK, Beauchaine KA, Worthington DW, Jesteadt W. Auditory brainstem responses from graduates of an intensive care nursery: Normal patterns of response. *Journal of Speech and Hearing Research* 1987; 30: 311-318.
39. Beagley HA, Sheldrake JB. Differences in Brainstem response latency with age and sex. *British Journal of Audiology* 1978; 12: 69-77.
40. Thomsen J, Terkildsen K, Osterhammel P. Auditory brainstem response in patients with acoustic neuroma. *Scandinavian Audiology* 1978; 7: 179-183
41. Aoyagi M, Kim Y, Yokoyama J, Kiren T, Suzuki Y, Koike Y. Head size as a basis of gender difference in the latency of the brainstem auditory-evoked response. *Audiology* 1990; 29: 107-112.
42. Picton TW, Hillyard SA, Krauz HI, Galambos R. Human auditory evoked potentials I. Evaluation of components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1974; 36: 179-190.
43. Beattie RC, Beguwala FE, Mills D7, Boyd RL. Latency and amplitude effects of electrode placement on the early evoked response. *J Speech Hear Disord* 1986; 51: 63-70.
44. Stockard JJ, Rossiter VS, Wiederholt WC, Kobayashi RM. Brain stem auditory-evoked responses in suspected central pontine myelinolysis. *Arch. Neurol* 1976; 33: 726-728.
45. Gilroy J, Lynn GE, Ristow GE, Pellerin RJ. Auditory evoked brain stem potentials in a case of "locked-in" syndrome. *Arch. Neurol* 1977; 34: 492-495
46. Robinson K, Rudge P. Abnormalities of the auditory evoked potential in patients with multiple

- sclerosis. Brain 1977; 100: 19-40.
47. Gersuni GV. Sensory Processes at The neuronal and behavioral levels. Academe Press, Newyork 1971
48. Rosenhamer H, HolmKvist C. Will contralateral white noise interfere with the monarally click-evoked brainstem response? Scand. Audiol 1983; 12: 11-14.
49. Dobie RA, Wilson MJ. Binuaral interaction in auditory brain-stem responses: effects of maksking. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 1985; 62: 56-64.



## ภาคผนวก

ตารางที่ 25. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศชายที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ในภาวะไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ข.1	1.8	3.6	5.7	1.9	3.9	5.5	1.9	4.8	6.9
	1.6	3.7	5.7	1.9	3.9	6.0	1.9	4.6	6.6
ข.2	2.0	4.0	5.7	2.0	4.1	5.7	2.0	4.5	6.3
	1.9	3.9	5.6	2.2	3.8	5.9	2.4	4.4	6.5
ข.3	1.8	3.8	5.3	2.0	4.0	5.5	2.0	4.3	6.1
	1.9	4.0	5.5	2.3	4.3	5.7	2.5	4.5	6.4
ข.4	1.9	3.9	5.7	1.9	4.2	5.8	1.8	4.4	6.2
	1.8	3.9	5.6	1.8	4.3	5.9	1.8	4.8	6.4
ข.5	1.3	3.2	5.3	1.5	3.5	5.4	1.9	3.6	5.9
	1.3	3.2	5.3	1.5	3.4	5.5	1.9	4.0	5.9
ข.6	1.7	3.5	5.3	1.8	3.8	5.8	1.8	4.2	6.5
	1.8	3.4	5.3	1.8	3.8	5.6	1.8	4.0	6.2
ข.7	1.8	3.9	5.8	2.0	4.0	5.9	1.9	4.3	6.4
	1.8	3.9	5.5	1.8	4.0	5.5	1.8	4.2	6.4
ข.8	1.7	3.3	5.0	1.8	3.6	5.3	1.8	4.2	5.9
	1.4	3.4	5.0	1.7	3.5	5.3	1.7	4.2	5.7
ข.9	1.8	4.0	5.9	2.1	4.1	6.0	2.3	4.6	6.6
	1.8	4.1	5.7	1.8	4.2	6.1	2.5	4.6	6.5
ข.10	1.7	3.9	5.6	1.7	4.0	5.8	1.8	4.1	6.3
	1.8	3.6	5.3	1.8	4.0	6.0	1.8	4.6	6.2
ข.11	1.3	3.2	5.0	1.7	3.4	5.2	1.8	3.9	5.8
	1.3	3.2	4.8	1.6	3.3	4.9	1.8	3.8	5.5
ข.12	1.9	4.0	5.8	2.3	4.4	6.4	2.6	5.0	7.2
	1.8	3.9	5.7	2.0	4.3	6.0	2.5	4.7	6.5

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ช.13	1.9	4.2	5.8	2.0	4.3	6.2	2.3	5.4	6.8
	1.8	4.2	5.9	1.9	4.3	6.2	2.1	5.4	6.9
ช.14	1.8	4.3	6.1	2.2	4.5	6.4	2.3	5.1	6.8
	1.8	4.1	6.0	1.9	4.4	6.3	2.4	4.7	6.5
ช.15	1.9	3.6	5.3	2.3	4.3	6.0	2.7	4.5	6.4
	2.2	4.2	6.1	1.9	4.4	6.3	2.5	5.4	7.1
ช.16	1.8	3.8	5.7	1.9	3.9	5.7	2.0	4.5	6.3
	1.7	3.7	5.9	1.8	3.8	6.0	2.3	4.3	6.5
ช.17	1.6	3.2	4.8	1.7	3.7	5.4	1.8	4.0	5.7
	1.7	3.3	5.2	1.7	3.8	5.5	1.8	4.0	5.8
ช.18	1.8	3.9	5.8	1.8	4.2	5.9	1.8	4.6	6.5
	1.7	3.6	5.5	1.7	3.8	5.7	1.8	4.0	6.4
ช.19	1.6	3.2	4.9	1.7	3.5	5.5	1.8	4.0	6.0
	1.4	3.3	5.0	1.7	3.5	5.5	1.8	3.9	5.8
ช.20	1.8	3.7	5.8	1.9	4.2	6.4	1.9	4.8	6.9
	1.7	3.8	6.0	1.9	4.0	6.2	1.9	4.6	7.0

ตารางที่ 26. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศชายที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ในภาวะมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ช.1	1.8	3.6	5.7	1.9	4.1	6.3	1.9	4.8	7.2
	1.7	3.6	5.8	1.7	4.0	6.0	1.8	4.3	6.9
ช.2	1.9	3.9	5.6	1.8	4.0	5.8	2.0	5.2	6.6
	1.7	3.9	5.7	2.1	3.9	5.8	2.8	4.6	6.5
ช.3	1.8	3.8	5.2	2.0	4.0	5.4	2.0	4.3	5.9
	1.9	4.0	5.4	2.4	4.3	5.7	2.5	4.7	6.4
ช.4	1.8	3.9	5.7	1.9	4.2	5.8	1.9	4.7	6.4
	1.8	4.0	5.5	1.8	4.2	5.9	1.8	4.7	6.5
ช.5	1.3	3.2	5.4	1.7	3.5	5.6	2.0	4.2	6.0
	1.4	3.2	5.3	1.7	3.7	5.4	2.0	4.0	6.0
ช.6	1.8	3.5	5.4	1.9	4.0	5.9	1.9	4.4	6.3
	1.7	3.4	5.4	1.8	3.7	5.6	1.8	4.0	6.1
ช.7	1.8	3.8	5.6	2.0	4.0	5.9	1.9	4.5	6.4
	1.8	3.8	5.6	1.9	4.0	5.6	1.8	4.3	6.4
ช.8	1.7	3.3	4.8	1.8	3.6	5.4	1.8	4.2	6.2
	1.3	3.4	4.9	1.7	3.6	5.4	1.8	4.0	5.5
ช.9	1.7	4.0	6.1	2.1	4.1	6.1	2.5	4.4	6.6
	1.9	4.0	5.9	1.9	4.2	6.2	2.5	4.7	6.3
ช.10	1.8	3.7	5.6	1.9	4.1	5.8	1.8	4.4	6.3
	1.8	3.8	5.5	1.7	4.0	5.8	1.9	4.3	6.8
ช.11	1.4	3.2	5.1	1.6	3.4	5.3	1.8	4.0	5.4
	1.3	3.2	4.8	1.6	3.4	5.1	1.8	3.8	5.5
ช.12	1.9	4.0	6.0	2.2	4.2	6.0	2.8	5.0	7.0
	1.8	4.0	5.6	2.0	4.3	6.0	2.5	4.8	6.5
ช.13	2.0	4.3	5.6	2.2	4.4	6.2	2.6	5.2	6.7
	1.8	4.0	5.7	2.0	4.5	6.4	1.9	5.2	6.8

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ช.14	1.8	4.2	6.1	2.2	4.6	6.4	1.9	5.2	7.0
	1.7	4.0	6.0	1.9	4.6	6.0	2.0	4.4	6.6
ช.15	1.9	3.5	5.2	2.1	4.4	6.2	2.7	4.7	6.5
	2.0	4.2	6.1	2.1	4.4	6.2	2.0	5.0	6.9
ช.16	1.8	3.8	5.7	1.9	4.0	5.9	2.0	4.5	6.5
	1.7	3.7	5.9	1.8	3.8	5.9	1.9	3.8	6.4
ช.17	1.6	3.2	5.0	1.7	3.6	5.4	1.7	4.0	6.3
	1.7	3.3	5.0	1.7	3.6	5.3	1.8	3.9	5.8
ช.18	1.8	3.9	5.8	2.0	4.2	6.0	1.9	4.6	6.3
	1.7	3.5	5.4	1.7	4.0	5.7	1.8	4.6	6.3
ช.19	1.5	3.3	4.9	1.6	3.4	5.5	1.7	4.0	5.8
	1.5	3.5	4.9	1.8	3.6	5.3	1.9	4.1	5.9
ช.20	1.8	4.0	6.0	2.0	4.6	6.5	1.9	4.8	7.2
	1.7	3.9	5.7	1.8	4.1	6.0	1.9	4.8	7.0

ตารางที่ 27. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศหญิงที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ในภาวะไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ญ.1	1.6	3.6	5.4	1.8	3.8	5.4	2.7	5.0	6.6
	1.7	3.5	5.4	2.0	4.0	5.9	2.3	4.3	6.4
ญ.2	1.8	3.9	5.5	1.8	3.9	5.5	1.9	4.5	6.2
	1.7	3.9	5.8	1.7	4.0	5.8	2.2	4.5	6.5
ญ.3	1.8	3.9	5.7	1.8	4.1	5.9	2.3	4.5	6.4
	1.7	3.9	5.7	1.8	4.0	5.8	2.4	4.5	6.3
ญ.4	1.8	4.1	5.8	1.8	4.0	6.2	2.7	5.7	7.1
	1.8	3.8	5.5	2.1	4.0	5.9	2.3	4.3	6.2
ญ.5	1.8	3.8	5.5	2.0	4.0	5.7	2.0	4.6	6.3
	1.8	3.7	5.5	1.9	3.8	5.7	2.0	4.6	6.4
ญ.6	1.7	3.7	5.5	1.7	3.7	5.6	1.8	4.5	6.1
	1.7	3.4	5.3	1.7	3.8	5.7	1.8	4.6	6.3
ญ.7	1.7	3.9	5.4	1.9	4.0	5.5	1.9	4.4	5.9
	1.7	3.8	5.4	1.9	3.9	5.5	2.3	4.3	6.0
ญ.8	1.7	3.5	5.2	1.8	3.7	5.6	1.8	4.7	6.3
	1.7	3.5	4.8	1.8	3.8	5.6	1.8	4.2	6.3
ญ.9	1.9	4.0	6.0	1.9	4.1	6.0	1.7	4.3	6.6
	1.9	4.0	5.8	2.0	4.1	5.8	2.3	4.8	6.4
ญ.10	1.8	3.6	5.3	1.9	3.7	5.6	2.0	4.4	6.2
	1.7	3.6	5.4	1.8	3.7	5.5	2.3	4.3	6.1
ญ.11	1.8	3.8	5.6	1.8	4.1	5.7	1.7	4.4	6.2
	1.9	3.9	5.5	2.0	4.0	5.7	1.8	4.5	6.4
ญ.12	1.8	3.2	5.0	1.8	3.6	5.4	1.8	3.9	5.7
	1.8	3.2	4.8	1.8	3.6	5.4	1.8	4.0	6.2
ญ.13	2.0	4.0	6.0	2.4	4.4	6.3	2.4	5.2	6.8
	1.9	4.2	6.0	2.3	4.4	6.0	2.3	5.2	6.8

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ญ.14	1.8	3.5	5.2	1.8	3.9	5.6	1.8	4.7	6.3
	1.6	3.6	5.2	1.8	4.0	5.6	1.9	4.7	6.3
ญ.15	1.7	3.6	5.0	1.8	3.7	5.7	1.9	3.8	6.2
	1.6	3.5	4.9	1.9	3.7	5.3	1.9	3.9	5.8
ญ.16	1.4	.2	5.0	1.7	3.6	5.4	1.8	3.9	5.7
	1.5	3.2	5.1	1.8	3.6	5.4	1.8	4.0	5.7
ญ.17	1.8	3.2	5.1	1.7	3.3	5.2	1.8	3.8	5.6
	1.8	3.1	5.0	1.8	3.3	5.3	1.8	4.0	5.8
ญ.18	1.6	3.7	5.6	1.7	4.0	5.6	2.3	4.6	6.2
	1.8	3.3	5.4	1.8	3.7	5.5	1.9	4.0	6.3
ญ.19	1.6	3.3	5.0	1.7	3.7	5.4	1.8	4.2	6.2
	1.7	3.5	5.1	1.8	3.8	5.5	1.8	4.5	6.3
ญ.20	1.7	3.4	5.0	1.8	3.5	5.4	1.8	4.0	5.9
	1.4	3.4	5.1	1.7	3.5	5.4	1.8	4.1	6.0

ตารางที่ 28. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นของคนปกติเพศหญิงที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ในภาวะมีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ญ.1	1.6	3.6	5.4	2.3	3.9	5.4	2.6	4.8	6.4
	1.7	3.6	5.3	1.9	3.9	5.7	1.9	3.8	6.2
ญ.2	1.7	3.9	5.2	1.8	3.9	5.5	1.9	4.5	6.2
	1.7	4.0	5.6	1.9	4.1	5.9	2.5	4.5	6.4
ญ.3	1.7	3.9	5.9	2.2	4.2	6.1	2.3	4.4	6.3
	1.7	3.9	5.7	1.8	4.0	6.1	2.4	4.7	6.4
ญ.4	1.8	4.1	5.8	1.8	4.4	6.2	2.4	5.6	7.0
	1.8	3.8	5.6	1.9	4.0	5.8	2.4	4.4	6.2
ญ.5	1.8	3.9	5.6	2.0	3.9	5.6	2.0	4.4	6.3
	1.8	3.8	5.7	1.9	3.9	5.8	2.0	4.5	6.4
ญ.6	1.8	3.7	5.6	1.8	3.7	5.6	1.8	4.7	6.3
	1.7	3.7	5.7	1.7	3.8	5.7	1.7	4.7	6.3
ญ.7	1.6	3.8	5.5	1.9	4.0	5.6	1.8	4.4	5.9
	1.7	3.9	5.3	1.7	3.9	5.6	2.3	4.2	6.1
ญ.8	1.6	3.4	4.7	1.9	3.7	5.5	1.7	4.4	6.1
	1.7	3.7	5.1	1.8	3.7	5.4	1.8	4.0	6.0
ญ.9	1.9	4.1	5.8	1.8	4.1	6.0	1.8	4.6	6.5
	1.8	3.9	5.9	2.0	4.1	6.0	2.2	4.2	6.6
ญ.10	1.7	3.5	5.4	1.9	3.8	5.5	1.9	4.4	6.2
	1.8	3.7	5.3	2.0	3.7	5.5	1.9	4.2	6.0
ญ.11	1.9	3.9	5.5	2.0	4.1	5.7	1.8	4.4	6.2
	1.8	3.8	5.6	2.0	4.0	5.7	1.8	4.5	6.4
ญ.12	1.7	3.2	5.0	1.8	3.6	5.3	1.8	4.2	5.7
	1.7	3.2	4.7	1.8	3.7	5.4	1.8	3.9	6.2
ญ.13	2.0	4.0	5.9	2.4	4.5	6.2	2.4	5.2	6.6
	2.0	4.0	6.0	2.3	4.3	6.0	2.3	5.2	6.6

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I	III	V	I	III	V	I	III	V
ฅ.14	1.8	3.5	5.2	1.8	3.9	5.6	1.9	4.8	6.3
	1.7	3.5	5.3	1.9	4.0	5.7	1.9	4.6	6.4
ฅ.15	1.7	3.6	5.0	1.8	4.0	5.6	2.0	4.0	6.2
	1.5	3.5	5.0	1.9	3.6	5.5	1.8	4.0	5.8
ฅ.16	1.5	3.3	5.0	1.8	3.6	5.4	1.9	3.9	5.9
	1.5	3.2	5.0	1.8	3.6	5.3	1.8	4.0	5.5
ฅ.17	1.8	3.2	4.9	1.7	3.2	5.2	1.7	3.6	5.6
	1.8	3.2	5.1	1.7	3.3	5.5	1.9	4.0	5.8
ฅ.18	1.7	3.6	5.5	1.8	3.9	5.8	1.8	4.6	6.3
	1.8	3.3	5.4	1.9	3.7	5.5	1.9	4.0	6.3
ฅ.19	1.6	3.4	4.9	1.9	3.6	5.4	1.8	4.1	6.3
	1.7	3.5	5.1	1.8	3.8	5.6	1.9	4.5	6.3
ฅ.20	1.6	3.4	5.1	1.7	3.6	5.6	1.8	4.0	6.1
	1.4	3.3	5.1	1.8	3.5	5.4	1.8	4.3	5.8

ตารางที่ 29. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชายที่มีการได้ยินเสื่อมข้างเดียว ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)		
	Wave I	Wave III	Wave V
ป.1	1.7	4.7	6.2
ป.2	1.8	3.9	5.5
ป.3	2.2	4.3	6.1
ป.4	1.6	3.9	6.2
ป.5	1.8	3.8	5.1
ป.6	2.1	4.3	6.3
ป.7	1.9	4.7	6.3
ป.8	1.9	4.2	6.3
ป.9	1.6	4.1	6.2
ป.10	1.9	3.9	6.1
ป.11	1.8	4.6	6.4
ป.12	2.0	4.2	6.5
ป.13	1.9	4.2	6.1
ป.14	1.7	3.9	5.6
ป.15	1.8	4.7	6.4
ป.16	1.8	4.0	5.8
ป.17	1.8	4.0	6.1
ป.18	2.2	4.6	6.8
ป.19	2.1	4.3	5.9
ป.20	2.2	4.1	6.3

ตารางที่ 30. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชายที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)		
	Wave I	Wave III	Wave V
ป.1	1.8	4.7	6.3
ป.2	1.8	3.9	5.5
ป.3	2.3	4.4	6.0
ป.4	1.9	3.9	6.2
ป.5	1.7	4.0	5.5
ป.6	2.0	4.2	6.1
ป.7	2.2	4.8	6.4
ป.8	2.0	4.3	6.4
ป.9	1.6	3.8	6.1
ป.10	1.9	3.8	5.9
ป.11	1.8	4.5	6.4
ป.12	1.9	4.4	6.3
ป.13	2.1	4.4	6.3
ป.14	1.6	4.2	5.5
ป.15	1.8	4.7	6.3
ป.16	2.0	4.2	5.9
ป.17	2.0	4.1	6.1
ป.18	2.3	4.7	6.8
ป.19	2.2	4.3	6.0
ป.20	2.3	4.1	6.3

ตารางที่ 31. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิงที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลลิวินาที)		
	Wave I	Wave III	Wave V
จ.1	2.0	4.3	6.1
จ.2	2.3	4.0	6.2
จ.3	2.3	4.3	5.9
จ.4	2.3	4.3	6.2
จ.5	2.2	4.2	5.8
จ.6	2.0	4.2	6.2
จ.7	2.0	4.1	5.7
จ.8	1.6	3.8	5.5
จ.9	1.7	3.5	5.4
จ.10	1.9	3.9	6.6
จ.11	1.9	3.8	6.1
จ.12	1.7	3.8	6.0
จ.13	1.9	3.9	5.6
จ.14	1.6	4.0	5.6
จ.15	1.8	4.1	6.1
จ.16	2.5	4.5	6.3
จ.17	2.1	4.4	6.3
จ.18	1.8	3.7	5.6
จ.19	1.8	4.3	6.0
จ.20	2.0	4.0	5.8
จ.21	1.8	4.1	6.1
จ.22	1.8	3.9	5.5
จ.23	2.2	3.9	5.5
จ.24	1.8	3.7	5.6
จ.25	1.8	4.1	5.7

ตารางที่ 32. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาการเกิดคลื่นที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิงที่มีการได้ยินเสื่อมในหูข้างเดียว ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาการเกิดคลื่น (มิลิวินาที)		
	Wave I	Wave III	Wave V
จ.1	2.3	4.4	6.1
จ.2	2.0	4.3	6.4
จ.3	2.2	4.2	6.0
จ.4	1.9	4.0	6.2
จ.5	2.2	4.1	5.7
จ.6	1.9	4.2	6.1
จ.7	1.7	4.1	5.7
จ.8	1.6	3.8	5.6
จ.9	1.8	3.8	5.6
จ.10	2.2	5.1	6.7
จ.11	1.9	3.8	6.1
จ.12	1.7	3.8	6.1
จ.13	2.0	3.9	5.6
จ.14	1.7	4.0	5.8
จ.15	1.9	4.2	5.9
จ.16	2.5	4.6	6.3
จ.17	1.9	4.3	6.3
จ.18	1.7	3.8	5.9
จ.19	1.8	4.3	6.0
จ.20	1.8	4.0	6.0
จ.21	1.8	4.1	6.2
จ.22	2.0	4.0	5.5
จ.23	2.3	4.3	5.8
จ.24	1.9	3.9	5.6
จ.25	2.1	4.2	5.9

ตารางที่ 33. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาห่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ของคนปกติเพศชาย ในภาวะไม่มีเสียงรบกวน ในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาห่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ช.1	1.8	2.1	3.9	2.0	1.6	3.4	2.9	2.1	5.0
	2.1	2.0	4.1	2.0	2.1	4.1	2.7	2.0	4.7
ช.2	2.0	1.7	3.7	2.1	1.6	3.7	2.5	1.8	4.3
	2.0	1.7	3.7	1.6	2.1	2.7	2.0	2.1	4.1
ช.3	2.0	1.5	3.5	2.0	1.5	3.5	2.3	1.8	4.1
	2.1	1.5	3.6	2.0	1.4	3.4	2.0	1.9	3.9
ช.4	2.0	1.8	3.8	2.3	1.6	3.9	2.6	1.8	4.5
	2.1	1.7	3.8	2.5	1.6	4.1	3.0	1.6	4.6
ช.5	1.9	1.9	3.8	2.0	1.9	3.9	1.7	2.3	4.0
	1.9	2.1	4.0	1.9	2.1	4.0	2.1	1.9	4.0
ช.6	1.8	1.8	3.6	2.0	2.0	4.0	2.4	2.3	4.7
	1.6	1.9	3.5	2.0	1.8	3.8	2.3	2.2	4.4
ช.7	2.1	1.9	4.0	2.0	1.9	3.9	2.4	2.1	4.5
	2.1	1.6	3.7	2.2	1.5	3.7	2.4	2.2	4.6
ช.8	1.6	1.7	3.3	1.8	1.7	3.5	2.4	1.7	4.1
	2.0	1.6	3.6	1.8	1.8	3.6	2.5	1.5	4.0
ช.9	2.2	1.9	4.1	2.0	1.9	3.9	2.3	2.0	4.3
	2.3	1.6	3.9	2.4	1.9	4.3	2.1	1.9	4.0
ช.10	2.2	1.7	3.9	2.3	1.8	4.1	2.3	2.2	4.5
	1.8	1.7	3.5	2.2	2.0	4.2	2.8	1.6	4.4
ช.11	1.9	1.8	3.7	1.7	1.8	3.5	2.1	1.9	4.0
	1.9	1.6	3.5	1.7	1.6	3.5	2.0	1.7	3.7
ช.12	2.1	1.8	3.9	1.9	2.0	3.9	2.4	2.2	4.6
	2.1	1.8	3.9	2.3	1.7	4.0	2.2	1.8	4.0
ช.13	2.3	1.6	3.9	2.3	1.9	4.2	3.1	1.4	4.5
	2.4	1.7	4.1	2.4	1.9	4.3	3.3	1.5	4.8

ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ช.14	2.5	1.8	4.3	2.3	1.9	4.3	2.8	1.9	4.7
	2.3	1.9	4.2	2.5	1.9	4.4	2.3	1.8	4.1
ช.15	1.7	1.7	3.4	2.0	1.7	3.7	1.8	1.9	3.7
	2.0	1.9	3.9	2.5	1.9	4.4	2.9	1.7	4.6
ช.16	2.0	1.9	3.9	2.0	1.8	3.8	2.5	1.8	4.3
	2.0	2.1	4.1	2.0	2.2	4.2	2.0	2.2	4.2
ช.17	1.6	1.6	3.2	2.0	1.7	3.7	2.2	1.7	3.9
	1.6	1.9	3.5	2.1	1.7	3.8	2.2	1.8	4.0
ช.18	2.1	1.9	4.0	2.4	1.7	4.1	2.8	1.9	4.7
	1.9	1.9	3.8	2.1	1.9	4.0	2.2	2.4	4.6
ช.19	1.6	1.7	3.3	1.8	2.0	3.8	2.2	2.0	4.2
	1.9	1.7	3.6	1.8	2.0	3.8	2.1	1.8	3.9
ช.20	1.9	2.1	4.0	2.3	2.2	4.5	2.9	2.1	5.0
	2.1	2.2	4.3	2.1	2.2	4.3	2.7	2.4	5.1

ตารางที่ 34. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ของคนปกติเพศชาย ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ฅ.1	1.8	2.1	3.9	2.2	2.2	4.4	2.9	2.4	5.3
	1.9	2.2	4.1	2.3	2.0	4.3	2.5	2.6	5.1
ฅ.2	2.0	1.7	3.7	2.2	1.8	4.0	3.2	1.4	4.6
	2.1	1.8	3.9	1.8	1.9	3.7	2.8	1.9	4.7
ฅ.3	2.0	1.4	3.4	2.0	2.4	3.4	2.3	1.6	3.9
	2.1	1.4	3.5	1.9	1.4	3.3	2.2	1.7	3.9
ฅ.4	2.1	1.8	3.9	2.3	1.6	3.9	2.8	1.7	4.5
	2.2	1.5	3.6	2.4	1.7	4.1	2.9	1.8	4.7
ฅ.5	1.9	1.8	3.7	1.8	1.9	3.7	2.2	1.8	4.0
	1.8	2.1	3.9	2.0	1.7	3.7	2.0	2.0	4.0
ฅ.6	1.7	1.9	3.6	2.1	1.9	4.0	2.5	1.9	4.3
	1.7	2.0	3.7	1.9	1.9	3.8	2.2	2.1	4.1
ฅ.7	2.0	1.8	3.8	2.0	1.9	3.9	2.6	1.9	4.5
	2.0	1.8	3.8	2.1	1.6	3.7	2.5	2.1	4.6
ฅ.8	1.6	1.5	3.1	1.8	1.8	3.6	2.4	2.0	4.4
	2.1	1.5	3.6	1.9	1.8	3.7	2.2	1.5	3.7
ฅ.9	2.3	2.1	4.4	2.0	2.0	4.0	1.9	2.2	4.1
	2.1	1.9	4.0	2.3	2.0	4.3	2.2	1.6	3.8
ฅ.10	1.9	1.9	3.8	2.8	1.7	3.9	2.6	1.9	4.1
	2.0	1.7	3.7	2.3	1.8	4.1	2.4	2.5	4.9
ฅ.11	1.8	1.9	3.7	1.6	1.9	3.7	2.2	1.4	3.6
	1.9	1.6	3.5	1.8	1.7	3.5	2.0	1.7	3.7
ฅ.12	2.1	2.0	4.1	2.0	1.8	3.8	2.2	2.0	4.2
	2.2	1.6	3.7	2.3	1.7	4.0	2.3	1.7	4.0
ฅ.13	2.3	1.5	3.8	2.2	1.8	4.0	2.6	1.5	4.1
	2.2	1.7	3.9	2.5	1.9	4.3	3.3	1.6	4.9

ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ฅ.14	2.4	1.9	4.3	2.4	1.8	4.4	3.3	1.8	5.1
	2.3	2.0	4.3	2.4	1.7	4.1	2.4	2.2	4.6
ฅ.15	1.6	1.7	3.3	2.3	1.8	4.1	2.0	1.8	3.8
	2.0	1.9	3.9	2.3	1.8	4.1	3.0	1.9	4.9
ฅ.16	2.0	1.9	3.9	2.1	1.9	4.0	2.5	2.0	4.5
	2.0	2.1	4.1	2.0	2.1	4.1	1.9	2.6	4.5
ฅ.17	1.6	1.8	3.4	1.9	1.8	3.7	2.3	2.3	4.6
	1.6	1.7	3.5	1.9	1.7	3.6	2.1	1.9	4.0
ฅ.18	2.1	1.9	4.0	2.2	1.8	4.0	2.7	1.7	4.3
	1.8	1.9	3.7	2.3	1.7	4.0	2.8	1.7	4.5
ฅ.19	1.8	1.6	3.4	1.8	2.1	3.9	2.3	1.8	4.1
	2.0	1.4	3.4	1.8	1.7	3.5	2.2	1.8	4.0
ฅ.20	2.2	2.0	4.2	2.6	1.9	4.5	2.9	2.4	5.3
	2.2	1.8	4.0	2.3	1.9	4.2	2.9	2.2	5.1

ตารางที่ 35. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาห่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ของคนปกติเพศหญิง ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวน ในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาห่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ญ.1	2.0	1.8	3.8	1.9	1.6	3.5	2.3	1.6	3.9
	1.8	1.9	3.7	2.0	1.9	3.5	2.0	1.9	3.9
ญ.2	2.1	1.6	3.7	2.1	1.6	3.7	2.6	1.7	4.3
	2.2	1.9	4.1	2.3	1.8	4.1	2.3	2.0	4.0
ญ.3	2.1	1.8	3.9	2.3	1.8	3.9	2.2	1.9	4.1
	2.2	1.8	4.0	2.2	1.8	4.0	2.1	1.8	3.9
ญ.4	2.3	1.7	4.0	2.6	1.8	4.4	3.0	1.4	4.4
	2.0	1.7	3.7	1.9	1.9	3.8	2.0	1.9	3.9
ญ.5	2.0	1.7	3.7	2.0	1.7	3.7	2.5	1.7	4.2
	1.9	1.8	3.7	1.9	1.9	3.8	2.6	1.8	4.4
ญ.6	2.0	1.8	3.8	2.0	1.9	3.9	2.7	1.6	4.3
	1.7	1.9	3.6	2.1	1.9	4.0	2.8	1.7	4.5
ญ.7	2.2	1.5	3.7	2.1	1.5	3.5	2.5	1.5	4.0
	2.1	1.6	3.7	2.0	1.6	3.6	2.0	1.7	3.7
ญ.8	1.8	1.7	3.5	1.9	1.9	3.8	2.9	1.6	4.5
	1.8	1.3	3.1	2.0	1.8	3.8	2.4	1.9	4.5
ญ.9	2.1	2.0	4.1	2.2	1.9	4.1	2.6	2.3	4.9
	2.1	1.8	3.9	2.1	1.7	3.6	2.5	1.6	4.1
ญ.10	1.8	1.7	3.5	1.8	1.9	3.7	2.4	1.8	4.2
	1.9	1.8	3.7	1.9	1.8	3.7	2.0	1.8	3.8
ญ.11	2.0	1.8	3.8	2.3	1.6	3.9	2.7	1.8	4.5
	2.0	1.6	3.6	2.0	1.7	3.7	2.7	1.9	4.6
ญ.12	1.4	1.8	3.2	1.8	1.8	3.6	2.1	1.8	3.9
	1.4	1.6	3.0	1.8	1.8	3.6	2.2	2.2	4.2
ญ.13	2.0	2.0	4.0	2.0	1.9	3.9	2.8	1.6	4.4
	2.3	1.8	4.1	2.1	1.6	3.7	2.9	1.6	4.5

ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ฅ.14	1.7	1.7	3.4	2.1	1.7	3.8	2.9	1.6	4.5
	2.0	1.6	3.6	2.2	1.6	3.8	2.8	1.6	4.4
ฅ.15	1.9	1.4	3.3	1.9	2.0	3.9	1.9	2.5	4.3
	1.9	1.4	3.3	1.8	1.6	3.4	2.0	1.9	3.9
ฅ.16	1.8	1.8	3.6	1.9	1.8	3.7	2.1	1.8	3.9
	1.7	1.9	3.6	1.8	1.8	3.6	2.2	1.7	3.9
ฅ.17	1.4	1.9	3.3	1.6	1.9	3.5	2.0	1.8	3.8
	1.3	1.9	3.2	1.5	2.0	3.5	2.2	1.8	4.0
ฅ.18	2.1	1.9	4.0	2.3	1.6	3.9	2.3	1.6	3.9
	1.5	2.1	3.6	1.9	1.8	3.7	2.1	2.3	4.4
ฅ.19	1.7	1.7	3.4	2.0	1.7	3.7	2.4	2.0	4.4
	1.8	1.6	3.4	2.0	1.7	3.7	2.7	1.8	4.5
ฅ.20	1.7	1.6	3.3	1.7	1.9	3.6	2.2	1.9	4.1
	2.0	1.7	3.7	1.8	1.9	3.7	2.3	1.9	4.2

ตารางที่ 36. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาห่างคลื่นที่ระดับความดัง 90, 70, และ 50 dBHL ของคนปกติเพศหญิง ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาห่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ญ.1	2.0	1.8	3.8	1.6	1.5	3.1	2.2	1.6	3.8
	1.9	1.8	3.7	2.0	1.8	3.8	1.9	2.4	4.3
ญ.2	2.2	1.3	3.5	2.1	1.6	3.7	2.6	1.7	4.3
	2.3	1.6	3.9	2.2	1.8	4.0	2.0	1.9	3.9
ญ.3	2.2	2.0	4.2	2.0	1.9	3.9	2.1	1.9	4.0
	2.2	1.8	4.0	2.2	2.1	4.3	2.3	1.7	4.0
ญ.4	2.3	1.9	4.2	2.6	1.8	4.4	3.2	1.4	4.6
	2.0	1.8	3.8	2.1	1.8	3.9	2.0	1.8	3.8
ญ.5	1.9	1.9	3.8	1.9	1.7	3.6	2.4	1.9	4.3
	2.0	1.9	3.9	2.0	1.9	3.9	2.5	1.9	4.4
ญ.6	1.9	1.9	3.6	1.9	1.9	3.6	2.9	1.6	4.5
	2.0	2.0	4.0	2.1	1.9	4.0	3.0	1.6	4.6
ญ.7	2.2	1.7	3.7	2.1	1.6	3.7	2.6	1.5	4.1
	2.2	1.4	3.6	2.2	1.7	3.9	1.9	1.9	3.8
ญ.8	1.8	1.2	3.0	1.8	1.8	3.6	2.7	1.7	4.4
	1.9	1.4	3.3	1.9	1.7	3.6	2.2	1.7	3.9
ญ.9	2.2	1.7	3.9	2.3	1.9	4.2	2.8	1.9	4.7
	2.1	2.0	4.1	2.1	1.9	4.0	2.0	2.4	4.4
ญ.10	1.8	1.9	3.7	1.9	1.7	3.6	2.5	1.8	4.3
	1.9	1.6	3.5	1.7	1.8	3.5	2.3	1.8	4.1
ญ.11	2.0	1.6	3.6	2.1	1.6	3.7	2.6	1.8	4.4
	2.0	1.8	3.8	2.0	1.7	3.7	2.7	1.9	4.6
ญ.12	1.5	1.8	3.1	1.8	1.7	3.5	2.4	1.5	3.9
	1.5	1.5	3.0	1.9	1.7	3.6	2.1	2.3	4.4
ญ.13	2.0	1.9	3.9	2.1	1.7	3.8	2.8	1.4	4.2
	2.0	2.0	4.0	2.0	1.7	3.7	2.9	1.4	4.3

ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)								
	90 dBHL			70 dBHL			50 dBHL		
	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V	I-III	III-V	I-V
ญ.14	1.7	1.7	3.4	2.1	1.7	3.8	2.9	1.5	4.4
	1.8	1.8	3.6	2.1	1.7	3.8	2.7	1.8	4.5
ญ.15	1.9	1.4	3.3	2.2	1.6	3.8	2.0	2.2	4.2
	2.0	1.5	3.5	1.8	1.9	3.7	2.2	1.8	4.0
ญ.16	1.8	1.7	3.5	1.8	1.8	3.6	2.0	2.0	4.0
	1.7	1.8	3.5	1.8	1.7	3.5	2.2	1.5	3.7
ญ.17	1.4	1.7	3.1	1.5	2.0	3.5	1.9	2.0	3.9
	1.4	1.9	3.3	1.6	2.2	3.8	2.1	1.8	3.9
ญ.18	1.9	1.9	3.8	2.1	1.9	4.0	2.8	1.6	4.4
	1.5	2.1	3.6	1.8	1.8	3.6	2.1	2.3	4.4
ญ.19	1.8	1.5	3.1	1.7	1.8	3.5	2.3	2.2	4.5
	1.8	1.6	3.4	2.0	1.8	3.8	2.6	1.8	4.4
ญ.20	1.8	1.7	3.5	1.9	2.0	3.9	2.2	2.1	4.3
	1.9	1.8	3.7	1.7	1.9	3.6	2.5	1.5	4.0

ตารางที่ 37. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาห่างคลื่น ที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชาย ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาห่างคลื่น (มิลลิวินาที)		
	I-III	III-V	I-V
ป.1	3.0	1.5	4.5
ป.2	2.1	1.6	3.7
ป.3	2.1	1.8	3.9
ป.4	2.3	2.3	4.5
ป.5	2.0	1.3	3.3
ป.6	2.2	2.0	4.3
ป.7	2.8	1.6	4.4
ป.8	2.3	2.1	4.4
ป.9	2.5	2.1	4.6
ป.10	2.0	2.2	4.2
ป.11	2.8	1.8	4.6
ป.12	2.2	2.3	4.5
ป.13	2.3	1.9	4.2
ป.14	2.2	1.7	3.9
ป.15	2.9	1.7	4.5
ป.16	2.2	1.8	4.0
ป.17	2.2	2.1	4.3
ป.18	2.4	2.2	4.6
ป.19	2.2	1.6	3.8
ป.20	1.9	2.2	4.1

ตารางที่ 38. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาห้วงคลื่น ที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศชาย ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาห้วงคลื่น (มิลลิวินาที)		
	I-III	III-V	I-V
ป.1	2.9	1.6	4.5
ป.2	2.0	1.8	3.8
ป.3	2.1	1.6	3.7
ป.4	2.0	2.3	4.3
ป.5	2.3	1.5	3.5
ป.6	2.2	1.9	4.1
ป.7	2.6	1.6	4.2
ป.8	2.3	1.9	4.2
ป.9	2.2	2.3	4.5
ป.10	1.9	2.1	4.0
ป.11	2.7	1.9	4.6
ป.12	2.5	1.9	4.4
ป.13	2.3	1.9	4.2
ป.14	2.6	1.3	3.9
ป.15	2.9	1.6	4.5
ป.16	2.2	1.7	3.9
ป.17	2.1	2.0	4.1
ป.18	2.4	2.1	4.5
ป.19	2.1	1.7	3.8
ป.20	1.8	2.2	4.6

ตารางที่ 39. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาชั่วคราวคลื่น ที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิง ในภาวะที่ไม่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

ลำดับที่	ระยะเวลาชั่วคราวคลื่น (มิลลิวินาที)		
	I-III	III-V	I-V
จ.1	2.1	1.9	4.0
จ.2	1.7	2.2	3.9
จ.3	2.0	1.6	3.6
จ.4	2.0	1.9	3.9
จ.5	2.0	1.6	3.6
จ.6	2.2	2.0	4.2
จ.7	2.1	1.6	3.7
จ.8	2.2	1.7	3.9
จ.9	1.8	1.9	3.7
จ.10	2.0	2.7	4.7
จ.11	1.9	2.3	4.2
จ.12	2.1	2.3	4.4
จ.13	2.0	1.7	3.7
จ.14	2.4	1.6	4.0
จ.15	2.3	2.0	4.3
จ.16	2.0	1.8	3.8
จ.17	2.3	1.9	4.2
จ.18	1.9	1.9	3.8
จ.19	2.5	1.7	4.2
จ.20	2.0	1.8	3.8
จ.21	2.3	2.0	4.3
จ.22	2.1	1.6	3.7
จ.23	2.0	1.9	3.9
จ.24	1.9	1.9	3.8
จ.25	2.3	1.6	3.9

ตารางที่ 40. ข้อมูลดิบแสดงระยะเวลาระหว่างคลื่น ที่ระดับความดัง 90 dBHL ของคนไข้เพศหญิง ในภาวะที่มีเสียงรบกวนในหูตรงข้าม.

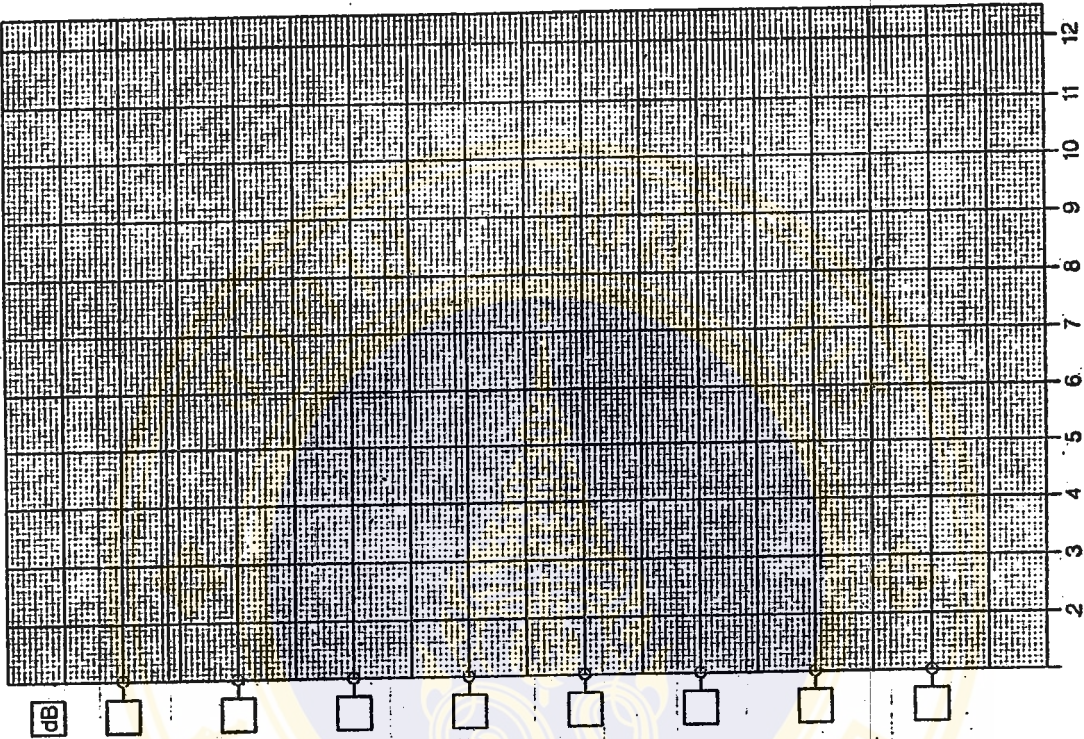
ลำดับที่	ระยะเวลาระหว่างคลื่น (มิลลิวินาที)		
	I-III	III-V	I-V
จ.1	2.1	1.7	3.8
จ.2	2.3	2.1	4.4
จ.3	2.0	1.8	3.8
จ.4	2.1	2.2	4.3
จ.5	1.9	1.6	3.5
จ.6	2.3	1.9	4.2
จ.7	2.4	1.6	4.0
จ.8	2.2	1.8	4.0
จ.9	2.0	1.6	3.6
จ.10	2.9	1.6	4.5
จ.11	1.9	2.3	4.2
จ.12	2.1	2.3	4.4
จ.13	1.9	1.7	3.6
จ.14	2.3	1.8	4.1
จ.15	2.3	1.7	4.0
จ.16	2.1	1.7	3.8
จ.17	2.4	2.0	4.4
จ.18	2.1	2.1	4.2
จ.19	2.5	1.7	4.2
จ.20	2.2	2.0	4.2
จ.21	2.3	2.1	4.4
จ.22	2.0	1.5	3.5
จ.23	2.0	1.5	3.5
จ.24	2.0	1.7	3.7
จ.25	1.9	1.7	3.6



NAME \_\_\_\_\_ AGE \_\_\_\_\_ SEX \_\_\_\_\_ HN \_\_\_\_\_

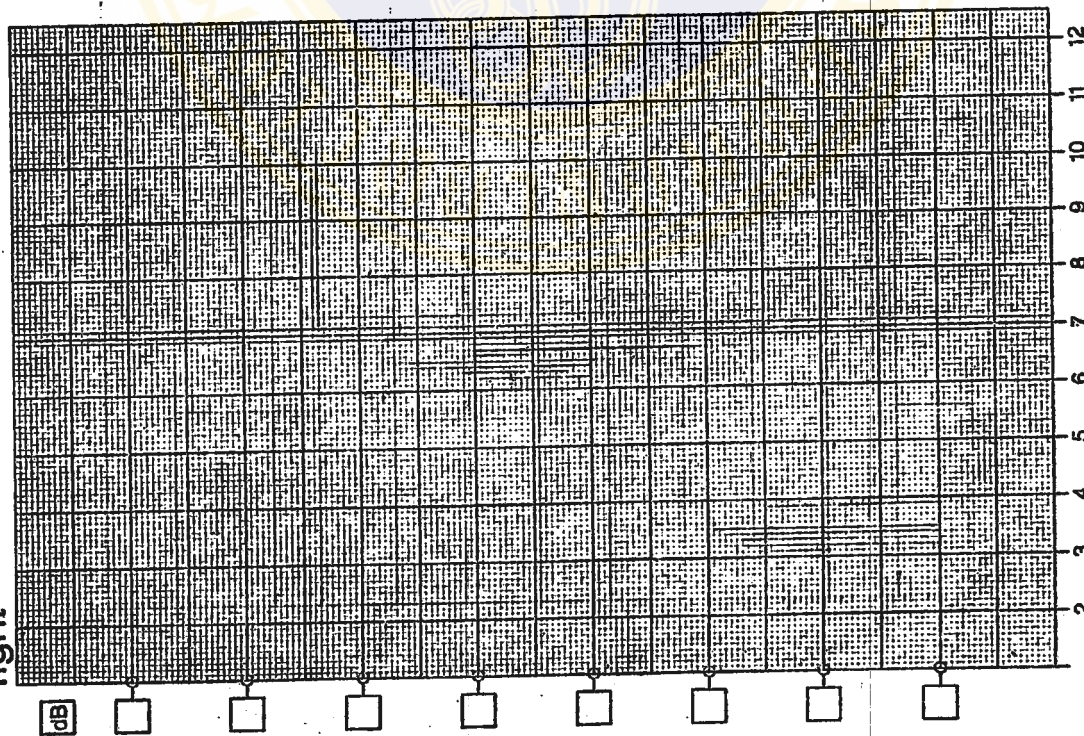
DATE \_\_\_\_\_ AC \_\_\_\_\_ BC \_\_\_\_\_ MASKING \_\_\_\_\_ GAUSS \_\_\_\_\_ CLICK \_\_\_\_\_

left



Brain Stem Evoked Response  
Speech & Hearing Clinic, Ramathabodi Hospital

right



รูปที่ 6. แบบฟอร์ม ABR ของรามาธิบดี

21624