בדיקת Distortion Product Otoacoustic Emissions:

פרוטוקול בדיקה וניתוח דיאגנוסטי מגובה מחקר

יום עיון, פברואר, ISHLA 2025

שי צורדקר
טיפול · יעוץ · הדרכה

ד"ר שי צורדקר shaychor@gmail.com

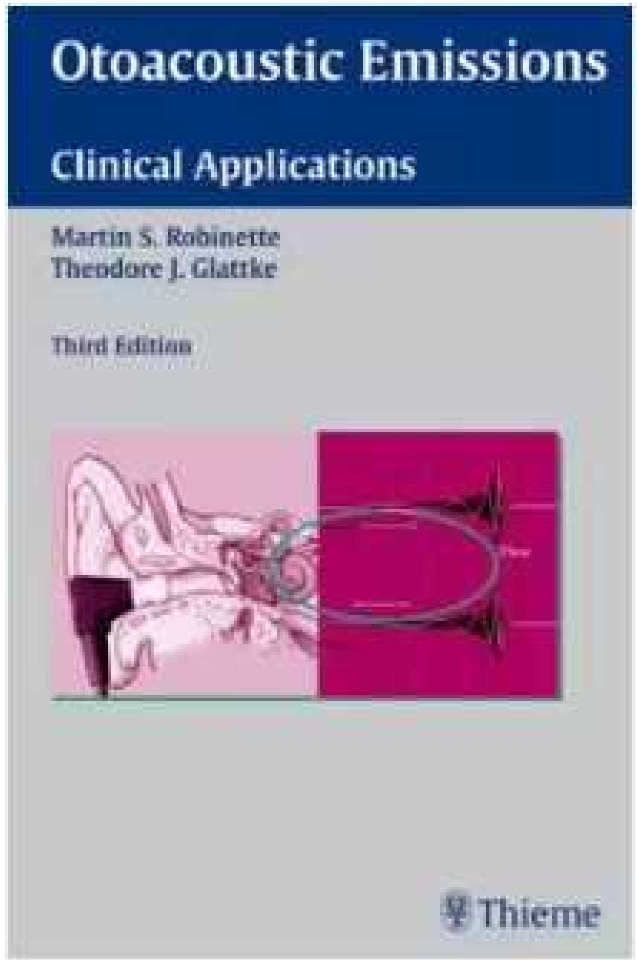
Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

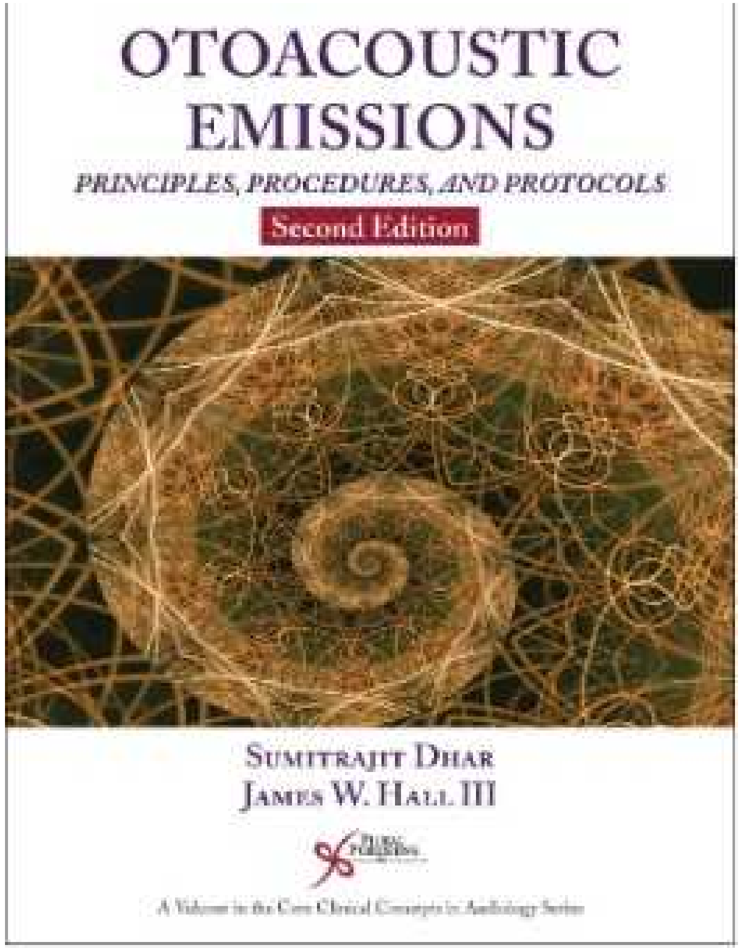
- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

- תיאור הליך הבדיקה
- ה- DP-Gram
- ניתוח התגובה
- נורמות גודל תגובה
- התאמת פרוטוקולים לאתיולוגיה



Otoacoustic Emissions
Clinical Applications
Martin S. Robinette
Theodore J. Glattke
Third Edition
Thieme



OTOACOUSTIC EMISSIONS
PRINCIPLES, PROCEDURES, AND PROTOCOLS
Second Edition
SUMITRAJIT DHAR
JAMES W. HALL III

שימושים קליניים של בדיקת OAE

רקע

- שימוש גובר בשימוש בפלט אקוסטי
  - לא רק במקרי סינון יילודים

- הנחיות משרד הבריאות
  - קווים מנחים להערכת שמיעה אצל ילדים
  - קווים מנחים לאבחון אודיולוגי לאחר חשיפה לרעש לחימתי
  - בקרוב: קווים מנחים להערכת שמיעה אצל מבוגרים

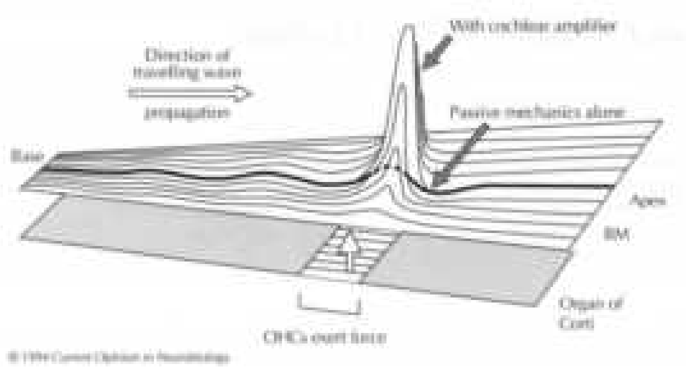
Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?

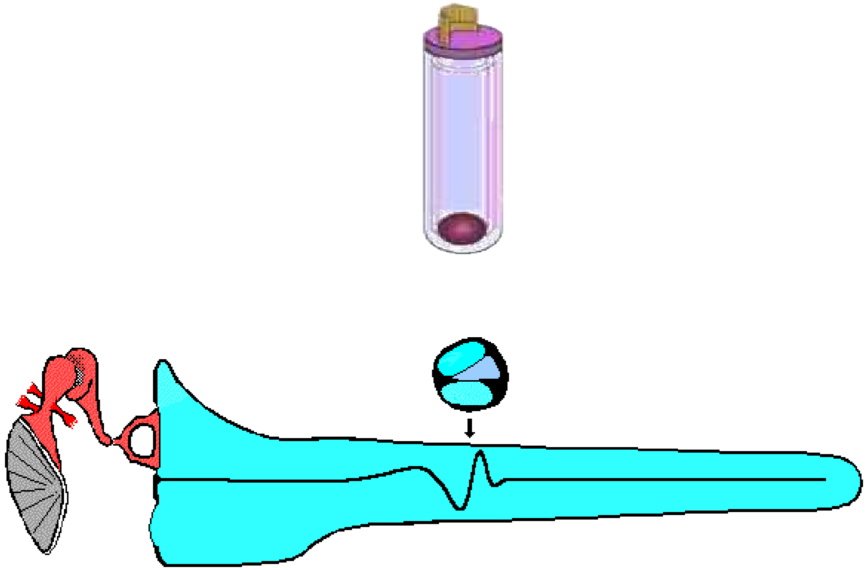
Oto-Acoustic Emissions - הגדרת פלט אקוסטי

- Kemp, 1978
  - "צליל שנוצר באוזן, לפעמים באופן ספונטאני ולפעמים בתגובה לצליל שמושמע"



- Kemp, 2002
  - "צלילים ממקור קוכלארי שניתן לקלוט על ידי מיקרופון בתעלת השמע"
  - הם נוצרים על ידי תאי השיער החיצוניים בתגובה לגירוי קול"

Oto-Acoustic Emissions - פלט אקוסטי



פעולת המגבר הקוכלארי

יצירת תנודה יחסית גדולה בתוך האוזן הפנימית

יצירת גל לחץ בנוזל בעקבות התנודה

- Reverse Traveling Wave

גל הלחץ מניד את ה- Stapes

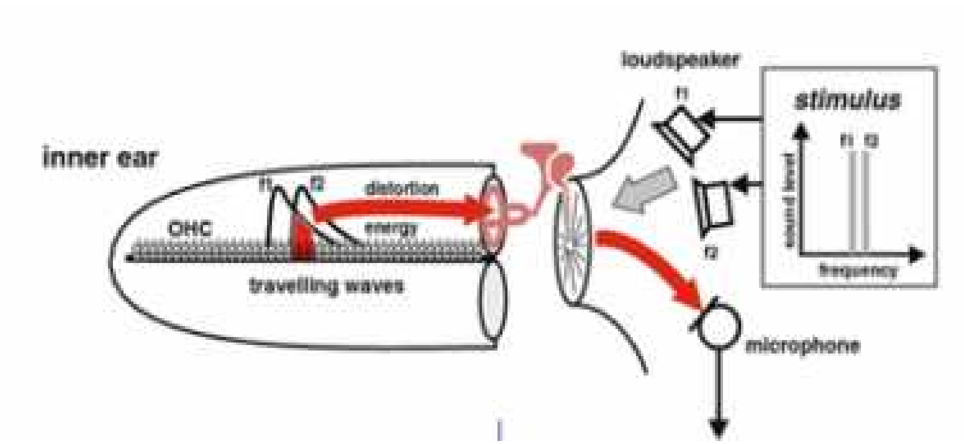
תנודה של עצמות השמע

תנודה של עור התוף

צליל חלש שנוצר בתעלת השמע החיצונית

הגדרת פלט אקוסטי - Oto-Acoustic Emissions

1. הפלט האקוסטי תלוי בפעילות של Outer Hair Cells
   - "המגבר הקוכלארי"
2. רישום הפלט האקוסטי תלוי בפעילות נורמלית של האוזן התיכונה
   - הצליל החוזר חלש
   - יחס שטחים הפוך של Stapes Footplate לעומת עור התוף



- פתולוגיה אוזן תיכונה קלה עלולה לחבל ביכולת למדוד את ה Emissions
  - משמעות קלינית?

האם ניתן לקבל OAE בנוכחות פתולוגית אוזן תיכונה?

Audiologic Profiles of Children With Otitis Media With Effusion

Sarah Al-Salim,[1] Richard M. Tempero,[2] Hannah Johnson,[3] and Gabrielle R. Merchant[3]

(Ear & Hearing 2021;42;1195–1207)

TABLE 2. Audiologic test results by effusion volume

Test	Full	Partial	Clear	Healthy
DPOAEs present (%)	6.39 (13.23)	33.13 (28.05)	71.67 (19.12)	91.18 (9.17)
No. ears	19	12	20	17
TEOAEs present (%)	2.11 (9.18)	51.67 (36.64)	70.00 (30.78)	92.94 (12.13)
No. ears	19	12	20	17
4PTA (dB HL)	42.79 (5.00)	21.70 (10.89)	17.03 (9.63)	6.63 (4.21)
No. ears	13	7	8	10
ABR wave V 50 dB nHL (ms)	8.35 (0.80)	6.74 (0.30)	6.33 (0.52)	6.11 (0.24)
No. ears	3	5	3	7
ABR wave V compensated (ms)	6.34 (0.52)	6.19 (0.19)	5.89 (0.07)	—
No. ears	7	4	2	—

All results reported as mean (SD). The DPOAEs and TEOAEs % present is the percent of ears within each group that had emissions determined to be present and combines results across all frequencies. ABR results are shown for a click stimulus presented at 50 dB nHL and at a level compensating for the air-bone gap. Four ears with full effusions did not have a present ABR at 50 dB nHL but had responses present when ABR presentation level compensated for the ABG. Dashes indicate absence of a value. For these conditions where "—" is found, there were no participants and as such no data to report.

4PTA, 4-frequency pure-tone average (500, 1000, 2000, and 4000 Hz); ABR, auditory brainstem response; DPOAEs, distortion product otoacoustic emissions; TEOAEs, transient evoked otoacoustic emissions.

Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי

חלוקה קלאסית של OAE

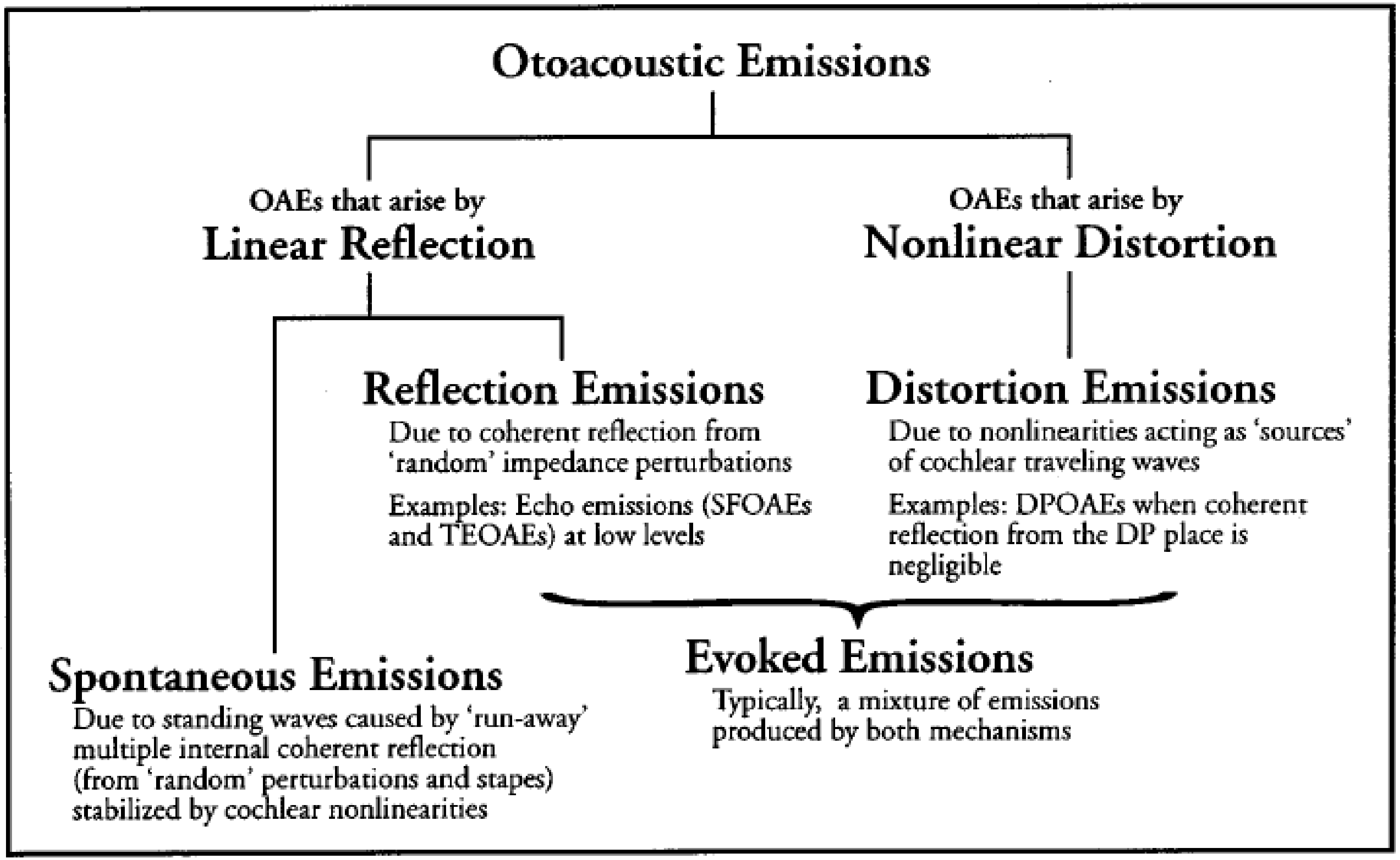
מתוך הספר של Dhar & Hall

Traditional Classification of OAEs

- Spontaneous OAEs
  - No stimulus necessary. Synchronizing stimulus allows for fast recordings.
- Evoked OAEs
  - Transient Evoked (TEOAEs): OAEs recorded using extremely short duration clicks. Broadband spectrum.
  - Distortion Product (DPOAEs): OAEs recorded using two pure tones presented simultaneously.
  - Stimulus Frequency (SFOAEs): OAEs recorded in response to a single tonal stimulus.
  - Other: OAEs can be evoked by other stimuli as well. Examples include amplitude modulated tones, tone bursts, etc.

התייחסות לפי מנגנון הפעילות

Mechanism-Based Taxonomy for OAEs

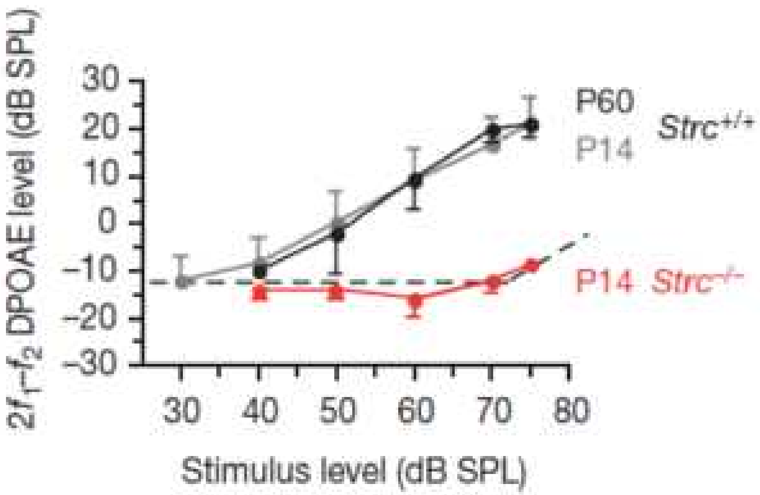


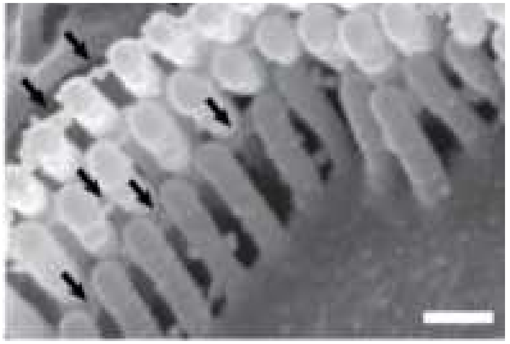
Christopher A. Shera, and John J. Guinan, 1999

DPOAE מושפעים בעיקר מהפעילות הלא לינארית באוזן הפנימית

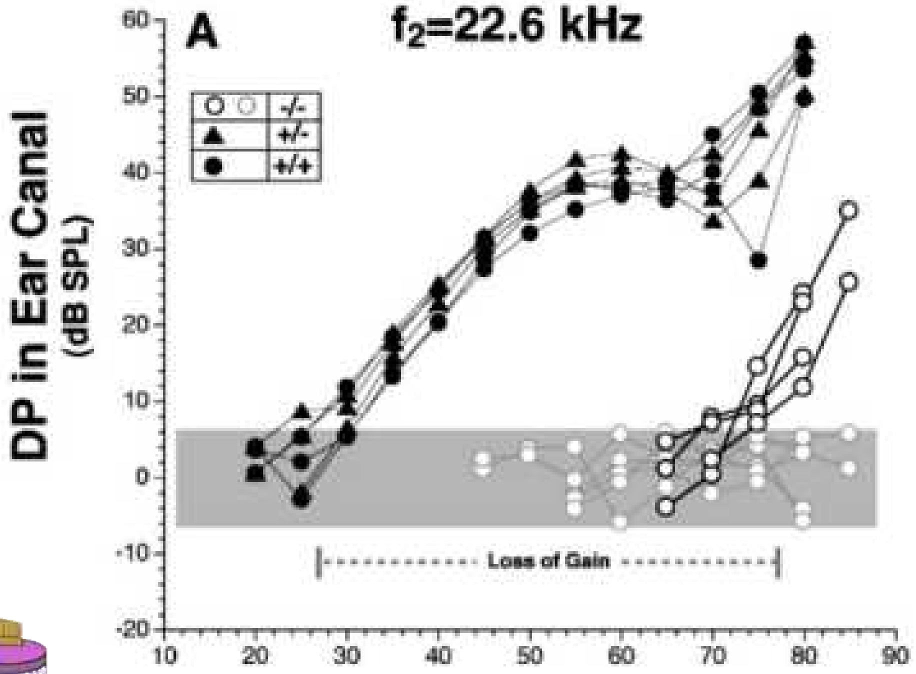
Verpy et al., 2008

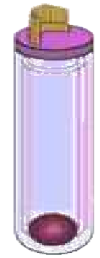
a





Liberman et al., 2004



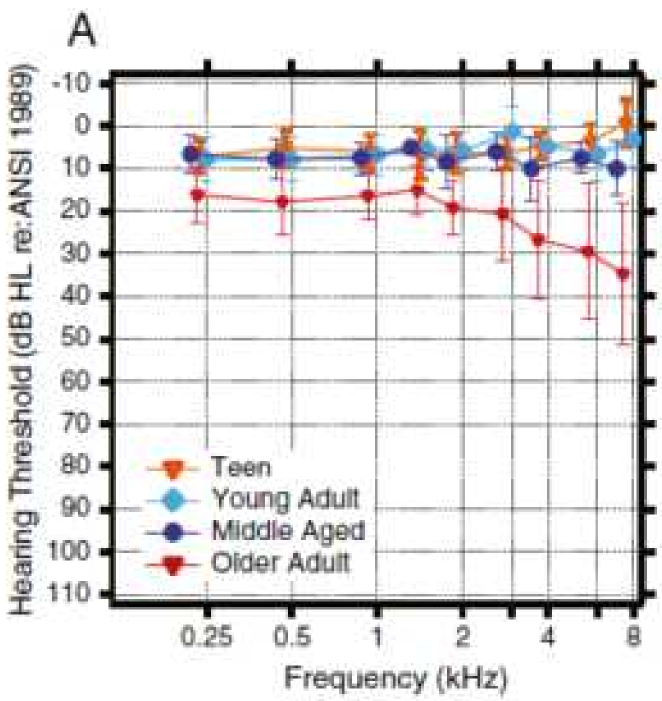


כלי רגיש לתהליכי הזדקנות האוזן הפנימית DPOAE

Maturation and Aging of the Human Cochlea: A View through the DPOAE Looking Glass

CAROLINA ABDALA[1] AND SUMITRAJIT DHAR[2]

[1]*Division of Communication and Auditory Neuroscience, House Research Institute, 2100 W. Third St., Los Angeles, CA 90057, USA*
[2]*Knowles Hearing Center, Roxelyn & Richard Pepper Department of Communication Sciences & Disorders, Northwestern University, Evanston, IL 60208, USA*



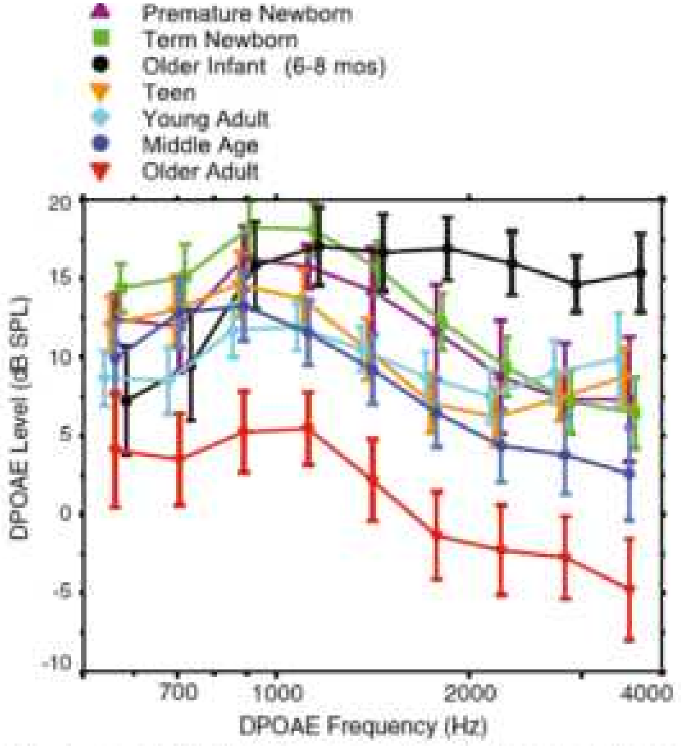


FIG. 3. Mean DPOAE levels averaged into third-octave bins for seven age groups. Age is denoted by *color and symbol*. Error bars represent 95 % CIs and are offset for easy visualization.

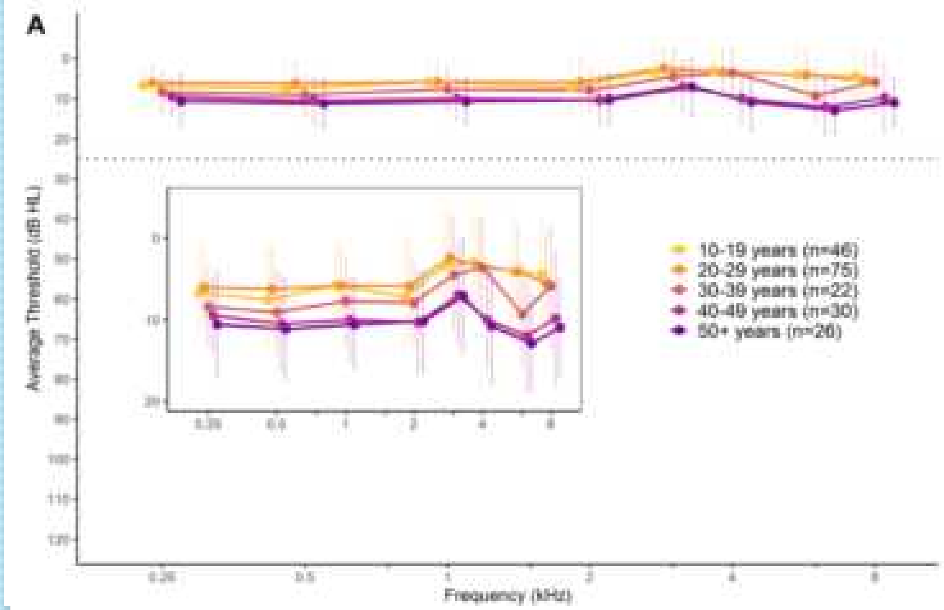
JARO (2021)
DOI: 10.1007/s10162-021-00805-5

Research Article

Distortion Product Otoacoustic Emission (DPOAE) Growth in Aging Ears with Clinically Normal Behavioral Thresholds

Courtney Coburn Glavin[1], Jonathan Siegel[1,2], and Sumitrajit Dhar[1,2]
[1] *Roxelyn and Richard Pepper Department of Communication Sciences & Disorders, Northwestern University, Frances Searle Building 1-240, 2240 Campus Drive, Evanston, IL 60208, USA*
[2] *Knowles Hearing Center, Northwestern University, Evanston, IL, USA*

Received: 3 February 2021; accepted: 28 June 2021



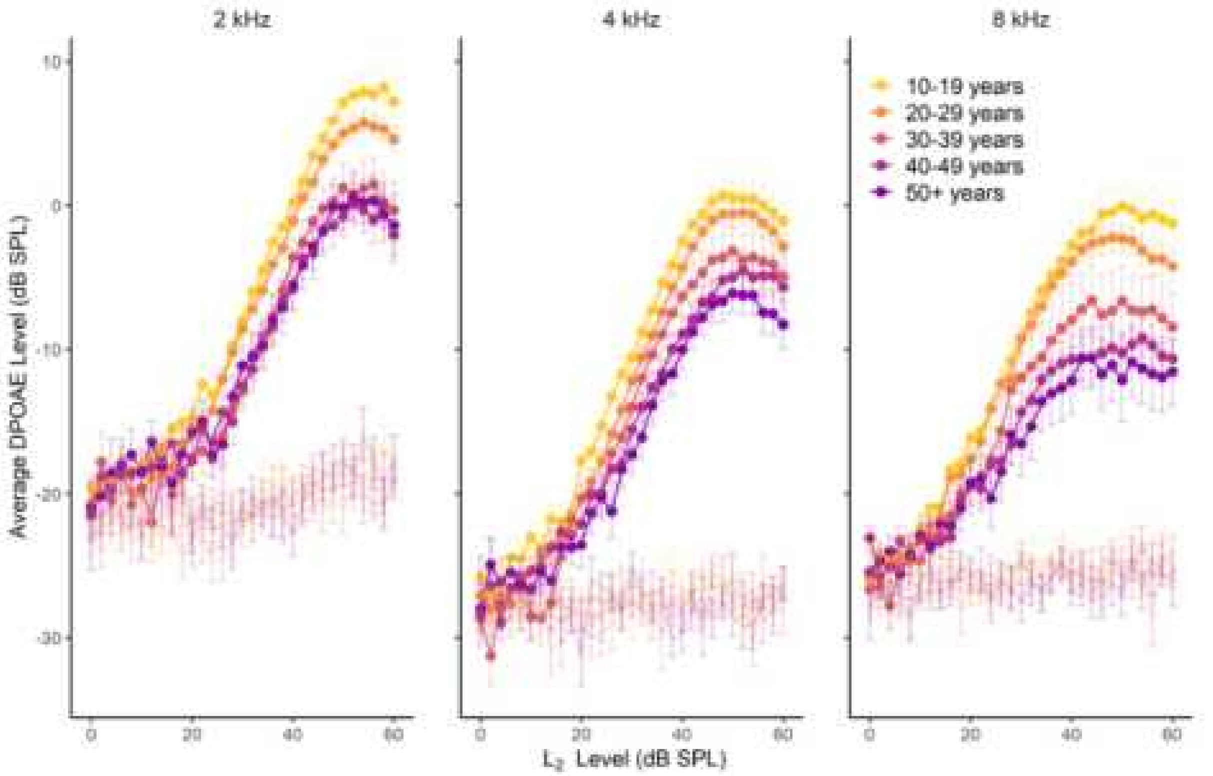


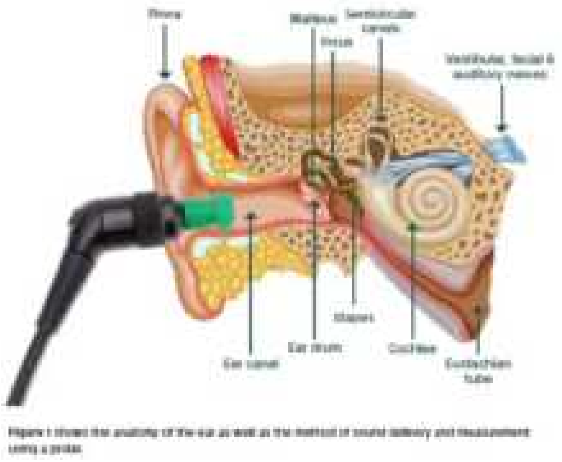
Fig. 4 Average distortion product otoacoustic emission (DPOAE) growth functions decline considerably with increasing age at all three frequencies tested: $f_2 = 2$ kHz (left), 4 kHz (middle), and 8 kHz (right). Average noise floor levels are similar between age groups and are shown at the bottom of each panel. Average DPOAE and noise floor levels are plotted as a function of L_2. Error bars indicate +/−1 standard error of the mean

Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

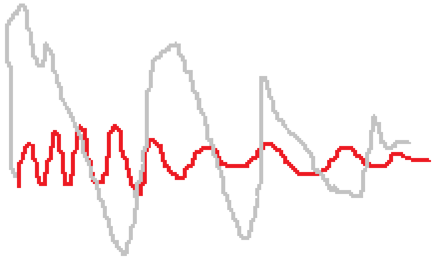
- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

אתגרים עיקריים ופתרונות
אתגר 1 – תגובה בתוך רעש



- תגובת ה OAE לא עולה לרב על 20dB SPL
  - לרב נקבל בין 0-20dB SPL כשהקוכלאה תקינה
  - מה נמדוד אם נכניס לאוזן מיקרופון ללא גירוי?
  - איך נחלץ תגובה של 0dB SPL ?

תגובת OAE + רעש



- פתרונות
  1. בדיקה בתנאי שקט + נבדק רגוע
  2. סינון
  3. מיצוע - Averaging

Averaging - מיצוע

בהנחה שניתן גירוי שמוביל לתגובה, התגובה כוללת:

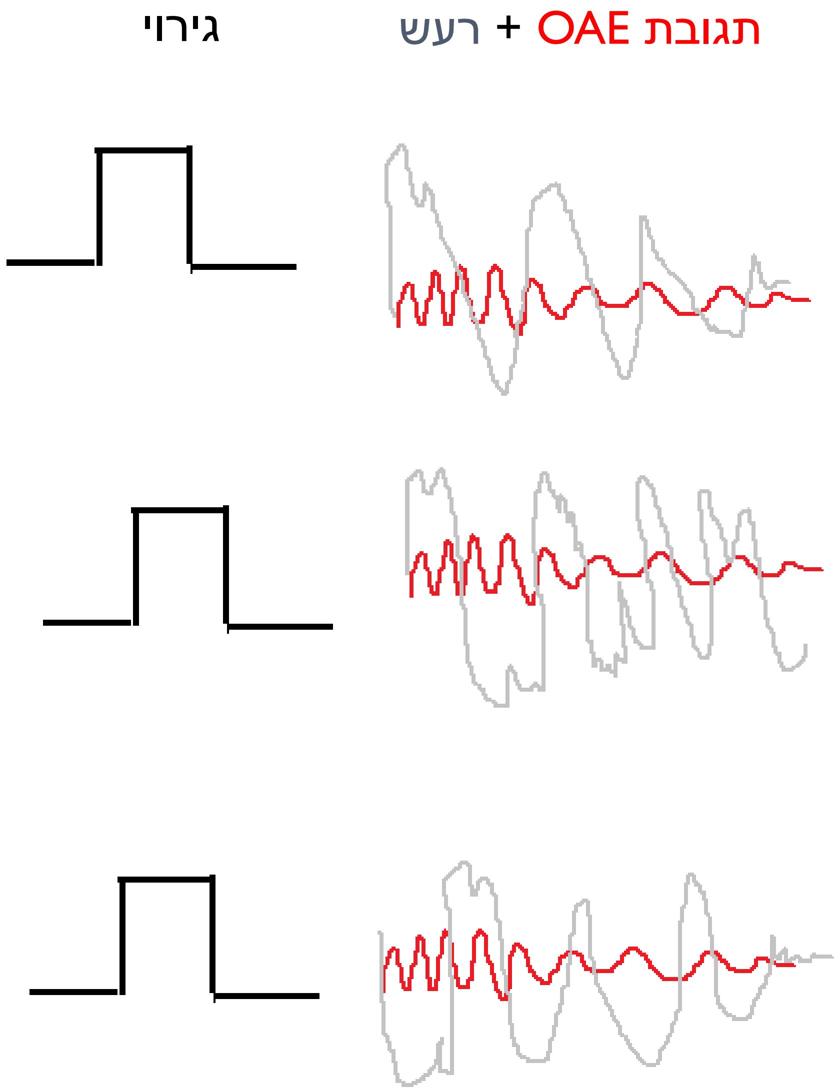
- תגובה (קטנה)
- רעש (רנדומלי, אקראי)

מתן גירויים חוזרים ואיסוף שלהם

- התגובה תמיד תגיע באותו חביון אחרי הגירוי
- הרעש רנדומלי

ואחרי מיצוע?

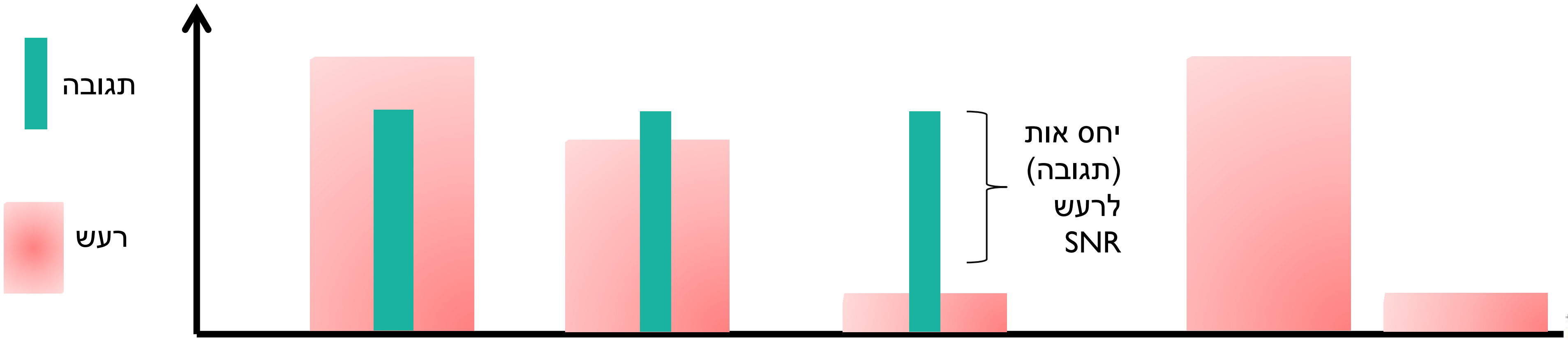
- ***ממוצע*** התגובה (Signal) זהה
- ***ממוצע*** הרעש (Residual Noise)
- שיפור Signal to Noise Ratio (SNR)
- ולכן תמיד יש "מינימום" גירויים שיש לקבל



Averaging - מיצוע

- מערכת ה OAE מאפשרת לחלץ תגובה מתוך רעש
  - מיצוע תגובה של מספר רישומים בתגובה לגירוי
- בהתחלה
  - הרעש השארי גבוה
- בהמשך מתן גירויים ואיסופים
  - הסינגל ברור כי הרעש הממוצע קטן
  - ה SNR גדל כי הרעש קטן, ניתן להיות בטוחים בתגובה

- כללי אצבע
  - SNR ≥ **6dB**
- ומה אם אין תגובה
  - לקות קוכלארית



Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

- תיאור הליך הבדיקה

Distortion Product OAE

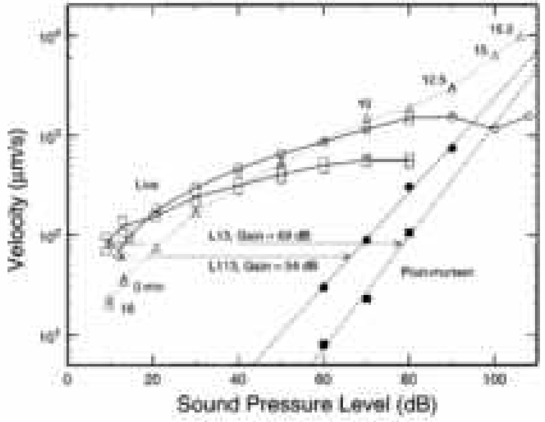
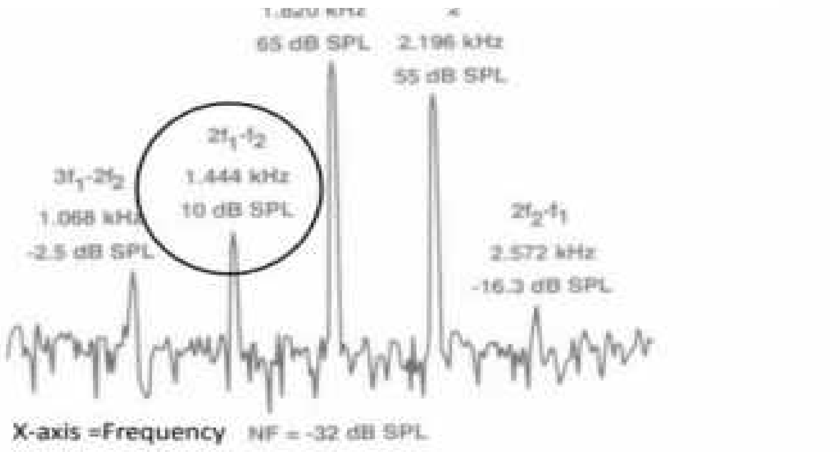


FIG. 16.
Stability and vulnerability of responses to CF and near-CF tones. The open symbols depict the peak velocities of responses to CF tones (L13: squares; L113: circles) and 9-kHz tones (L113: triangles) recorded in the sensitive cochleae of two live chinchillas. The filled symbols represent the CF responses recorded immediately after (within minutes of) death. Responses to CF tones in both cochleae (and also responses to 9 kHz in cochlea L113) were measured both early in the experiment and 160–240 min later. The numbers next to the 9-kHz data points indicate the relative times (in min) of the early recordings.



Robinette & Glattke, 2002

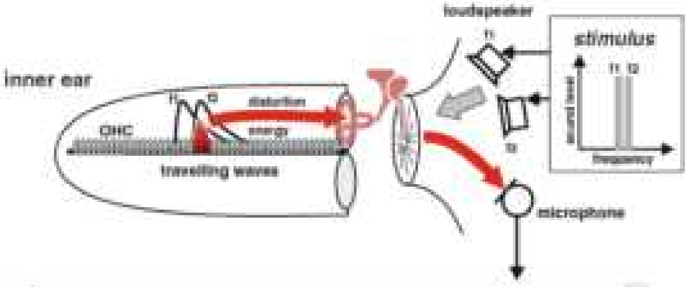
- פעילות האוזן הפנימית אינה ליניארית
- *אחד* המאפיינים של מגבר לא לינארי:
  - ב- *Output* קיימים תדרים שלא קיימים ב Input
  - תוצאה לוואי של המגבר הקוכלארי:
    - Distortion – דיסטורציה
    - מי מייצר את פעילות העיוות?

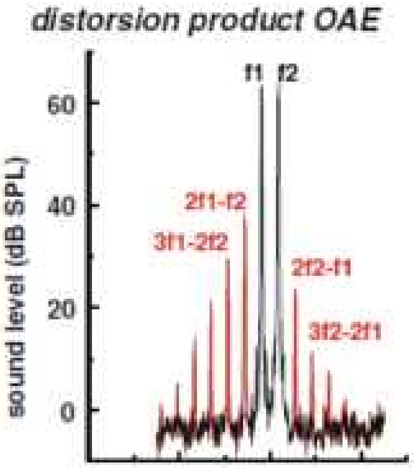
שי צורדקר
סיפול • יעוץ • הדרכה

פלט התגובה האקוסטית ב DPOAE

- Primaries
  - f1 ו- f2
- אזור חפיפה של תנודת ה Basilar Membrane
- תנודה לא ליניארית של הממבראנה הבזילארית
  - יצירת עיוותים שיוצרים צלילים אחרים
- Two activation sources

Distortion Product OAE





פרוב עם 3 צינוריות – שני רמקולים ומיקרופון

שני טונים f1, f2 (Primary Tones)

- f2/f1 = 1.22
- ***L1=65dB SPL, L2= 55dB SPL***
- תגובת דיסטורציה מתקבלת ביחס אריתמטי בין התדרים:
- ***2F1-F2***, 3F1-F2, 2F2-F1, F2-F1

שכיחות הופעת DPOAE בקרב בעלי פעילות קוכלארית תקינה – 98%

ניתן לקבל DPOAE עד ליקוי קוכלארי של 40-50dB HL

- אז ה- DP פחות טוב מ TE?

לפני בדיקת OAE

אוטוסקופיה + ניקוי תעלת השמע

- לא להתפשר

לבדוק את צינוריות המכשיר + כיול יומי + פרוב נקי

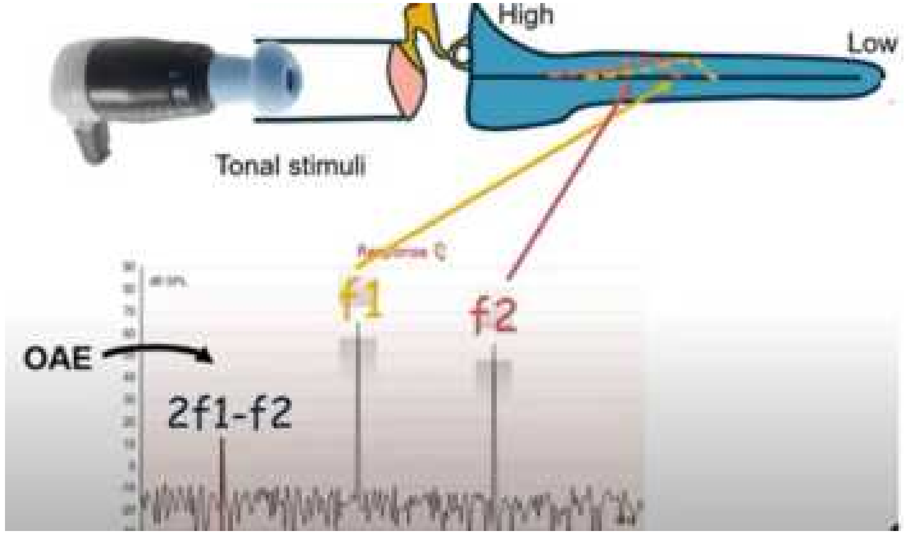
להכניס את הפרוב <u>עמוק</u> לתעלת השמע

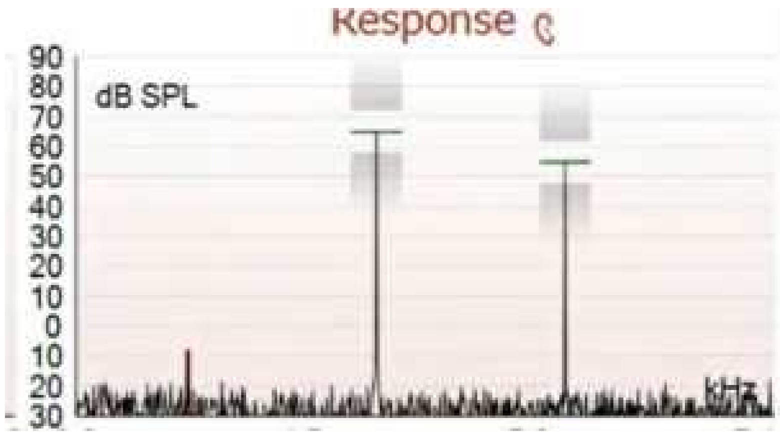
- לבחון את ה Ear Canal Response

להקפיד על רמות רעש נמוכות

- טיפ מגובה מחקר:

Distortion Product OAE





- מגישים Primaries בזוגות של תדרים נמוכים עד גבוהים (500-8000Hz)
- ניתן לבדוק המון נקודות פר-אוקטבה
  - קלינית לרב 4-5 נקודות פר אוקטבה
  - לפעמים עד 8 נקודות
- על פי f1,f2 המכשיר מחפש תגובה קטנה (0-20dB SPL) ב 2f1-f2
- התגובה בתוך הרעש
  - כיצד נחלץ?

מתי לעצור את הרישום/לעבור לתדר הבא?

כשאין תגובה:

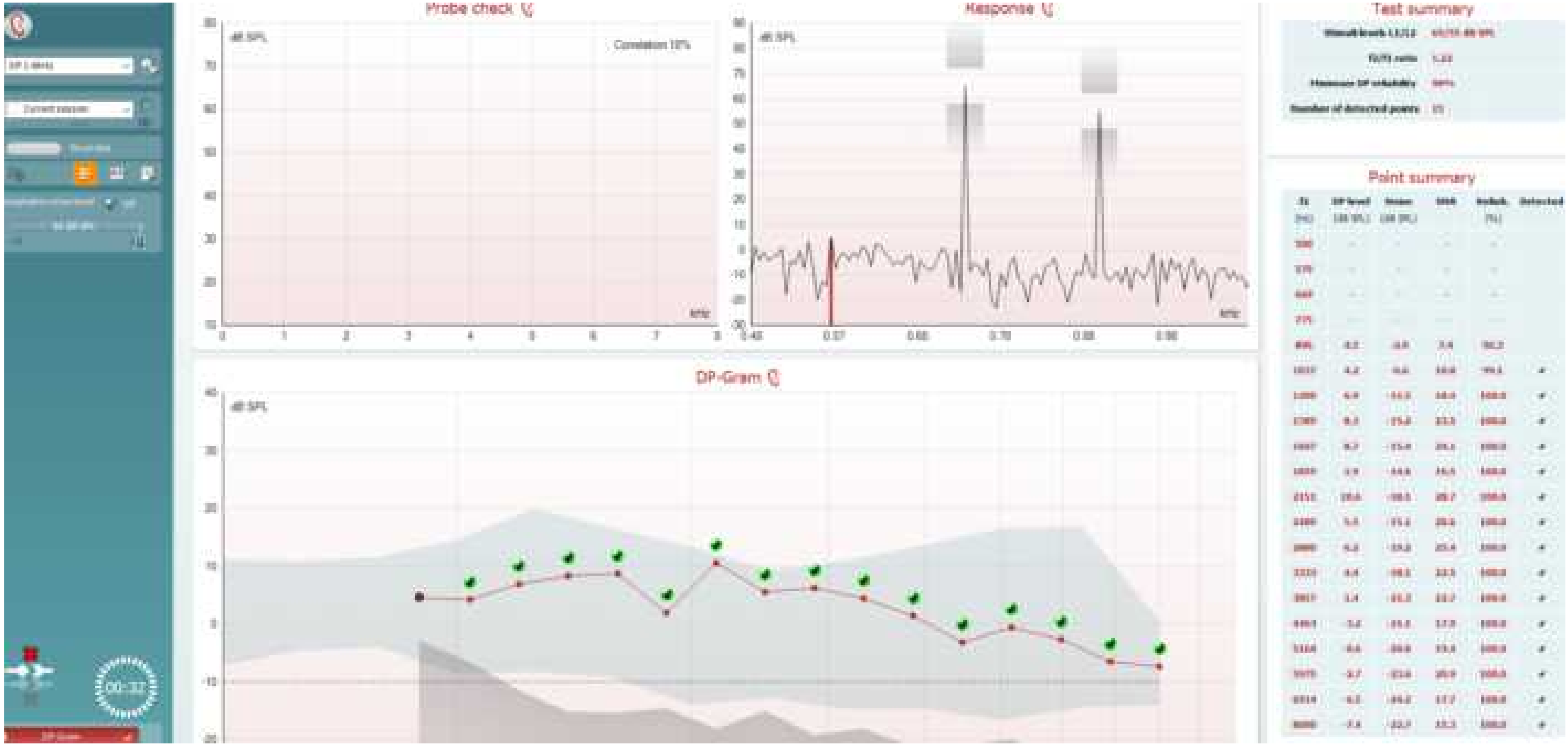
- הרעש השארי בנקודת המדידה קטן מ 10dB SPL-

כשיש תגובה:

- בנקודה בה התקבלו 6dB SNR ומעלה
  - Reliability 99% ומעלה
- ה Tolerance של גודל התגובה משתנה לא יותר מ 2dB בהמשך מיצוע

הדגמה בזמן אמת?

- הצלחנו באולם עם Earmuffs לקבל DPOAE 4 תדרים פר אוקטבה בין 1 ל – 8kHz ב 32 שניות.



Distortion Product Oto-Acoustic Emission

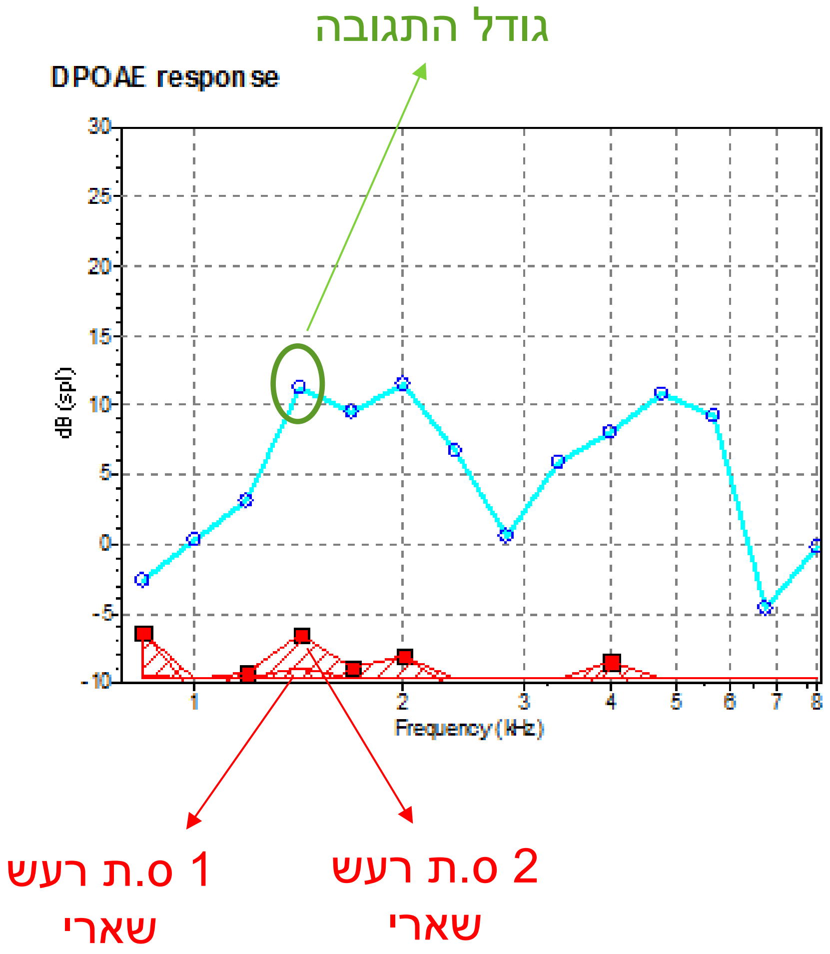
רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

- תיאור הליך הבדיקה
- ה- DP-Gram

DP-Gram

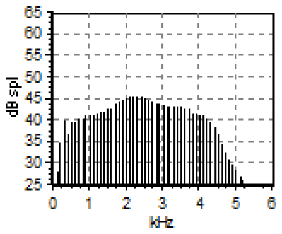


- גרף קליני נפוץ לתיאור פלט DPOAE
- בחינת פלט ה Distortion המתקבל
- הצגה גרפית
  - ציר X
    - לרב – f2
  - ציר Y
    - גודל תגובה 2f1-f2

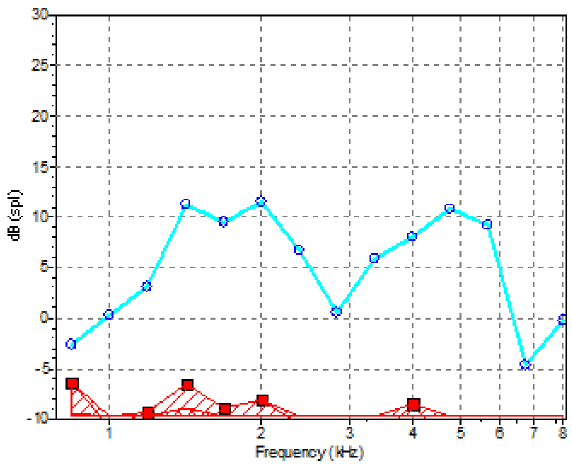
ניתוח פלט DP-Gram

Family name:	CHORDEKAR	Ear:	Right
First names:		Date/Time:	07/06/2018 17:33:58
ID number:	0000000	Test type:	DP
Sex:	Male	Stimulus:	65/55dB 4pts/oct
Date of birth:	01/01/1982	F2/F1:	1.22
Location:	InPatient	Mode:	Gen Diag
Notes:		Tester ID:	ABC
		Data file:	X7QS6731.DPG

Ear canal frequency response

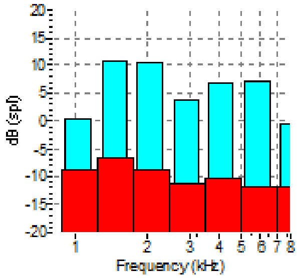


DPOAE response



Test Summary
Sum all 1/2 octave = 15.8dBspl
Ave DP 1/2oct (1-6) = 8.1dBspl

Half octave band OAE power



Freq (kHz)	Signal (dBspl)	Noise (dBspl)	SNR (dB)
1.0	0.5	-8.7	9.2
1.4	11.2	-6.5	17.7
2.0	10.5	-8.5	19.0
2.8	4.1	-11.1	15.2
4.0	7.0	-10.2	17.2
6.0	7.3	-11.5	18.8
8.0	-0.2	-11.5	11.3

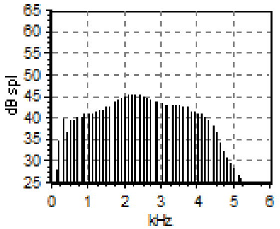
Test Environment
NLo = 1617 NHi = 127 RejLev = 5mPa, 48.0dBspl Test time = 163s
Hardware= USBOAE Probe = Probe 1

- ***Ear Canal Response***
  - לפני הבדיקה, גירוי נקישה
  - מאפשר ללמוד על מיקום הפרוב באוזן והיענות האוזן
  - המכשול העיקרי בבעיות טכניות ברישום
- ***DPOAE Response***
  - DP-Gram
- **Half Octave band OAE power**
  - תצוגה גרפית של גודל ה DP, הרעש השארי

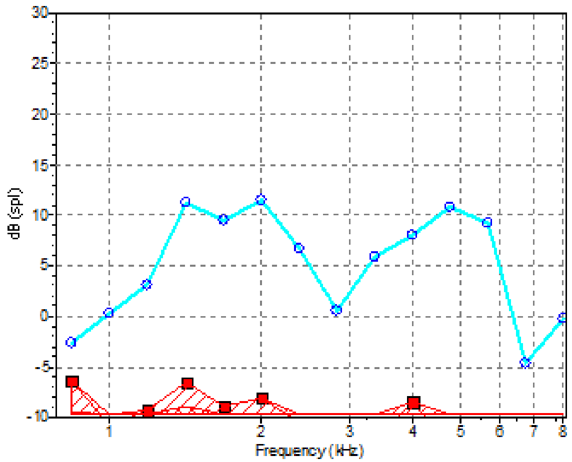
שי צורדקר

Family name:	CHORDEKAR	Ear:	Right
First names:		Date/Time:	07/06/2018 17:33:58
ID number:	0000000	Test type:	DP
Sex:	Male	Stimulus:	65/55dB 4pts/oct
Date of birth:	01/01/1982	F2/F1:	1.22
Location:	InPatient	Mode:	Gen Diag
Notes:		Tester ID:	ABC
		Data file:	X7QS6731.DPG

Ear canal frequency response



DPOAE response



Right

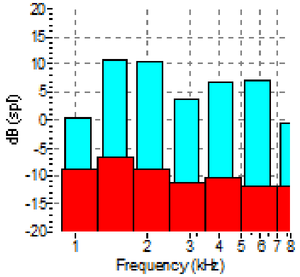
Freq Hz	L1 dBspl	L2 dBspl	DP dBspl	2SD Noise dBspl	1SD Noise dBspl	SNR dB
842	65.3	54.5	-2.7	-6.4	-9.5	3.7
1001	65.8	55.0	0.2	-10.8	-12.7	11.0
1184	65.4	55.2	3.1	-9.4	-11.7	12.5
1416	64.6	54.6	11.2	-6.5	-8.9	17.7
1685	65.3	55.8	9.5	-8.9	-11.9	18.4
2002	65.7	55.1	11.4	-8.1	-11.0	19.5
2380	65.1	54.6	6.6	-10.5	-12.7	17.1
2832	65.4	54.8	0.5	-11.8	-15.0	12.3
3369	65.0	55.5	5.8	-12.2	-14.1	18.0
4004	65.1	54.2	8.0	-8.6	-11.3	16.6
4761	64.3	49.8	10.8	-12.6	-15.1	23.4
5652	65.0 *	55.0 *	9.2	-11.0	-13.8	20.2
6726	65.0 *	55.0 *	-4.7	-11.0	-13.4	6.3
7996	65.0 *	52.7	-0.2	-11.5	-13.4	11.3

Test Summary

Sum all 1/2 octave = 15.8dBspl

Ave DP 1/2oct (1-6) = 8.1dBspl

Half octave band OAE power



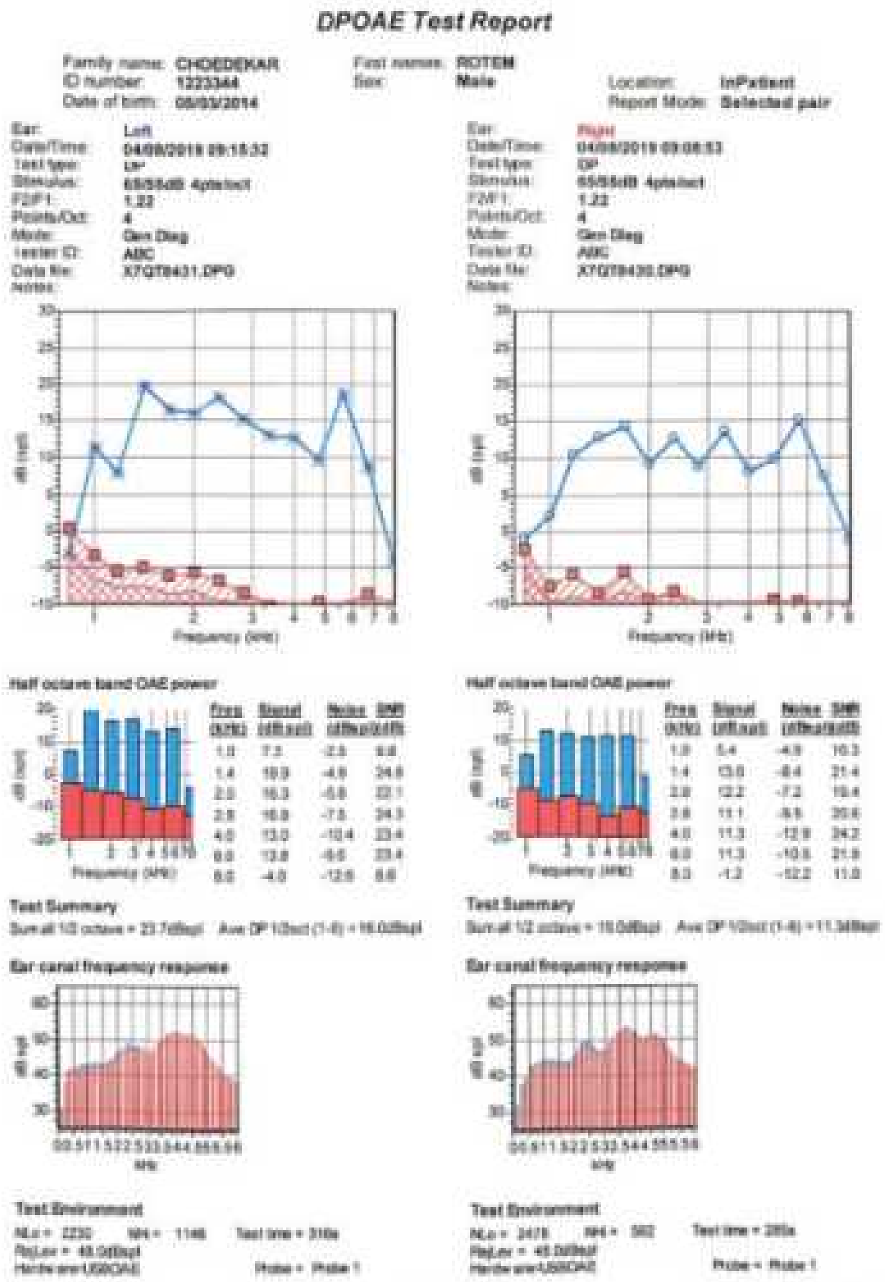
Freq (kHz)	Signal (dBspl)	Noise (dBspl)	SNR (dB)
1.0	0.5	-8.7	9.2
1.4	11.2	-6.5	17.7
2.0	10.5	-8.5	19.0
2.8	4.1	-11.1	15.2
4.0	7.0	-10.2	17.2
6.0	7.3	-11.5	18.8
8.0	-0.2	-11.5	11.3

Test Environment

NLo = 1617 NHi = 127 RejLev = 5mPa, 48.0dBspl Test time = 163s

Hardware= USBOAE Probe = Probe 1

שי צורדקר



Family name: CHOEDEKAR

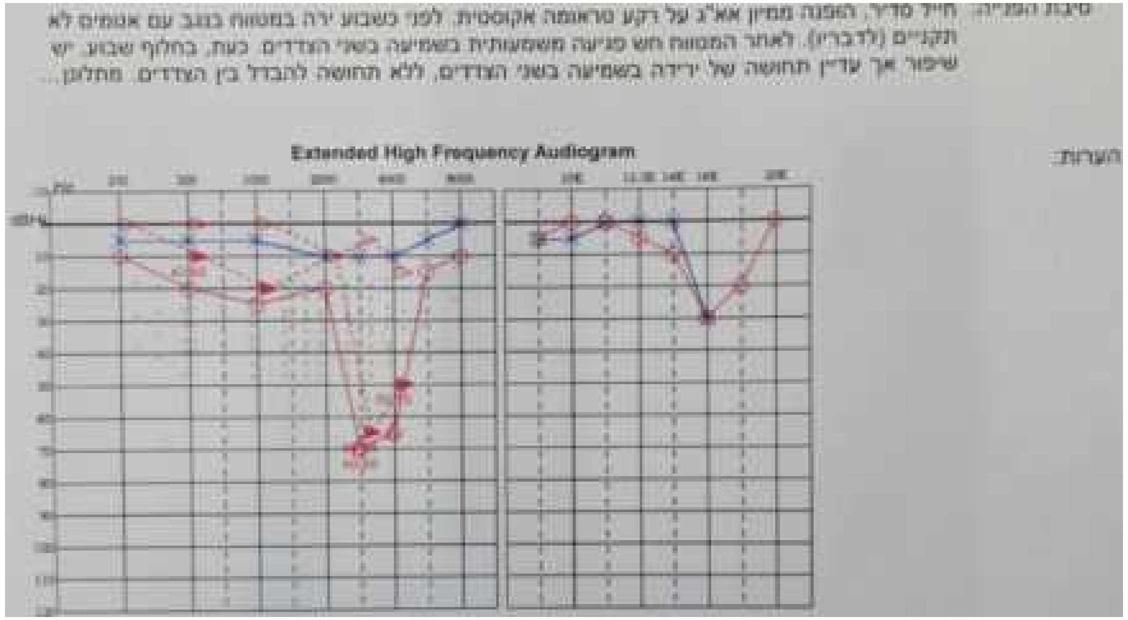
First names: ROTEM

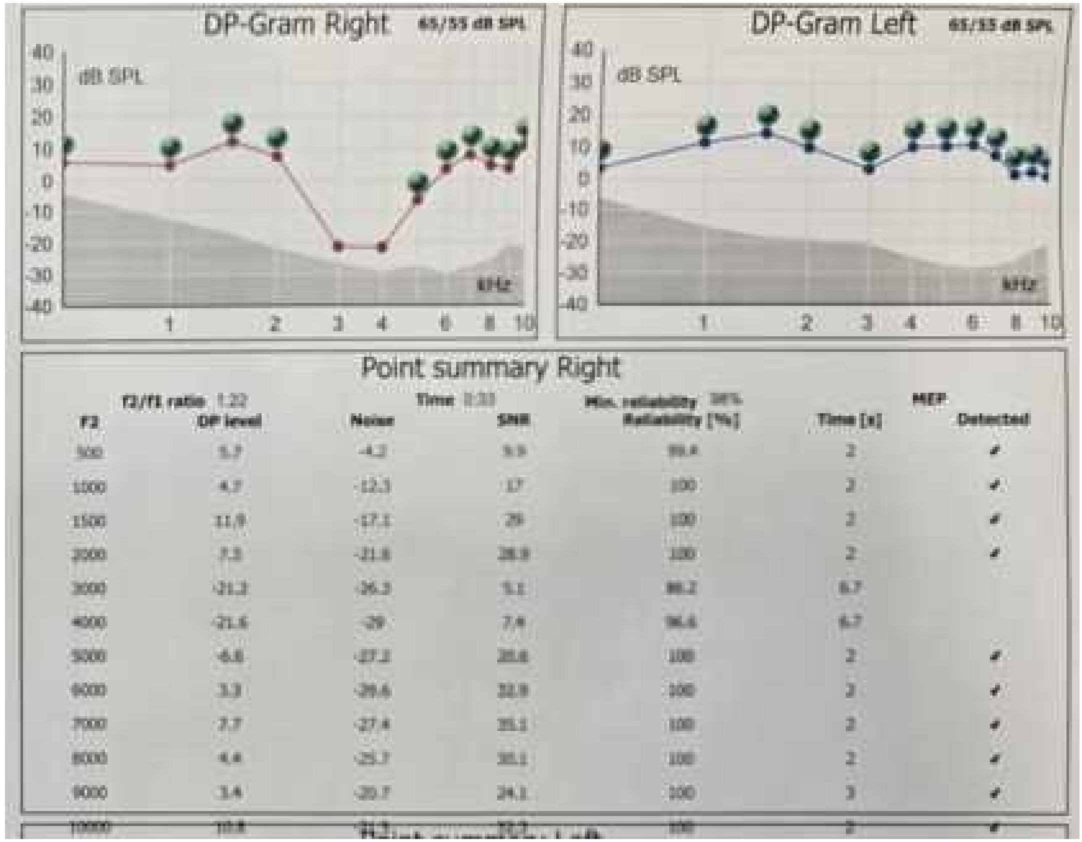
ID number: 1223344

Date of birth: 05/03/2014 Sex: Male

Left							Right						
Freq Hz	L1 dBspl	L2 dBspl	DP dBspl	2SD Noise dBspl	1SD Noise dBspl	SNR dB	Freq Hz	L1 dBspl	L2 dBspl	DP dBspl	2SD Noise dBspl	1SD Noise dBspl	SNR dB
842	63.6	53.6	-3.1	0.3	-2.4	-3.4	842	65.6	53.4	-1.0	-2.3	-5.0	1.3
1001	65.0	54.2	11.5	-3.2	-6.3	14.7	1001	65.0	53.6	2.2	-7.4	-9.8	9.8
1184	65.5	53.0	8.0	-5.5	-7.7	13.5	1184	64.2	53.7	10.6	-5.9	-6.9	16.5
1416	64.6	53.2	19.9	-4.9	-7.4	24.8	1416	64.0	53.0	13.0	-8.4	-10.0	21.4
1685	64.7	53.9	16.5	-6.0	-8.5	22.5	1685	64.6	52.5	14.4	-5.5	-8.2	19.9
2002	65.2	54.5	16.0	-5.6	-8.2	21.6	2002	64.4	53.9	9.3	-9.2	-11.2	18.5
2380	65.7	53.3	18.2	-6.7	-9.5	24.9	2380	66.2	52.3	12.8	-8.1	-10.8	20.9
2832	64.0	52.7	15.2	-8.4	-11.4	23.6	2832	64.6	54.2	9.0	-11.2	-13.7	20.2
3369	64.3	53.9	13.1	-10.2	-12.1	23.3	3369	64.6	52.8	13.7	-13.3	-15.4	27.0
4004	65.1	52.5	12.8	-10.7	-12.6	23.5	4004	64.6	51.2	8.1	-12.5	-14.8	20.8
4761	63.7	52.2	9.9	-9.6	-12.2	19.5	4761	63.6	51.0	8.8	-9.4	-12.3	19.2
5652	65.0 *	52.6	18.8	-10.8	-12.7	29.6	5652	62.7	52.2	15.0	-9.6	-11.9	24.8
6728	62.8	52.7	9.0	-8.6	-11.3	17.6	6728	63.1	55.0 *	7.4	-12.8	-14.8	20.2
7996	64.6	53.7	-4.0	-12.6	-14.7	8.6	7996	63.5	55.0 *	-1.2	-12.2	-15.1	11.0

DP-Gram and the Audiogram

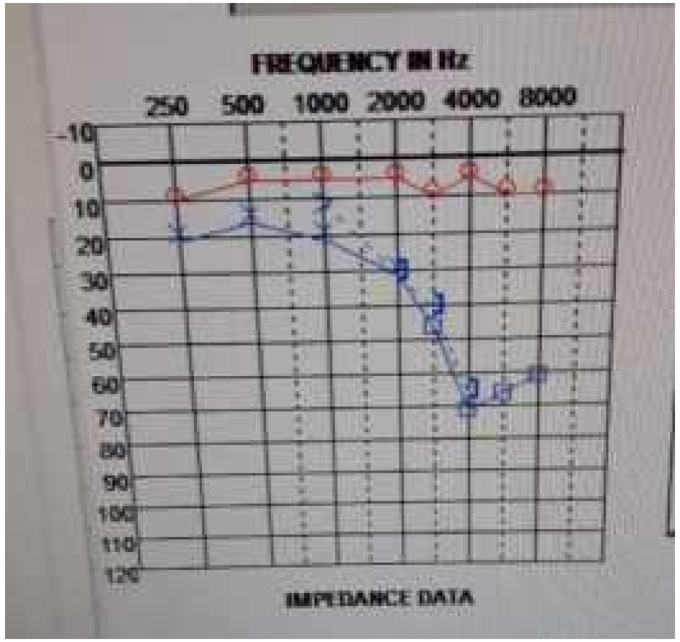




F2	DP level	Noise	SNR	Reliability [%]	Time [s]	Detected
500	5.7	-4.2	9.9	99.4	2	✓
1000	4.7	-12.3	17	100	2	✓
1500	11.9	-17.1	29	100	2	✓
2000	7.3	-21.6	28.9	100	2	✓
3000	-21.2	-26.3	5.1	86.2	6.7	
4000	-21.6	-29	7.4	96.6	6.7	
5000	-6.6	-27.2	20.6	100	2	✓
6000	3.3	-29.6	32.9	100	2	✓
7000	7.7	-27.4	35.1	100	2	✓
8000	4.4	-25.7	30.1	100	2	✓
9000	3.4	-20.7	24.1	100	3	✓
10000	10.8	[illegible]	[illegible]	100	2	✓

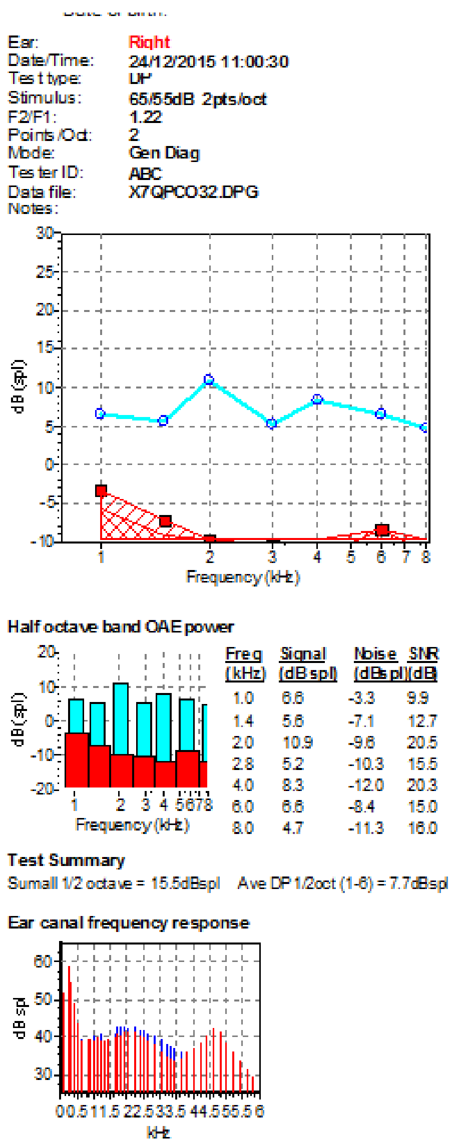
תודה לצוות אסותא אשדוד, ולירון קריב

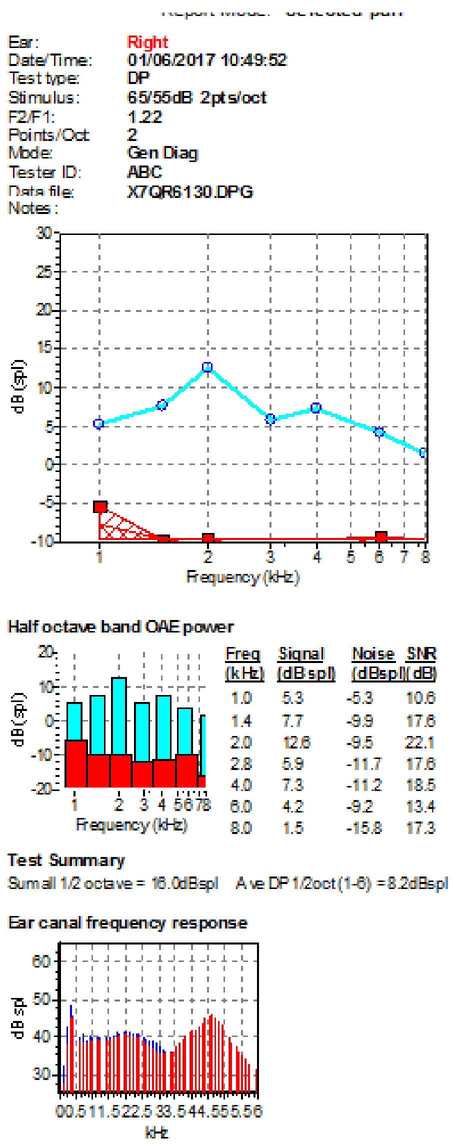
DP-gram and the Audiogram



קרדיט ביה"ח נהריה, נזלא קסיס

חזרתיות ה DP Level

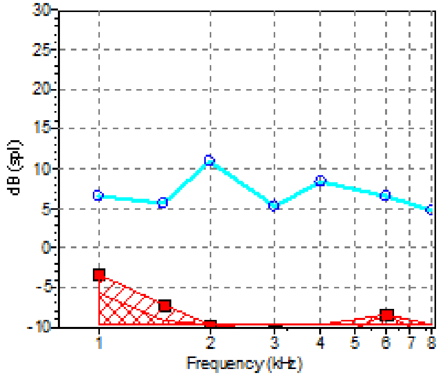




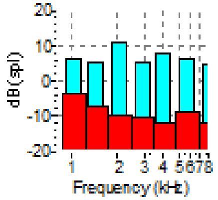
- חזרתיות התגובה גבוהה מאוד לאורך זמן
  - 3dB בין 3000-6000Hz
  - 4dB בין 2000-8000Hz
  - 5dB בתדר 1000Hz
- משמשת למעקב אחר הפעילות הקוכלארית
  - חשיפה לרעש
  - אוטוטוקסיות
- בתום הבדיקה – להשוות לתגובות DP בבדיקות קודמות
- לא חובה באותו חדר ובדיוק באותו ציוד, כן באותו הדגם

DPOAE Level monitoring (Menti)

Ear:	Right
Date/Time:	24/12/2015 11:00:30
Test type:	DP
Stimulus:	65/55dB 2pts/oct
F2/F1:	1.22
Points/Oct:	2
Mode:	Gen Diag
Tester ID:	ABC
Data file:	X7QPCO32.DPG
Notes:	



Half octave band OAE power

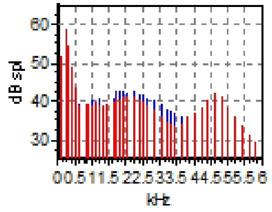


Freq (kHz)	Signal (dB spl)	Noise (dB spl)	SNR (dB)
1.0	6.6	-3.3	9.9
1.4	5.6	-7.1	12.7
2.0	10.9	-9.6	20.5
2.8	5.2	-10.3	15.5
4.0	8.3	-12.0	20.3
6.0	6.6	-8.4	15.0
8.0	4.7	-11.3	16.0

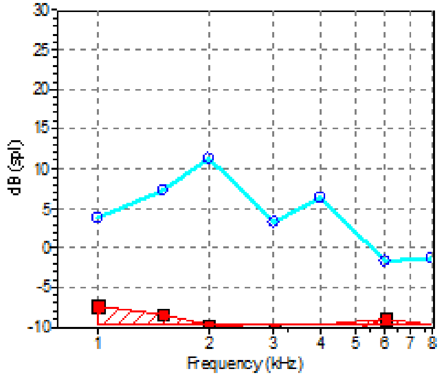
Test Summary

Sumall 1/2 octave = 15.5dBspl Ave DP 1/2oct (1-6) = 7.7dBspl

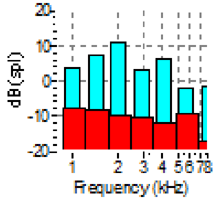
Ear canal frequency response



Ear:	Right
Date/Time:	03/04/2017 08:04:22
Test type:	DP
Stimulus:	65/55dB 2pts/oct
F2/F1:	1.22
Points/Oct:	2
Mode:	Gen Diag
Tester ID:	ABC
Data file:	X7QR4330.DPG
Notes:	



Half octave band OAE power

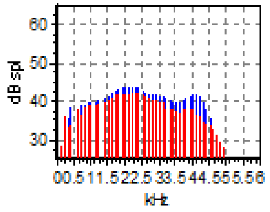


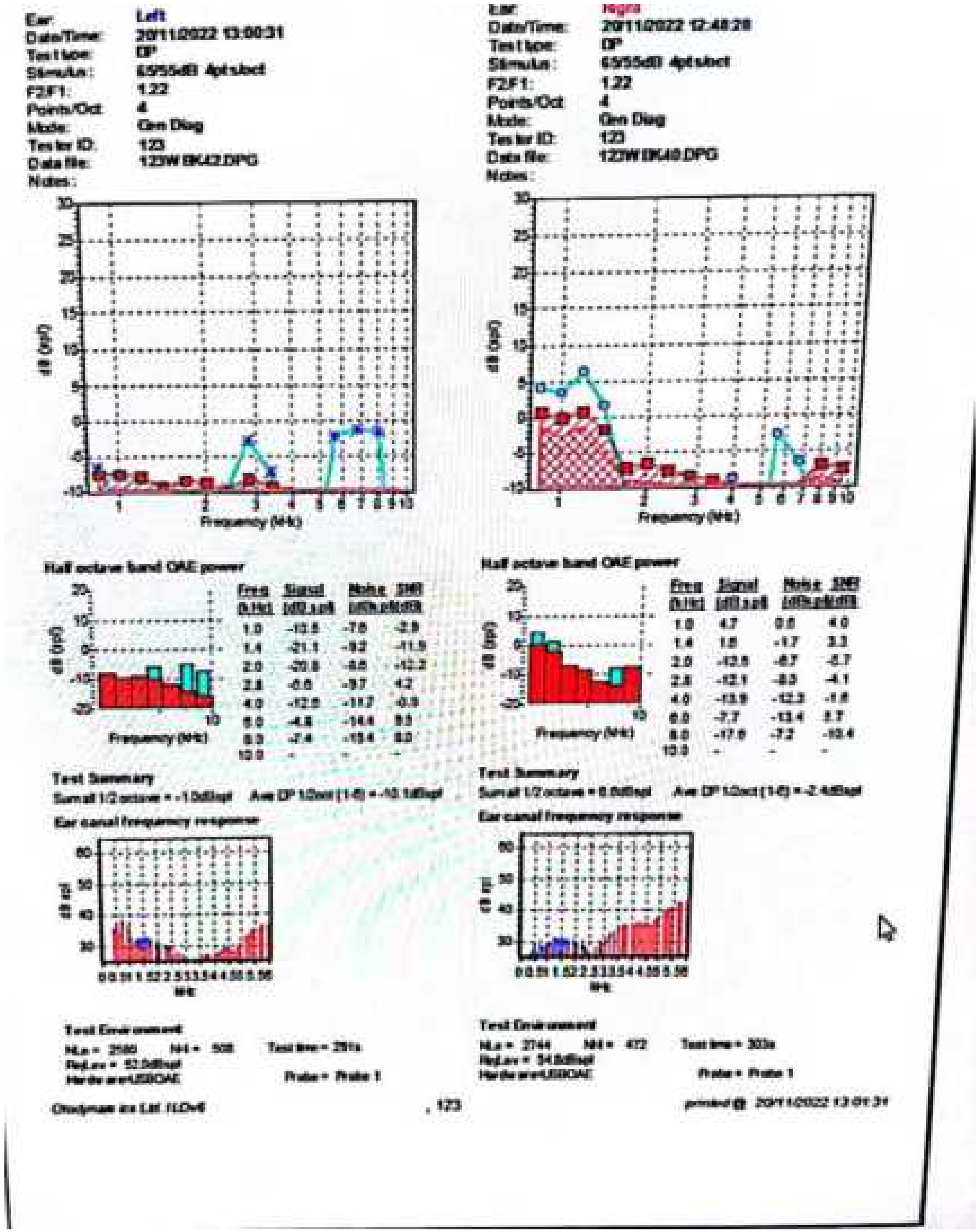
Freq (kHz)	Signal (dB spl)	Noise (dB spl)	SNR (dB)
1.0	3.9	-7.3	11.2
1.4	7.3	-8.3	15.6
2.0	11.3	-9.7	21.0
2.8	3.2	-10.2	13.4
4.0	6.4	-11.9	18.3
6.0	-1.6	-9.0	7.4
8.0	-1.3	-16.8	15.5

Test Summary

Sumall 1/2 octave = 14.5dBspl Ave DP 1/2oct (1-6) = 6.8dBspl

Ear canal frequency response





Ear: Left
Date/Time: 20/11/2022 13:00:31
Test type: DP
Stimulus: 65/55dB 4pts/oct
F2/F1: 1.22
Points/Oct: 4
Mode: Gen Diag
Tester ID: 123
Data file: 123W0K42.DPG
Notes:

Half octave band OAE power

Freq (kHz)	Signal (dB spl)	Noise (dB spl)	SNR (dB)
1.0	-10.5	-7.6	-2.9
1.4	-21.1	-9.2	-11.9
2.0	-20.8	-8.6	-12.2
2.8	-5.5	-9.7	4.2
4.0	-12.6	-11.7	-0.9
6.0	-4.6	-14.4	9.8
8.0	-2.4	-10.4	8.0
10.0	-	-	-

Test Summary
Sum all 1/2 octave = -1.0dBspl Ave DP 1/2oct (1-6) = -10.1dBspl

Ear canal frequency response

Test Environment
NLo = 2580 NHi = 508 Test time = 291s
RejLev = 52.0dBspl
Hardware=USBOAE Probe = Probe 1

Otodynamics Ltd ILOv6 , 123

Ear: Right
Date/Time: 20/11/2022 12:48:28
Test type: DP
Stimulus: 65/55dB 4pts/oct
F2/F1: 1.22
Points/Oct: 4
Mode: Gen Diag
Tester ID: 123
Data file: 123W0K40.DPG
Notes:

Half octave band OAE power

Freq (kHz)	Signal (dB spl)	Noise (dB spl)	SNR (dB)
1.0	4.7	0.6	4.0
1.4	1.6	-1.7	3.3
2.0	-12.5	-8.7	-3.7
2.8	-12.1	-8.0	-4.1
4.0	-13.9	-12.3	-1.6
6.0	-7.7	-13.4	5.7
8.0	-17.6	-7.2	-10.4
10.0	-	-	-

Test Summary
Sum all 1/2 octave = 8.8dBspl Ave DP 1/2oct (1-6) = -2.4dBspl

Ear canal frequency response

Test Environment
NLo = 2744 NHi = 472 Test time = 303s
RejLev = 34.8dBspl
Hardware=USBOAE Probe = Probe 1

printed @ 20/11/2022 13:01:31

Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

- תיאור הליך הבדיקה
- ה- DP-Gram
- ניתוח התגובה

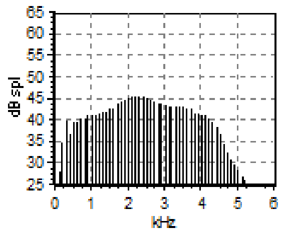
אפשרויות תגובה בפלט אקוסטי

- SNR ≥ 6 dB
  - גודל התגובה מתאים לפעילות קוכלארית תקינה
    - *"התקבלה תגובה בנורמה"*
  - גודל התגובה אינו מתאים לפעילות קוכלארית תקינה
    - *"התקבלה תגובה שאינה בנורמה"*
- SNR ≤ 6 dB, ורעש שארי נמוך
  - "לא התקבלה תגובה"

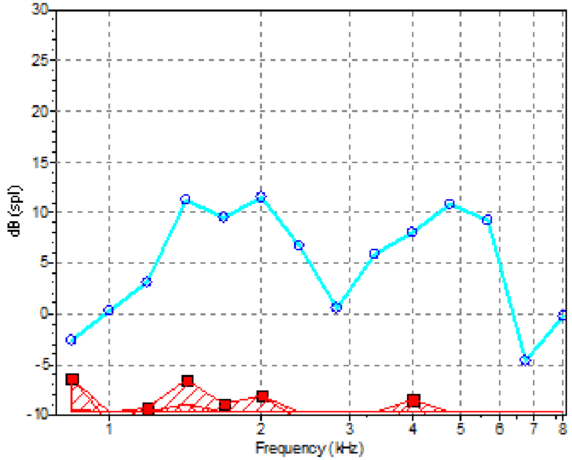
ניתוח פלט DP-Gram

Family name:	CHORDEKAR	Ear:	Right
First names:		Date/Time:	07/06/2018 17:33:58
ID number:	0000000	Test type:	DP
Sex:	Male	Stimulus:	65/55dB 4pts/oct
Date of birth:	01/01/1982	F2/F1:	1.22
Location:	InPatient	Mode:	Gen Diag
Notes:		Tester ID:	ABC
		Data file:	X7QS6731.DPG

Ear canal frequency response

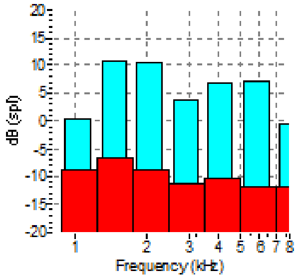


DPOAE response



Test Summary
Sum all 1/2 octave = 15.8dBspl
Ave DP 1/2oct (1-6) = 8.1dBspl

Half octave band OAE power



Freq (kHz)	Signal (dBspl)	Noise (dBspl)	SNR (dB)
1.0	0.5	-8.7	9.2
1.4	11.2	-6.5	17.7
2.0	10.5	-8.5	19.0
2.8	4.1	-11.1	15.2
4.0	7.0	-10.2	17.2
6.0	7.3	-11.5	18.8
8.0	-0.2	-11.5	11.3

Test Environment
NLo = 1617 NHi = 127 RejLev = 5mPa, 48.0dBspl Test time = 163s
Hardware= USBOAE Probe = Probe 1

- ***טבלת תגובת DPOAE***
  - f2 תדר – Freq (kHz)
  - DP גודל תגובת ה – Signal (DPspl)
  - גודל הרעש השארי – Noise (dB spl)
  - יחס התגובה לרעש – SNR (dB)
- מתי ישנה תגובה?
  - בכל Band שבו יש 6dB SNR
- מתי ניתן לומר שהתגובה בנורמה?
  - גודל התגובה מתאימה לפעילות קוכלארית תקינה
    - כלל אצבע – 0dB SPL
    - תלוי מכשיר

Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

- תיאור הליך הבדיקה
- ה- DP-Gram
- ניתוח התגובה
- נורמות גודל תגובה

נורמות של גודל תגובת ה DPOAE

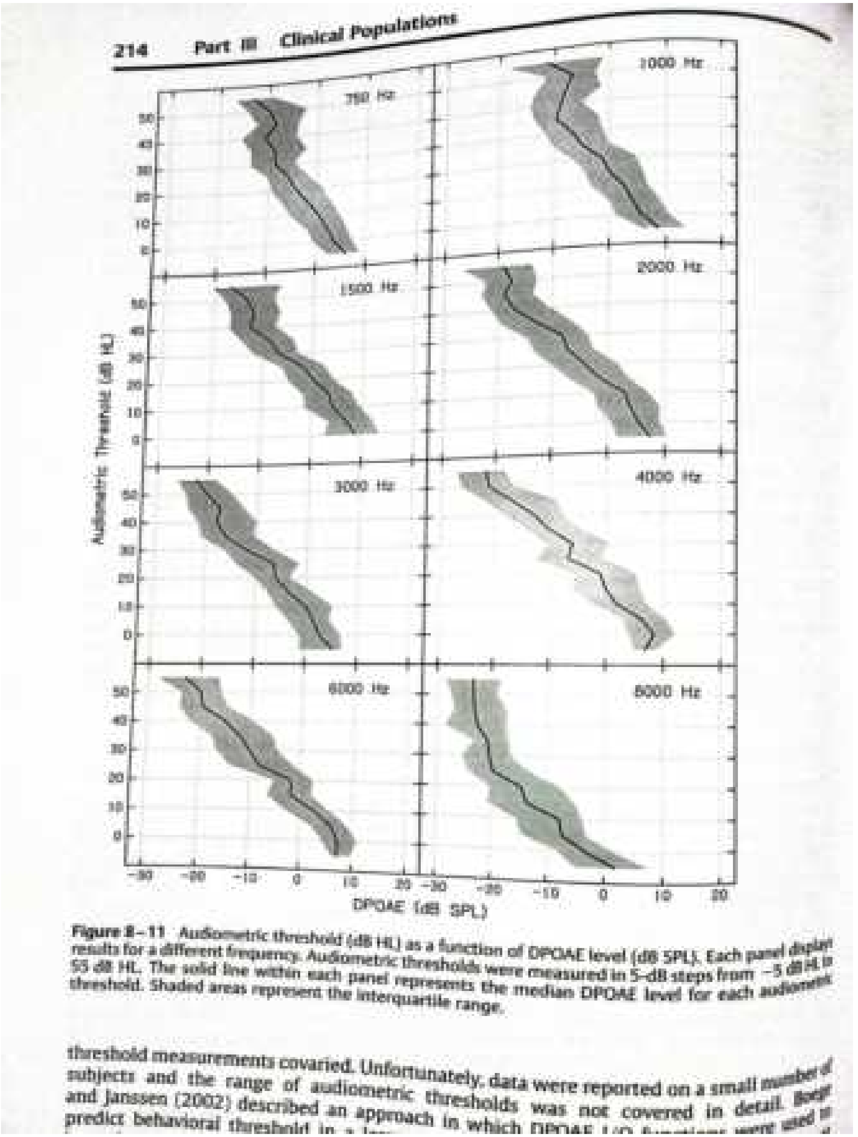

214 Part III Clinical Populations

Figure 8–11 Audiometric threshold (dB HL) as a function of DPOAE level (dB SPL). Each panel displays results for a different frequency. Audiometric thresholds were measured in 5-dB steps from −5 dB HL to 55 dB HL. The solid line within each panel represents the median DPOAE level for each audiometric threshold. Shaded areas represent the interquartile range.

threshold measurements covaried. Unfortunately, data were reported on a small number of subjects and the range of audiometric thresholds was not covered in detail. Boege and Janssen (2002) described an approach in which DPOAE I/O functions were used to predict behavioral threshold in a

1. איסוף נתונים משמיעה בנורמה וליקויי שמיעה SN

2. איסוף נתונים משמיעה בנורמה
   - איסוף נורמות פר גיל

נורמות לגודל התגובת DPOAE

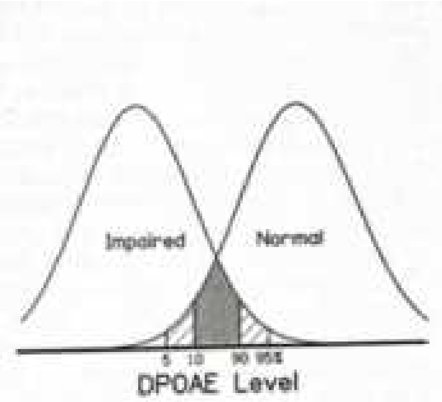
Ear Hear. 1997 Dec;18(6):440-55.

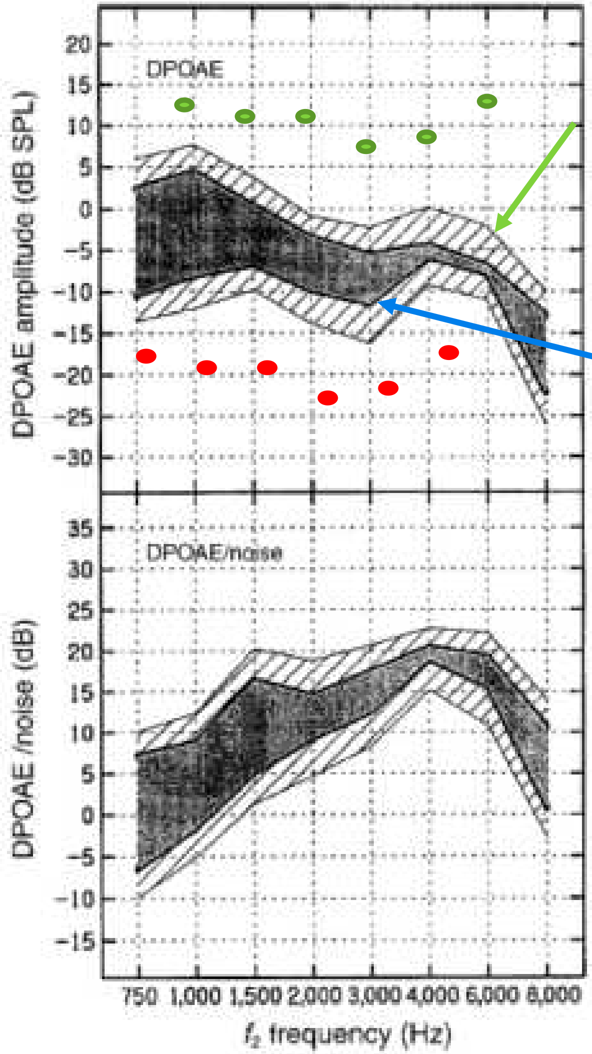
From laboratory to clinic: a large scale study of distortion product otoacoustic emissions in ears with normal hearing and ears with hearing loss.

Gorga MP[1], Neely ST, Ohlrich B, Hoover B, Redner J, Peters J.

- 806 נבדקים
- 1267 אוזניים
- מגיל 1 עד 96 שנים
- ללא פתולוגית אוזן תיכונה וללא ABG
- עם וללא לקויות SN
- ציוד - Biologic Scout

נורמות לגודל תגובת ב DPOAE





אחוזון 90-95
ליקוי SN

אחוזון 5-10
שמיעה בנורמה

- 6dB SNR ומעלה
  - תגובה מעל אחוזון 90-95 של לקויי SN + מעל אחוזון 5-10 של שמיעה בנורמה– סבירות שהתגובה בנורמה
  - תגובה מתחת לאחוזון 5-10 של שמיעה בנורמה – סבירות שהתגובה אינה בנורמה.
  - טווח כהה – Region of Uncertainty
- יש לקבוע נורמות פר מכשיר

DPOAE Screening
(Hall, 2016)

- תתכן תגובה גם כשיש ליקוי קל-בינוני
- הצעה לפתרון:

Table 3. A New Feasible Evidence-Based Strategy for Effective and Efficient Hearing Screening in Preschool Children

6 Months to 4 Years

Primary Screening Technique: Distortion product otoacoustic emissions (DPOAEs)
- Stimulus intensity: L1 = 65 dB SPL; L2 = 55 dB SPL
- F2 frequency region = 2000 to 5000 Hz
- Frequencies per octave = 4
- Pass Criteria
  - o DPOAE amplitude = >0 dB SPL
  - o DPOAE – noise floor = > 6 dB

Secondary Screening Techniques for Refer Outcome
- Tympanometry
- Acoustic reflex for broadband noise signal as indicated
- Otoscopy as indicated

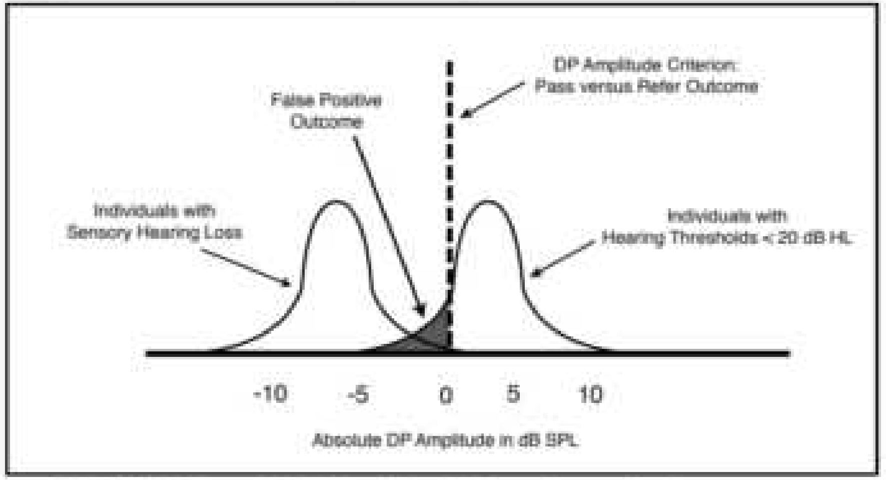
≥ 4 Years

Primary Screening Technique: Distortion product otoacoustic emissions (DPOAEs)
- Stimulus intensity: L1 = 65 dB SPL; L2 = 55 dB SPL
- F2 frequency region = 2000 to 5000 Hz
- Frequencies per octave = 4
- Pass Criteria
  - o DPOAE amplitude = >0 dB SPL
  - o DPOAE – noise floor = > 6 dB

Follow-up Techniques for Children Who Do Not Pass DPOAE
- Tympanometry
- Pure tone hearing screening at 20 dB HL if possible
- Acoustic reflex for broadband noise signal if indicated
- Otoscopy as indicated

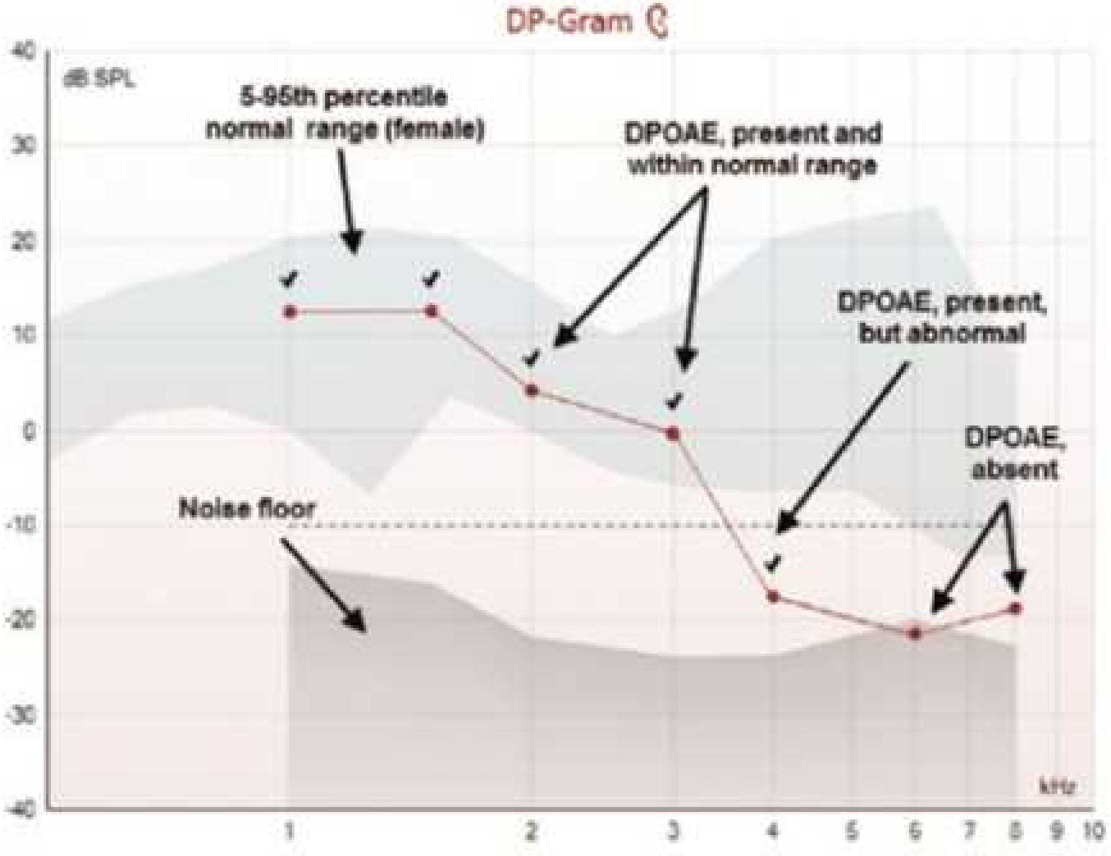
Note. HL = hearing level, SPL = sound pressure level; F2 = higher test frequency; L = intensity level of F1 and F2

Figure 1. Pre-School Hearing Screening with OAEs



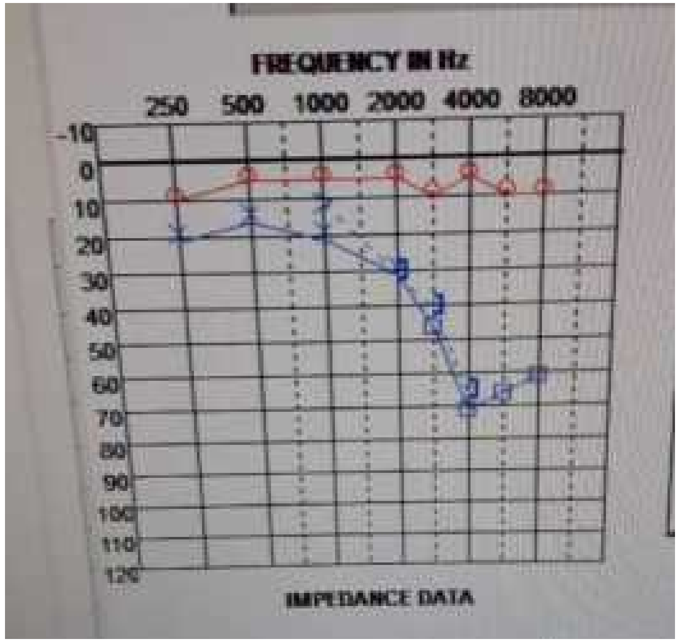
Note. DP = distortion product; HL = hearing level; SPL = sound pressure level

טווחי תגובה משמיעה בנורמה, מכשיר Titan

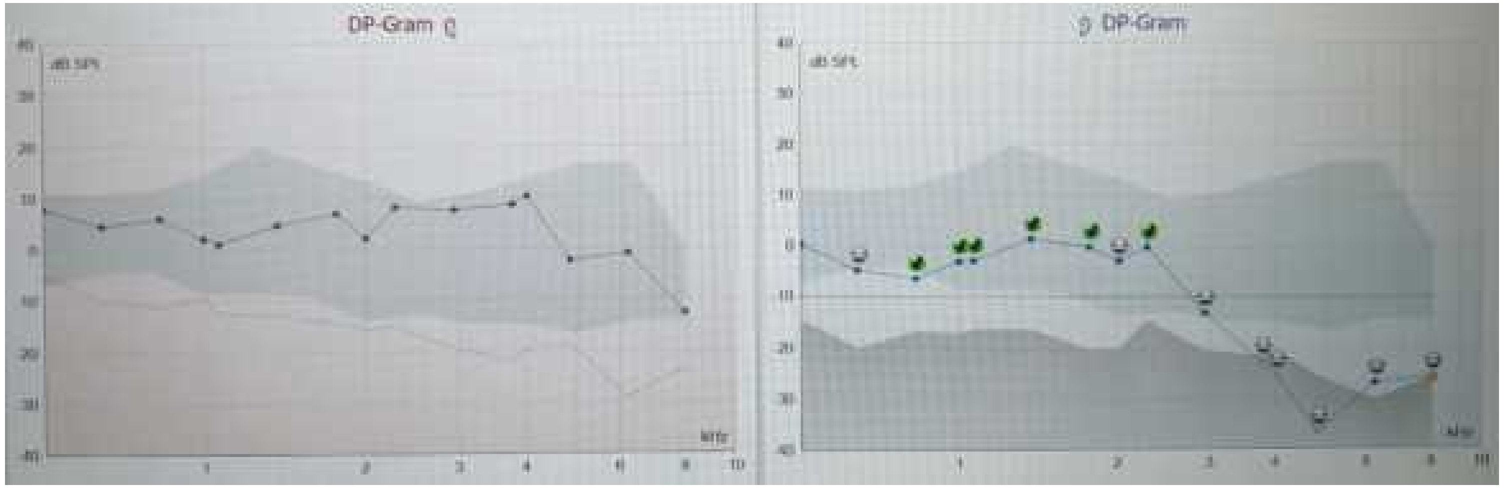


Ramos et al., 2013


View Session
DP-Gram
dB SPL
kHz
Time 53 sec
Back
Print


FREQUENCY IN Hz
250 500 1000 2000 4000 8000
IMPEDANCE DATA


View Session
DP-Gram
dB SPL
kHz
Time 116 sec
Back
Print


DP-Gram
dB SPL
DP-Gram
dB SPL

מכון שמיעה ודיבור, בית החולים הדסה עין כרם
המכללה האקדמית הדסה, החוג להפרעות בתקשורת

<u>נורמות לאמפליטודות התגובה בבדיקת DPOAE במכשיר Otodynamics ILO v6 (Version 2 – נובמבר 2023)</u>

- פרוטוקול איסוף הנתונים על פי המלצותיו של Hall, 2015. בסיס הנתונים ופרוטוקול האיסוף נשלח לפרופ' Hall, וקיבל את ברכתו.
- הנורמות נאספו מ-20 ילדים בעלי שמיעה בנורמה בין הגילאים 5-10 שנים, טימפ' Type A, ללא היסטוריה של מחלות אוזניים או קשיי שמיעה.
- פרוטוקול הבדיקה – f1/f=1.22, L1=65dB SPL, L2=55dB SPL, 4 points per octave, Minimum 6dB SNR, Recommended residual noise minus 10dB SPL.
- בטבלה מופיעים אחוזוני 5, 10, 50, 90, 95 של גודל התגובה ב 2f1-f2 (dB SPL) בתדרים בהם התקבלה תגובה ב 6 dB SNR ומעלה.
  - נבדק המדגים תגובה מתחת לאחוזון 5-10 – ניתן לומר כי אמפ' התגובה שלו אינה מתאימה לפעילות קוכלארית תקינה.
  - נבדק המדגים תגובה מעל אחוזון 90-95 – ניתן לומר ברמת ודאות גבוהה כי אמפ' התגובה מתאימה לפעילות הקוכלארית תקינה.
  - נבדק המדגים תגובה בין אחוזון 5-95 או 10-90 – לא ניתן לומר כי התגובה בהכרח מתאימה לפעילות קוכלארית תקינה. כדי לדעת זאת בוודאות יש לאסוף נתונים מקבוצת נבדקים בעלי לקות שמיעה SN ולקבוע את אחוזון 90-95 שלהם. נשמח לשיתוף פעולה באיסוף נתונים אלו.

7996	6726	5652	4761	4004	3369	2832	2380	2002	1685	1416	1184	1001	842	Frequency (Hz)
-11.8	-4.7	-1.8	-0.3	-2.0	1.4	-1.8	3.2	3.0	0.1	-1.0	-3.8	-2.7	-1.0	5th
-6.8	-1.5	1.9	1.2	2.9	3.5	1.9	3.9	3.8	5.3	2.5	-1.7	-0.7	0.2	10th
3.6	9.0	15.5	14.1	11.8	9.5	10.5	9.9	12.4	13.5	13.9	9.5	8.0	6.6	50th
12.4	17.4	21.8	19.7	15.9	14.3	15.9	15.2	18.2	19.7	20.9	17.7	15.3	12.4	90th
13.1	18.3	22.8	22.4	16.6	15.9	16.5	18.8	19.0	21.4	22.0	20.5	16.8	14.3	95th

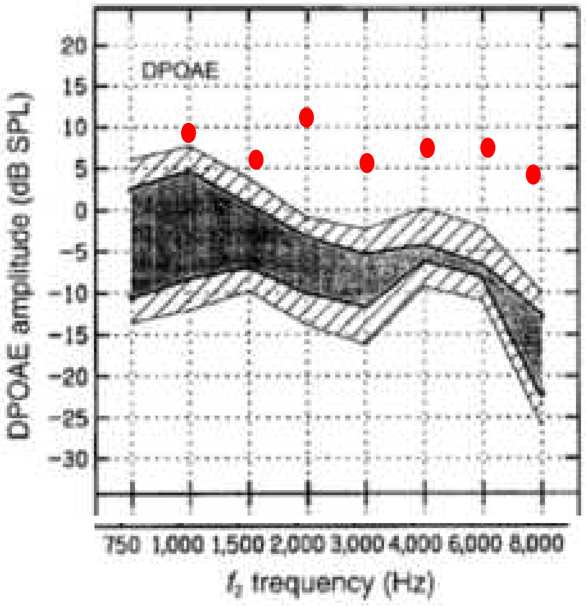
נשמח להשיב לכל שאלה בעניין זה

shaychor@gmail.com

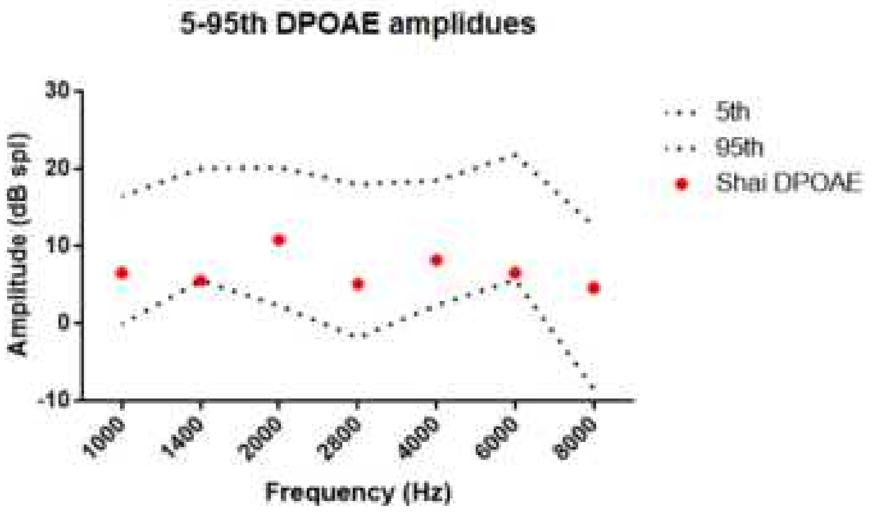
- Hall, J. W. (2015, August). A clinician's guide to OAE measurement and analysis. AudiologyOnline, Article 14981. Retrieved from http://www.audiologyonline.com.

יש תגובה, האם היא בנורמה?

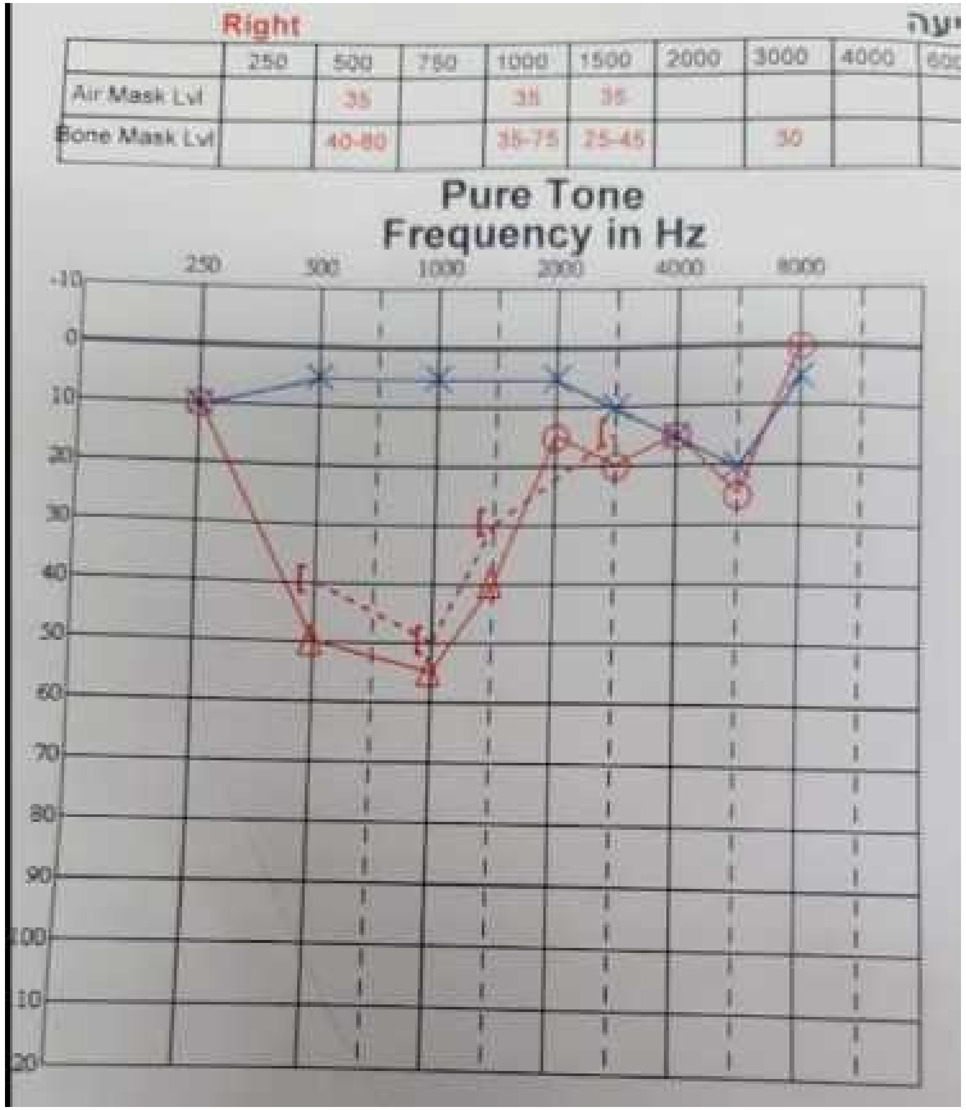
לפי נורמות של Gorga

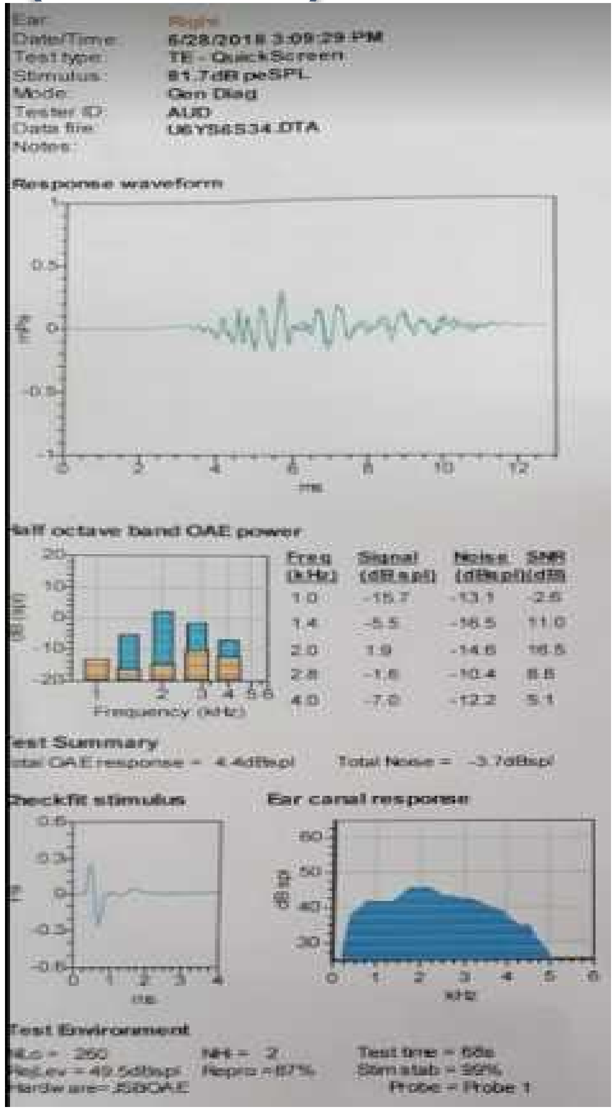


איסוף נורמות מהקליניקה
38 אוזניים שמיעה תקינה

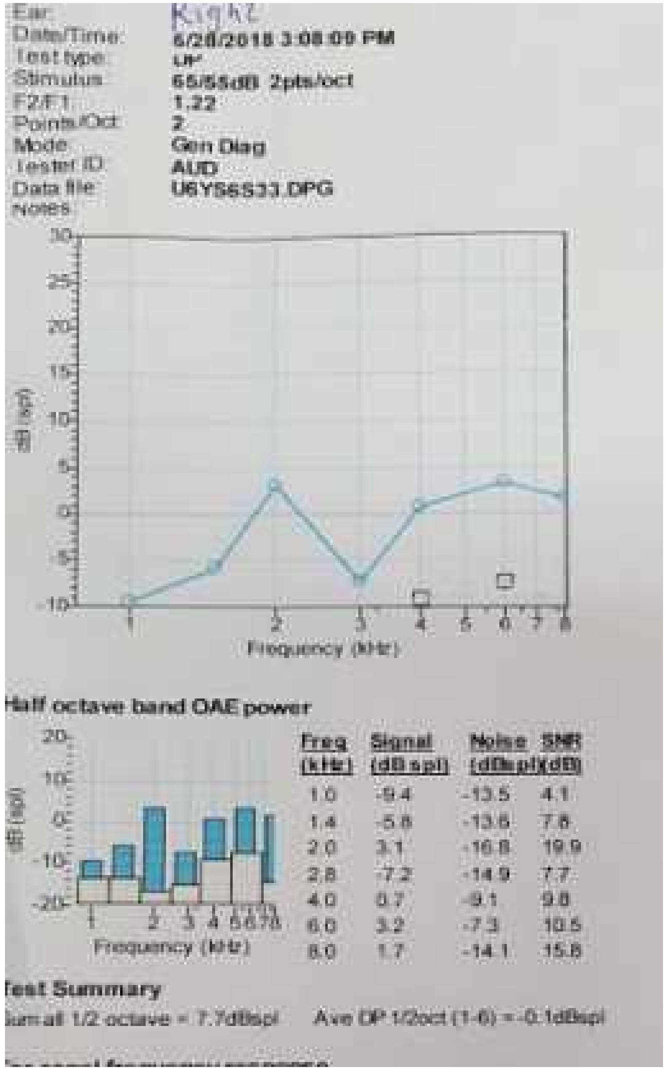


Sudden HL (Menti)





Sudden HL – מקרה
קוכלארי או לא?



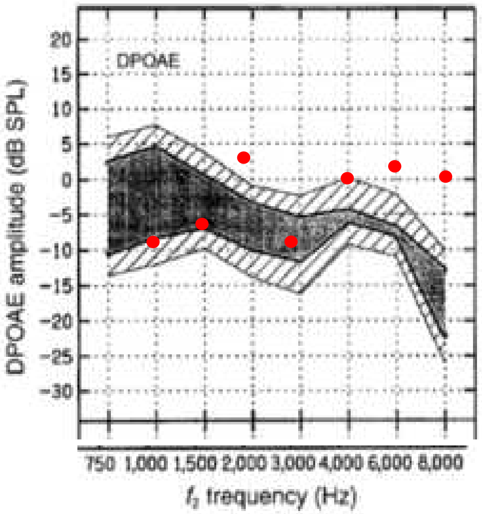
Ear:	Right
Date/Time:	6/28/2018 3:08:09 PM
Test type:	DP
Stimulus:	65/55dB 2pts/oct
F2/F1:	1.22
Points/Oct:	2
Mode:	Gen Diag
Tester ID:	AUD
Data file:	U6YS6S33.DPG
Notes:	

Half octave band OAE power

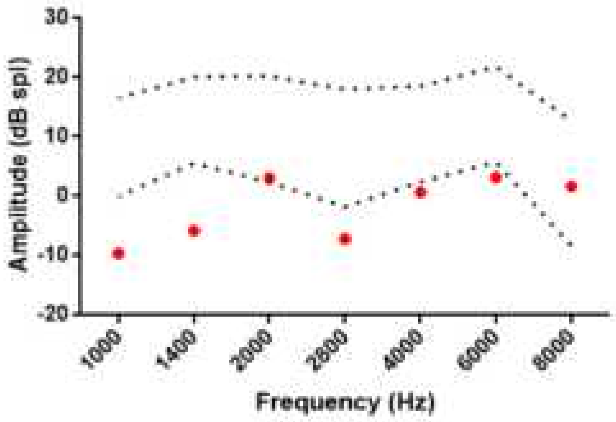
Freq (kHz)	Signal (dB spl)	Noise (dBspl)	SNR (dB)
1.0	-9.4	-13.5	4.1
1.4	-5.8	-13.6	7.8
2.0	3.1	-16.8	19.9
2.8	-7.2	-14.9	7.7
4.0	0.7	-9.1	9.8
6.0	3.2	-7.3	10.5
8.0	1.7	-14.1	15.8

Test Summary

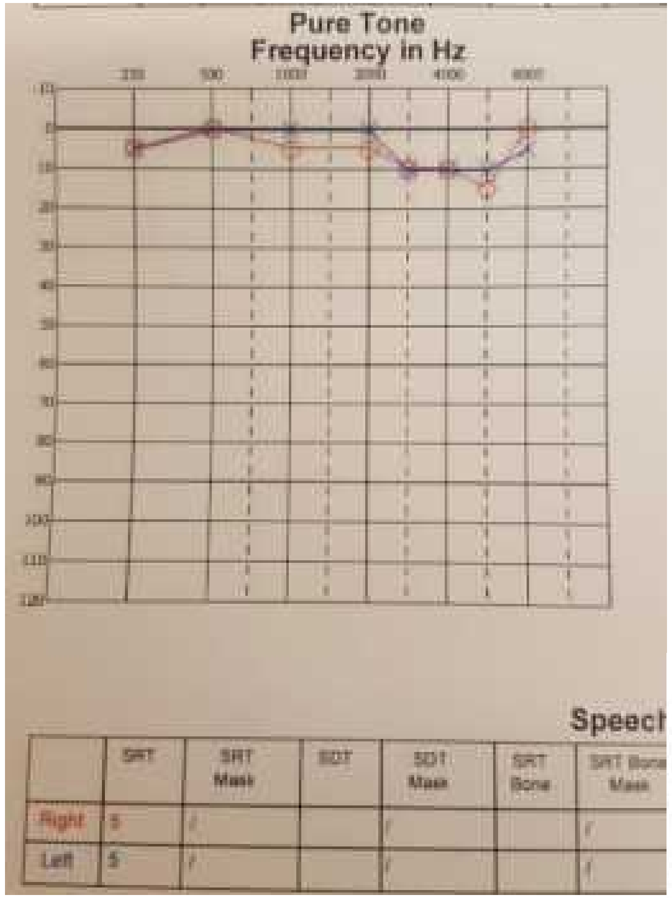
Sum all 1/2 octave = 7.7dBspl   Ave DP 1/2oct (1-6) = -0.1dBspl

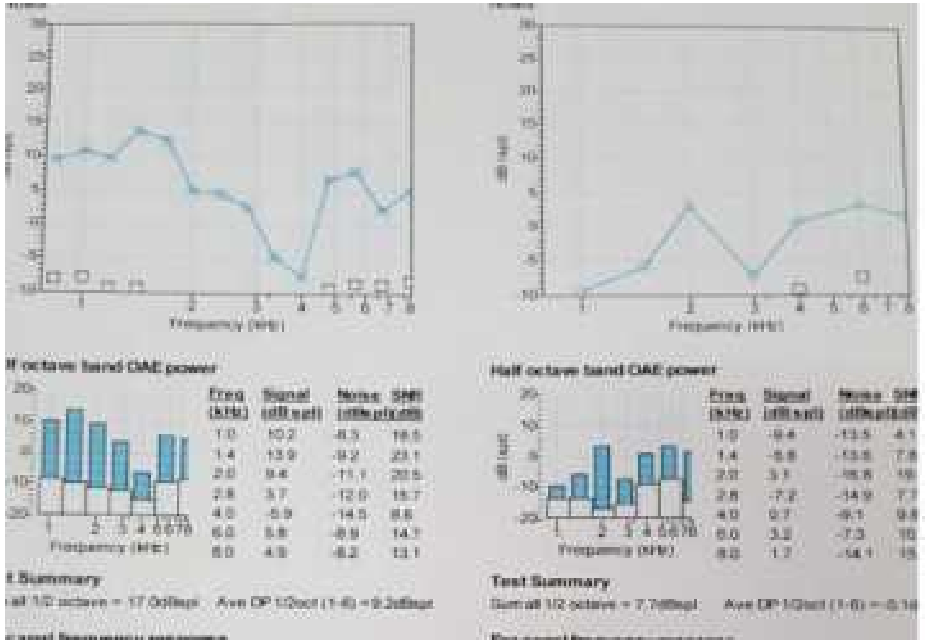


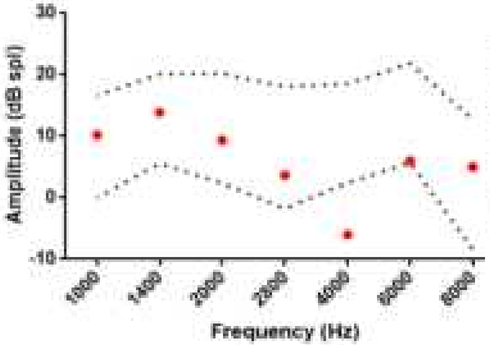
5-95th DPOAE amplidues

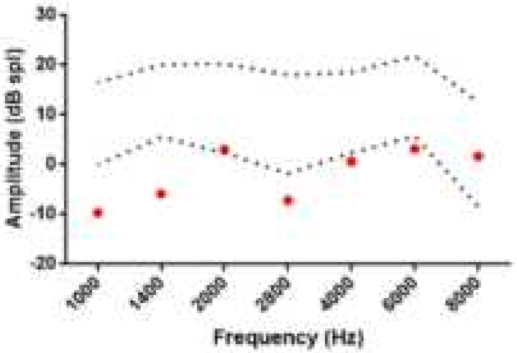


Sudden HL – מקרה
לאחר שבוע טיפול

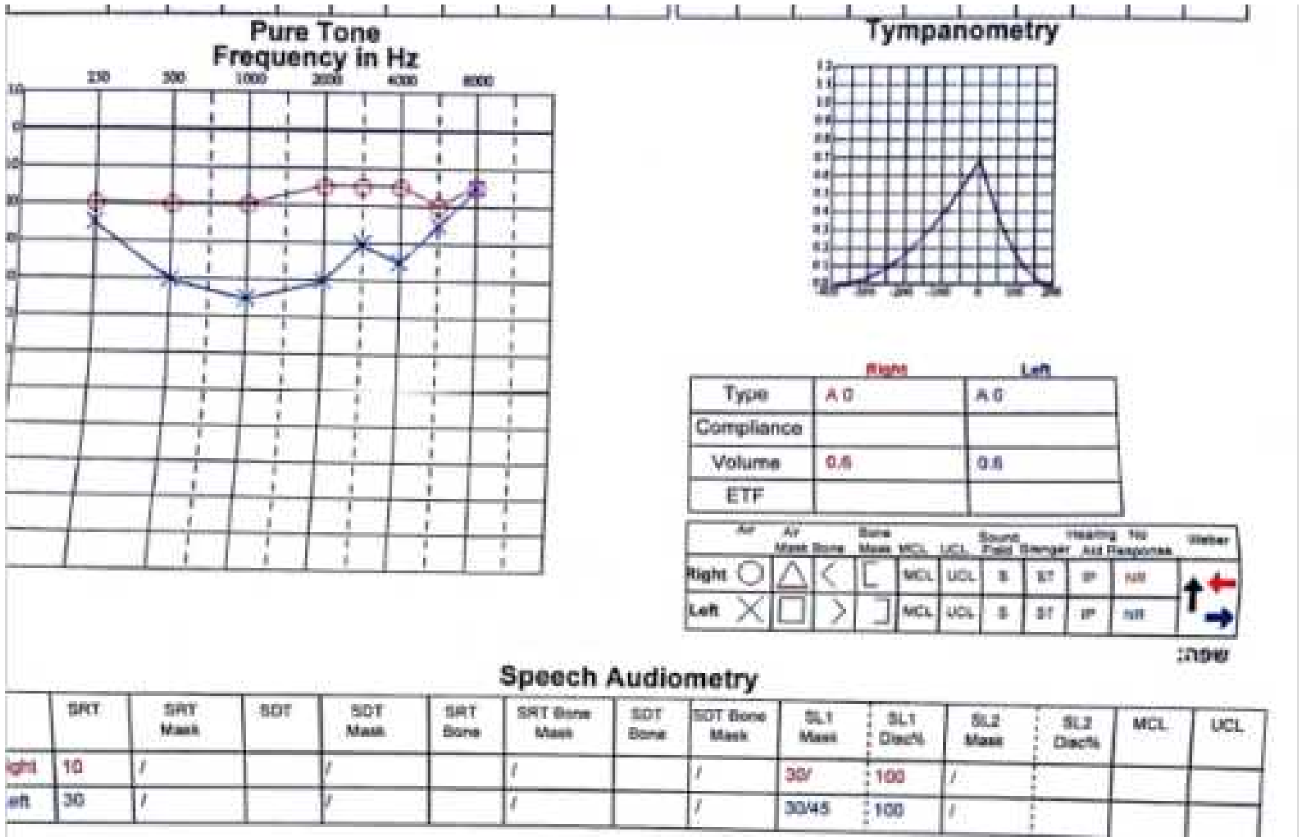




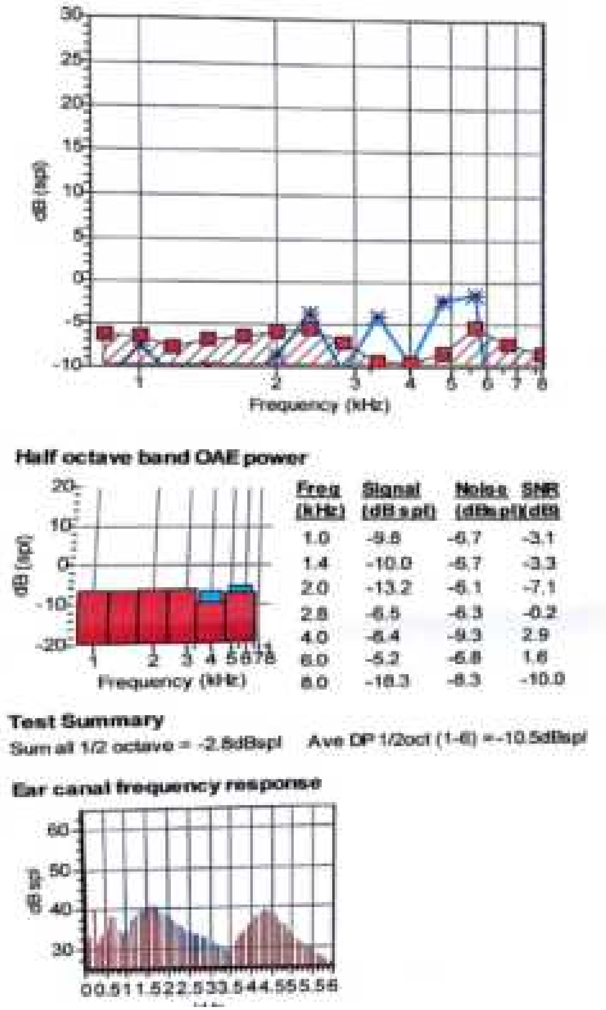


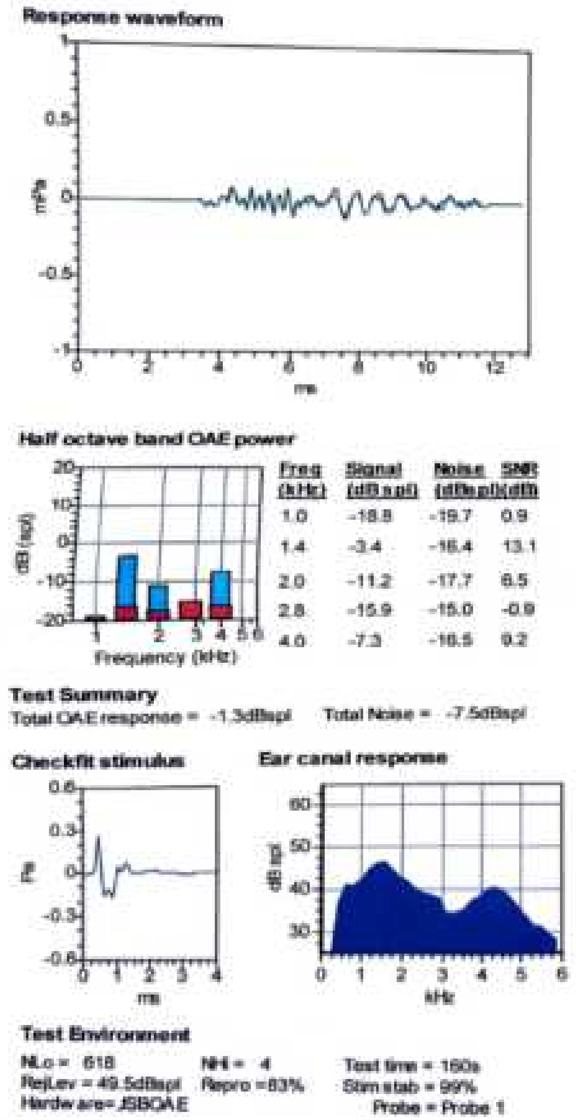


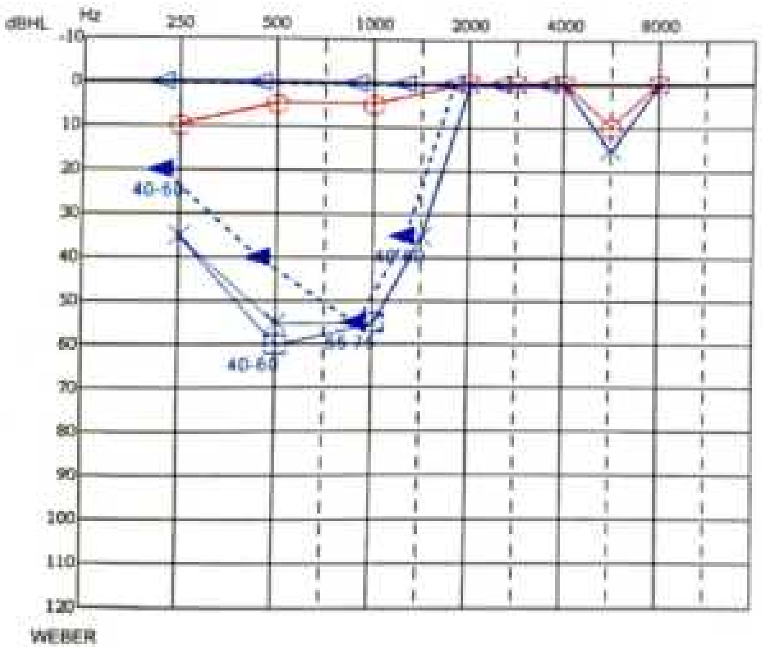
מקרה דומה נוסף

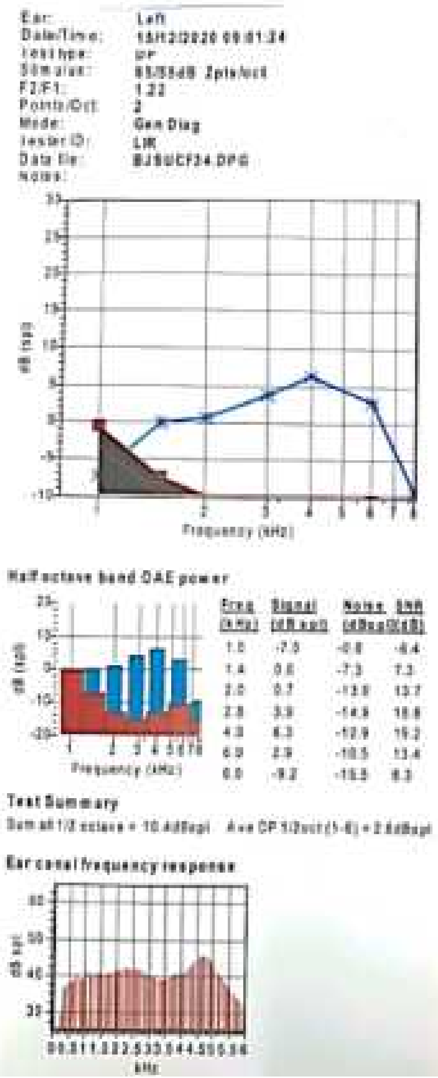


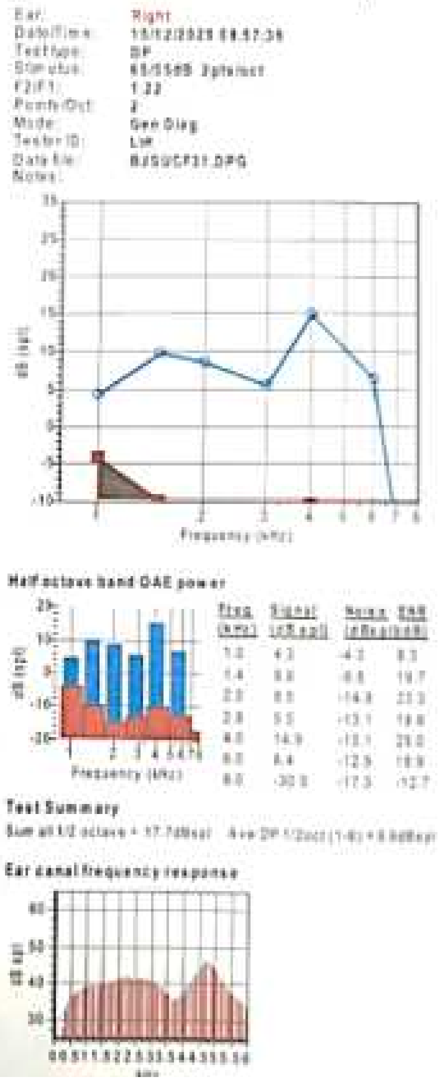
TE present but no DP





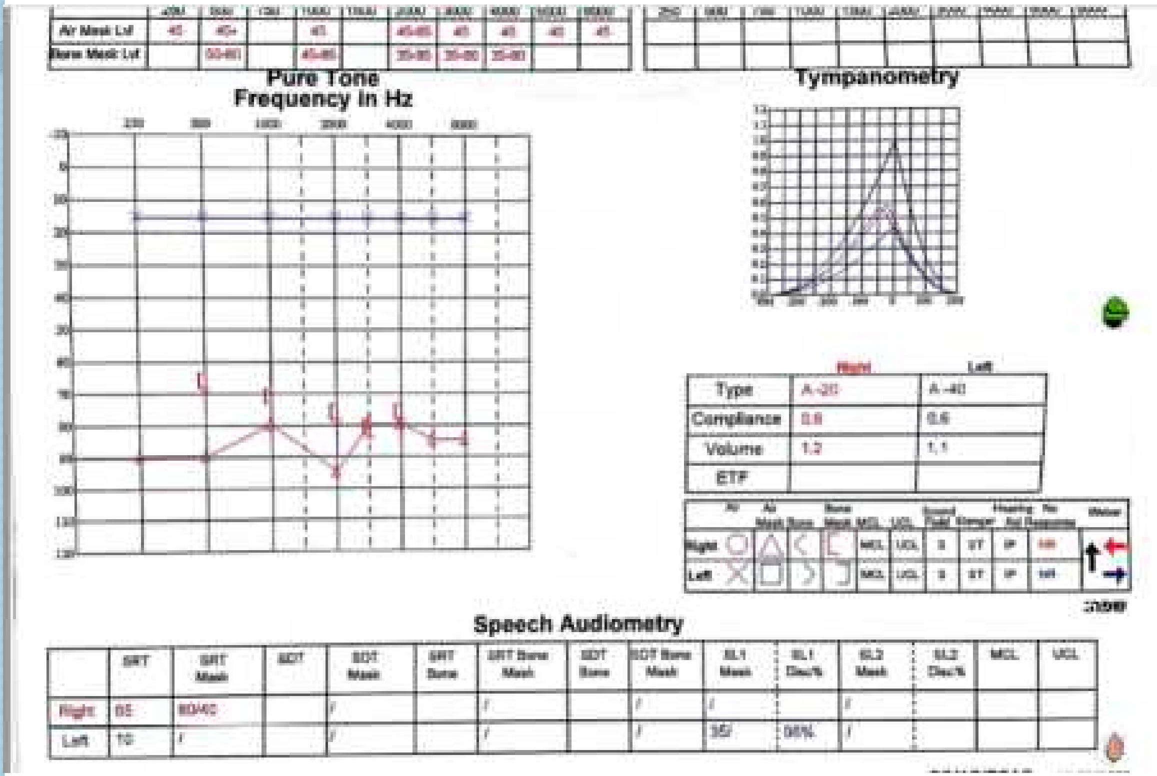


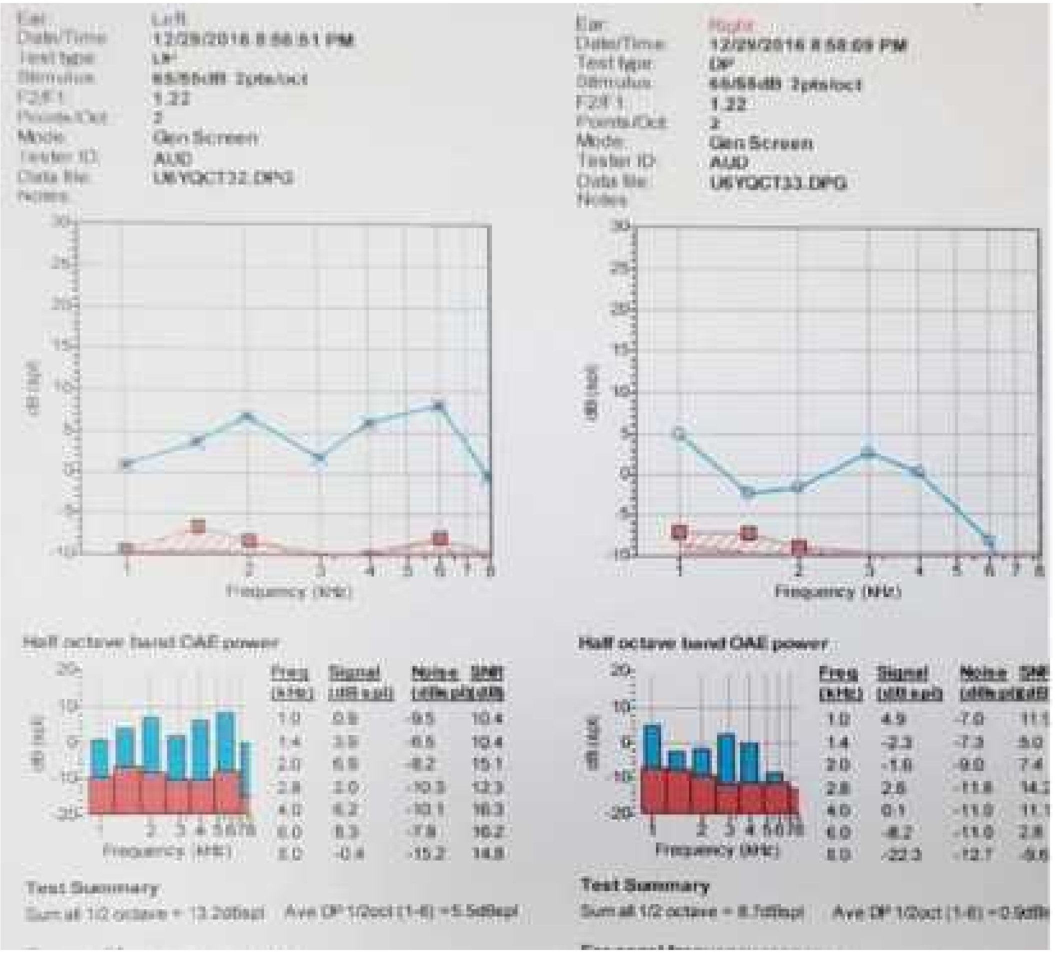




7996	6726	5652	4761	4004	3369	2832	2380	2002	1685	1416	1184	1001	842	Frequency
-9.4	-5.6	-3.4	-2.2	-2.3	-0.7	-1.6	2.1	1.6	5.3	5.6	-3.0	-5.8	-1.2	5th
-5.7	-4.7	-0.2	0.5	-0.9	2.1	-1.0	3.8	3.2	7.1	7.5	1.9	-0.6	0.3	10th
3.6	8.5	14.5	13.6	11.9	10.4	11.1	10.5	12.6	13.5	14.1	11.5	8.0	6.6	50th
12.7	17.1	21.9	19.8	16.0	15.1	16.2	18.2	18.7	21.1	21.4	18.5	15.6	13.0	90th
15.2	18.3	24.0	23.9	17.7	16.4	17.8	22.2	19.1	27.6	23.1	20.9	17.8	16.4	95th

Sudden SN Hearing Loss – מקרה





Distortion Product Oto-Acoustic Emission

רקע ומבוא

- מהו פלט אקוסטי?
- סוגים שונים של פלט אקוסטי
- רישום פלט אקוסטי

Distortion Product Oto-Acoustic Emissions

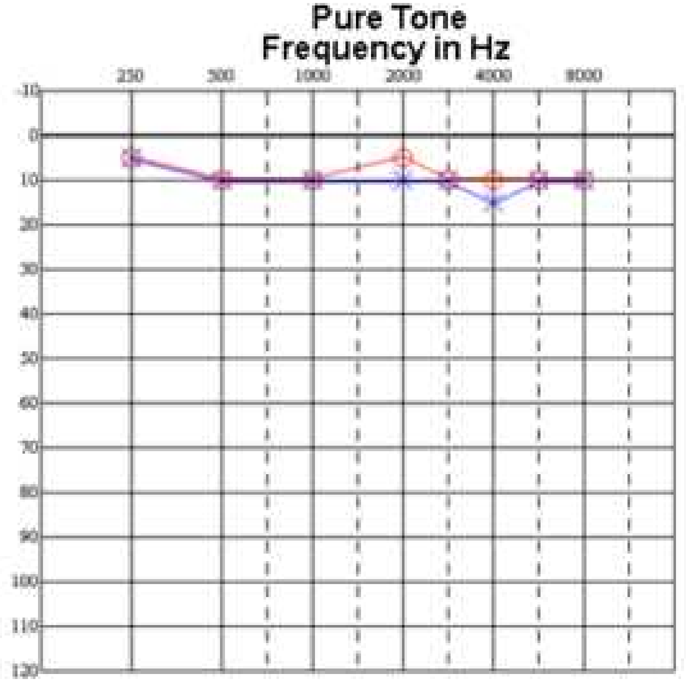
- תיאור הליך הבדיקה
- ה- DP-Gram
- ניתוח התגובה
- נורמות גודל תגובה
- התאמת פרוטוקולים לאתיולוגיה

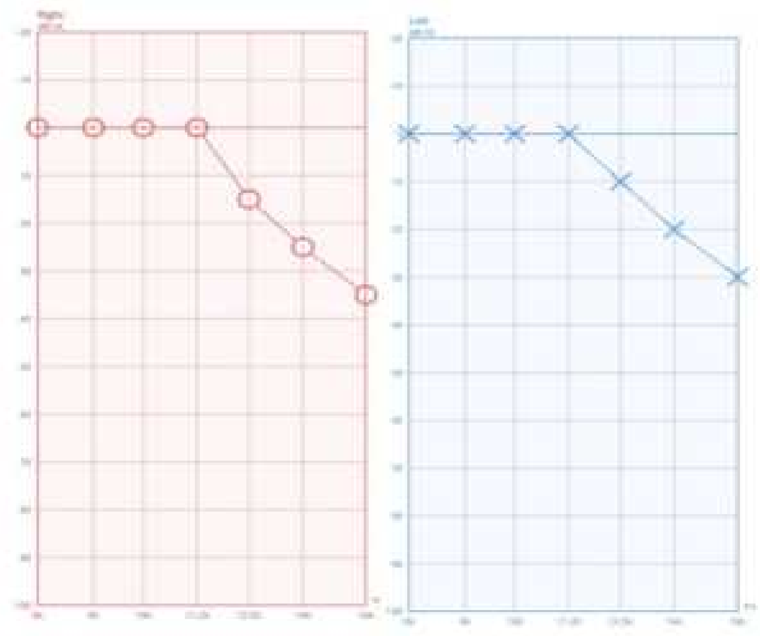
מקובל לערוך את פרוטוקול ה DPOAE לפי האתיולוגיה

Table 6–3. Examples of Distortion Product Otoacoustic Emissions (DPOAE) Protocols Used for Hearing Screening and Diagnosis of Auditory Function

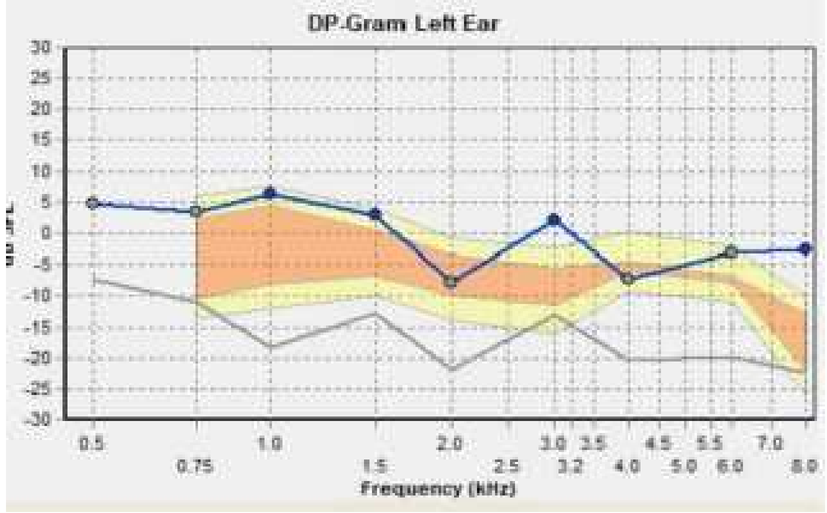
	Clinical Application				
		Diagnosis			
General Parameters	*Hearing Screening*	*Ototoxicity Monitoring*	*Ménière's Disease*	*Noise-Induced Dysfunction*	*Diagnostic*
Stimulus intensity (dB SPL)					
L_1	65	65 or 55	65	65	65
L_2	55	55 or 45	55	55	55
Frequency Ratio					
f_2/f_1	1.21	1.21	1.21	1.25	1.21
Frequency Range (Hz)	2000 to 5000	2000 to ≥8000	500 to 2000	1000 to 8000	500 to 8000
Frequencies/ Octave	4	8	4	8	5 to 8
Stimulus Presentations/ Averaging	Fewer	Fewer	More	Fewer	Conventional
Noise Reduction Algorithm	High noise	Low noise	High noise	Low noise	Conventional

תלונות שמיעתיות לאחר הופעה מוזיקלית





תלונות שמיעתיות לאחר הופעה מוזיקלית



DP-GRAM DATA

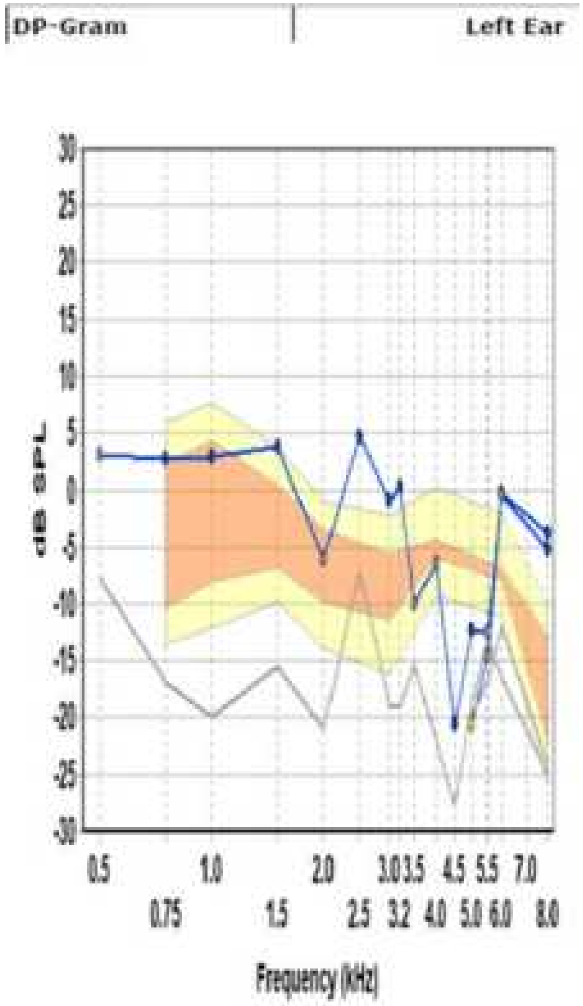
F2 (kHz)	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0
DP1	3.1	2.8	3.0	3.7	-6.0	4.8	-0.9	0.3	-10.0	-6.4	-20.5	-12.4	-12.5	-0.3	—	-3.8
NF1	-7.7	-16.9	-19.9	-15.5	-20.9	-7.1	-18.8	-19.1	-15.3	-22.0	-27.6	-18.8	-13.2	-16.3	—	-25.0
SNR1	10.8	19.6	22.9	19.2	14.9	11.9	17.9	19.4	5.3	15.6	7.1	6.5	0.7	16.0	—	21.3
DP2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-20.7	-14.6	-0.5	—	-5.2
NF2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-19.7	-17.0	-11.9	—	-24.2
SNR2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.0	2.4	11.4	—	19.0

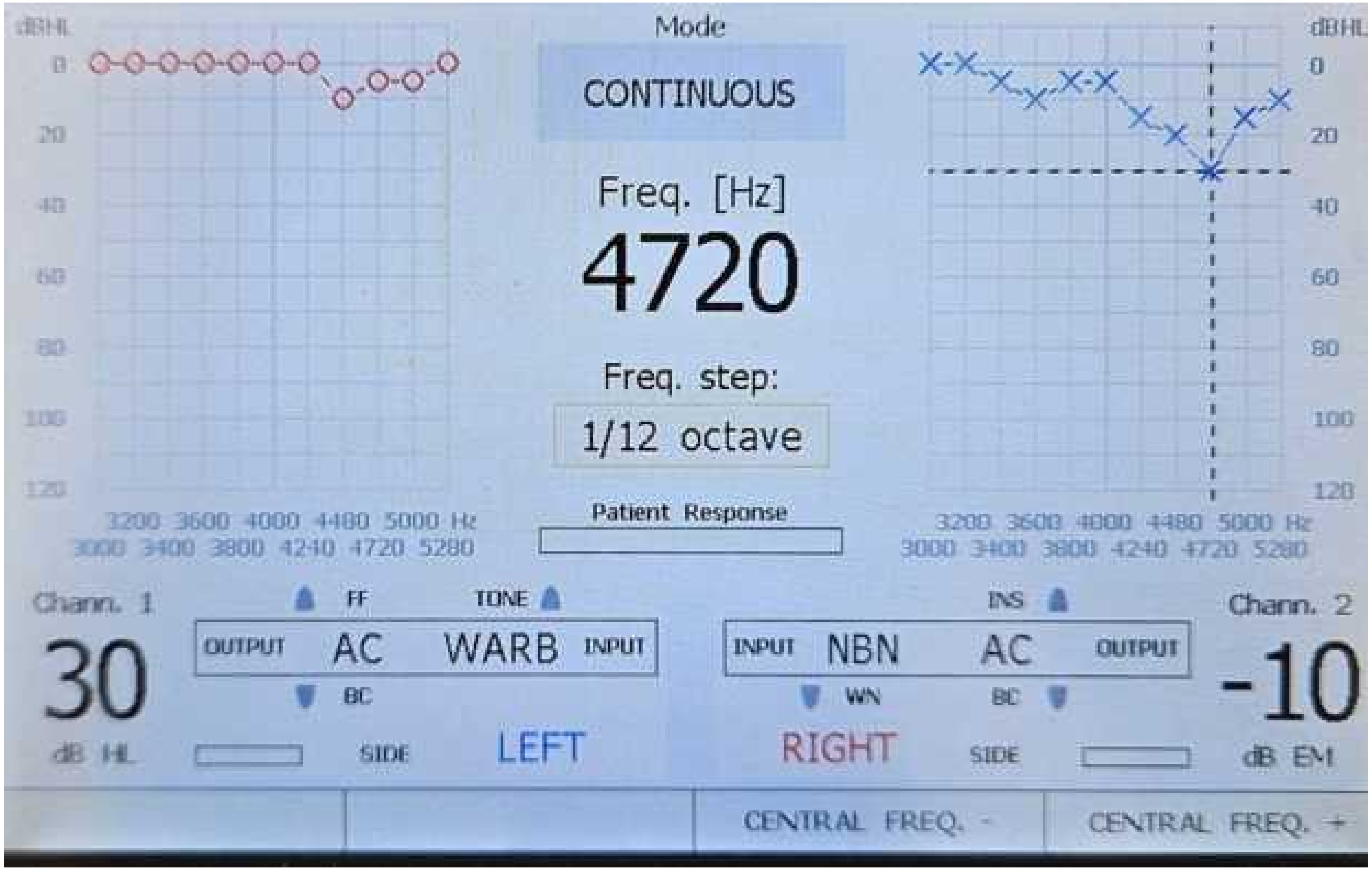
Units: DP (dB SPL), NF (dB SPL), SNR (dB)

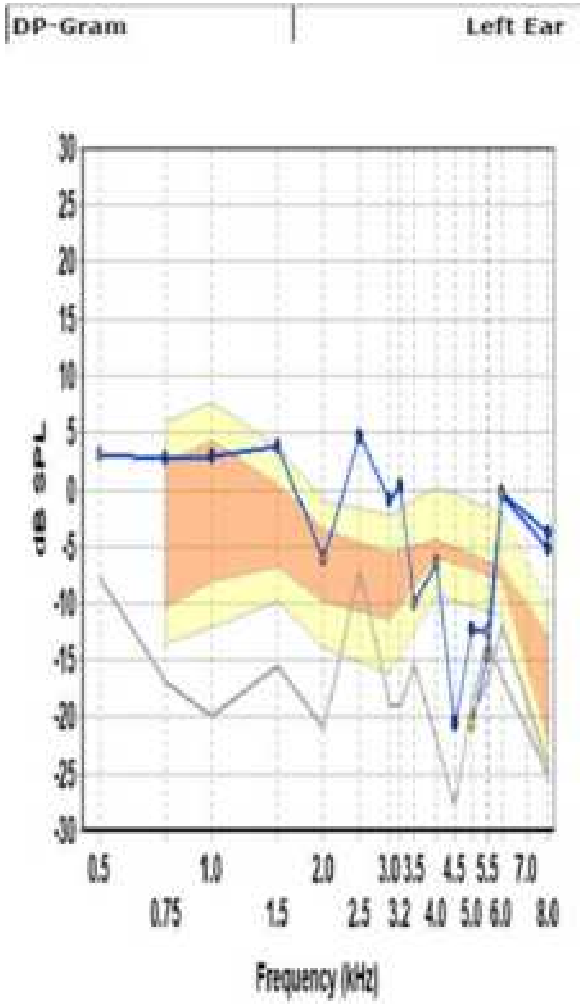
TEST CONDITIONS

Test Duration: 187.2 seconds OAE Probe ID: GP1008
Maximum Effective Duration per Frequency (sec): 12.0 seconds VivoLink Unit ID: VL0230

Protocol: DPOAE Diagnostic L1: 65 dB SPL
Operating Mode: DPOAE Assessment L2: 55 dB SPL
Date of Test: 2023-06-29
Examiner: —




dBHL
Mode
CONTINUOUS
Freq. [Hz]
4720
Freq. step:
1/12 octave
Patient Response
3200 3600 4000 4480 5000 Hz
3000 3400 3800 4240 4720 5280
Chann. 1
30
dB HL
OUTPUT AC WARB INPUT
FF TONE BC
SIDE LEFT
RIGHT SIDE
INPUT NBN AC OUTPUT
INS WN BC
Chann. 2
-10
dB EM
CENTRAL FREQ. -
CENTRAL FREQ. +


DP-Gram
Left Ear
dB SPL
Frequency (kHz)

DP Fine Structure

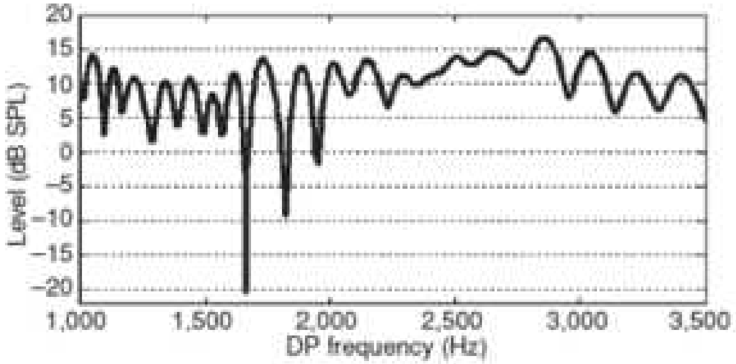
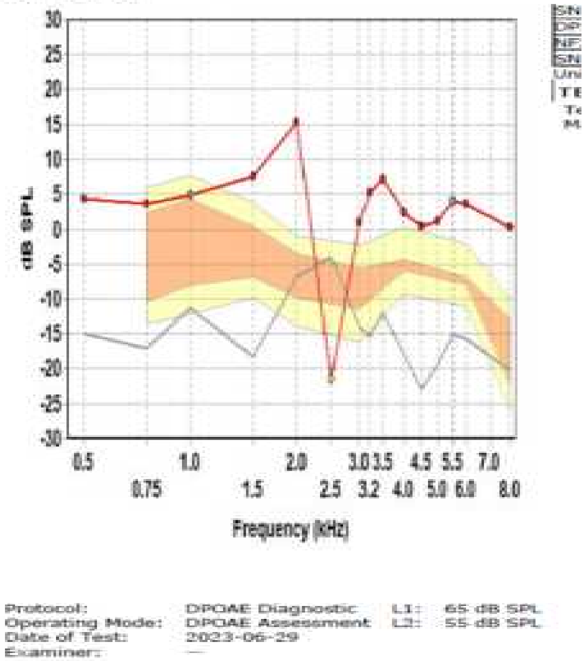


FIGURE 19.14 DPOAE level plotted as a function of $2f_1$-f_2 frequency in an adult. DPOAEs were collected using sweeping-tone primaries which allow observation of fine structure.



- רישום DP ברציפות תדרים במספר גבוה מאוד של נקודות לאוקטבה
- Dips
  - התאבכות
  - לא בהכרח בעיה בפעילות הקוכלארית

השוואה בין TEOAE ל DPOAE

- TEOAE
  - מהירה יותר
  - לרב נקבל עד ירידה של 25-30dB HL
  - עד תדר 4-5kHz
  - נורמות תגובה פחות מבוססות
  - Reflection

- DPOAE
  - מעט ארוכה יותר – תלוי במספר נקודות פר אוקטבה
  - ניתן לקבל גם בירידות של 50dB HL
    - אך התגובה לא צפויה להיות בנורמה
  - עד תדר 8kHz (יש יותר)
  - נורמות יותר מבוססות
  - Distortion

לסיכום

בדיקת DPOAE היא כלי דיאגנוסטי יעיל, מהיר

Cross check principle

הבדיקה ממשת טכנולוגיה שמיישמת כלים מורכבים

בחירת הפרוטוקול המתאים למקרה

קיימת שיטתיות ברורה לגבי ניתוח הפלט והתייחסות **לכל הפרמטרים הרלוונטיים**

- גודל התגובה

עריכת הבדיקה וניתוח בצורה נכונה ישפיע על המשך הטיפול והפרוגנוזה