

Зора ЈАЧОВА  
Лидија РИСТОВСКА

УДК: 159.9.019.4-056.263-053.2  
Прегледен труд

## ОБЈЕКТИВНИ И БИХЕВИОРИСТИЧКИ ТЕСТОВИ ЗА АУДИОЛОШКА ПРОЦЕНА НА ДЕЦАТА СО СУСПЕКТНО ОШТЕТУВАЊЕ НА СЛУХОТ

### *Кратка содржина:*

Аудиолошката процена на доенчињата и на малите деца со суспектно оштетување на слухот бара избор на диференцијално дијагностички техники кои се соодветни на возраста и соодветни на развојните способности на детето.

Објективната процена вклучува електрофизиолошки и електроакустични методи: отоакустични емисии, аудитивни одговори на мозочното стебло, аудитивни стабилизирани одговори, тимпанометрија и акустичен рефлекс. При користење на бихевиористичките тестови во аудиолошката процена потребен е одговор од пациентот. Во зависност од возраста на детето, може да се изведат следните методи: аудиометрија со визуелно засилување, кондиционирана аудиометрија низ игра, тонална лиминарна аудиометрија и говорна аудиометрија.

Аудиолошката процена кај доенчињата и малите деца обезбедува одредување на аудитивната сензитивност, евалуација на интегритетот на аудитивниот систем и идентификација на можни интервенциски опции во случај на постоење на оштетување на слухот. Раната детекција и третман на оштетувањето на слухот во детството е есенцијална за да се обезбеди оптимален развој на говорот и јазикот во првите години од животот и оптимални училишни перформанси на постарите деца.

**Клучни зборови:** аудиолошка процена, деца, оштетување на слухот.

## **Вовед**

Оштетувањето на слухот во детството не влијае само на развојот на говорот и јазикот, туку и на когнитивниот, социјалниот и емоционалниот развој (Albert, 2007). Најчест тип на оштетување на слухот во детството е транзиентното кондуктивно оштетување на слухот при ефузија во средното уво (Zahnert, 2011). Најголем број ретроспективни студии покажале преваленција на трајно сензонеурално оштетување на слухот 1,1 to 1,7 на 1000 деца (Davis, Davis и Mencher, 2009). Раната детекција на ова оштетување на слухот е неопходна за рана интервенција со кохлеарна имплантација што има позитивен ефект на развојот на децата. Имплантацијата пред 12-месечна возраст е особено важна за развојот на децата (Lorens, Obruska и Skarzynski, 2021).

Целта на иницијалната дијагностичка процена на доенчињата и малите деца е да се потврди или отфрли оштетување на слухот, како и да се одреди степенот и конфигурацијата на оштетувањето на слухот. Оштетувањето на слухот може да се детектира преку програмите за скрининг или како резултат на аудиолошка процена поради загриженост на родителите.

Користењето на техники соодветни на возраста во дијагностичката аудиологија е од витално значење за евалуацијата на доенчињата и малите деца. Потребен е избор на диференцијално дијагностички техники кои се во рамките на развојните можности на детето. Поради брзиот сензорен, моторен и когнитивен развој бидејќи некои деца имаат повеќе здравствени проблеми и последователни развојни предизвици, важно е алатките за процена да се соодветни за невроразвојниот статус на детето. Пред да се избере стратегија за оценување, мора да се земат предвид физичките и когнитивните фактори кои можат да влијаат на развојниот статус (Diefendorf, 2015). Аудиолошката процена на децата со суспектно оштетување на слухот вклучува објективни и бихевиористички методи.

## ***Објективни тестови за аудиолошка процена***

Објективната аудиолошка процена може да се направи кај деца на која било возраст бидејќи не е потребна соработка од страна на детето при тестирањето. Објективната процена вклучува електрофизиолошки и електроакустични методи: отоакустични емисии, аудитивни одговори на мозочното стебло, аудитивни стабилизирани одговори, тимпанометрија и акустични рефлексии (Gelfand, 2016).

## **Отоакустични емисии**

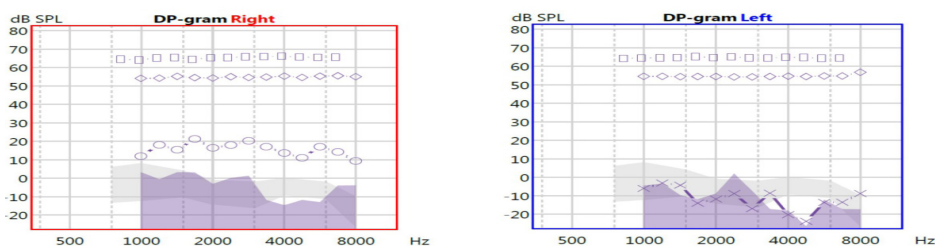
Отоакустичните емисии (ОАЕ) се звуци коишто се емитирани од надворешните клетки на кохлеа со нормална функција. ОАЕ можат да бидат спонтани или евоцирани. Евоцираните ОАЕ се јавуваат како резултат на акустичен стимул. Присуството на ОАЕ укажува на праг на слух 20-40 dB

HL (Elloyi Marshall, 2011). OAE се пропагираат преку средното уво и во надворешниот ушен канал каде што можат да се измерат со користење на сензитивен микрофон (Prieve и Fitzgerald, 2015).

Отоакустичните емисии како продукт на дисторзија (DPOAE) и транзиентните евоцирани отоакустични емисии (TEOAE) се најчесто користени во клиничката пракса и во протоколите за скрининг. Кај DPOAE, два тона се презентираат на различни нивоа и фреквенции. Односот помеѓу нивните фреквенции е избран за да предизвика одговор во кохлеата на трета фреквенција, каде што се појавуваат DPOAE. Различни комбинации на фреквенции поттикнуваат одговор од различни фреквенциски региони на кохлеата (McCreery, 2013). TEOAE се предизвикани од кратки стимули како што се кликовите и обезбедуваат информации за интегритетот на надворешните клетки низ широк опсег на фреквенции (Mertes и Goodman, 2013). Додека TEOAE поквалитативно ја оценуваат кохлеарната функција, DPOAE обезбедуваат квантитативни информации за опсегот и оперативните карактеристики на кохлеарниот засилувач, т.е. чувствителност, компресија и селективност на фреквенцијата (Janssen и сор., 2006).

Присуството на OAE во опсегот на говорни фреквенции укажува на нормална функција на средното уво и на кохлеата. Отсуство на OAE без патологија на средното уво или акустична опструкција силно укажува на сензорно трансмисивно оштетување на слухот (Kemp, 2002). Кај отсутен OAE одговор, има помалку од 6 dB разлика помеѓу OAE одговорот и шумот, којшто е измерен на прифатливо ниско ниво (Smith и Wolfe, 2013). Експресијата на DPOAE е сигнификантно афектирана не само од присуство на течност во средното уво, туку и во случаи на негативен притисок во средното уво без оштетување на слухот (Ristovska и сор., 2017).

DPOAE често се снимаат во форма на *distortion product* аудиограм (DP-грам) добиен со два примарни тона како стимули L1 = 65 dB ниво на звучен притисок (SPL) и L2 = 55 dB SPL. На Слика 1 се прикажани DP-грамисо присутни OAE на десното уво и отсутни OAE на левото уво.



Слика 1. DP-грами на дете со присутни OAE на десно уво и отсутни OAE на лево уво

Соодносот на фреквенциите е наместен на  $f_1/f_2 = 1,22$ . Нивоата на  $2f_1-f_2$  DPOAE се регистрирани на фреквенциите од 1000 Hz до 8000 Hz на 4 точки по октава. DPOAE се смета за мерлива ако нејзината амплитуда е најмалку 6 dB над нивото на шум и изнесува минимум -5 dB SPL.

### Аудитивни одговори на мозочното стебло

Аудитивните одговори на мозочното стебло (ABR) е мерење на евоцирани потенцијали што овозможува објективно тестирање на слушната функција и процена на праговите на слух кај децата (Bargen, 2015). ABR може да се мери од нервните патишта на аудитивниот систем со користење на електроди за еднократна употреба поставени на површината на главата. Електродите се поврзани со компјутер за процесирање на сигналот кој ги процесира синхроните неврални одговорикои се појавуваат во рамките на 8-миот нерв и мозочното стебло кои генерираат невроелектрични потенцијали што може да се измерат од скалпот, слично како електроенцефалограм (Kramer и Brown, 2019).

Аудитивните евоцирани потенцијали обезбедуваат објективно средство за процена на интегритетот на периферниот и на централниот нервен систем. Поради тоа, аудиометријата на евоцирани потенцијали стана моќна алатка за испитување на слухот на малите деца и лица кои не соработуваат во тек на бихевиористичкото тестирање. Исто така служи како вредна дијагностичка алатка при испитување на функцијата на структурите на аудитивниот нервен систем. Постојат четири главни примени на тестот аудитивни евоцирани потенцијали: предвидување на слушната сензитивност; скрининг на слухот на доенчињата; дијагностичка процена на функцијата на централниот аудитивен нервен системи мониторирање на функцијата на аудитивниот нервен систем во тек на операција. Употребата на аудитивните евоцирани потенцијали за предвидување на слушната сензитивност и скрининг на слухот на доенчињата има големо влијание на нашата способност да го идентификуваме оштетувањето на слухот кај децата. ABR се користи за скрининг на новороденчиња за да се идентификуваат оние на кои им треба дополнително тестирање (Stach, 2010).

Набљудувањето на ABR зависи од *невралната синхронија*, која се однесува на состојбата во којанастанува ослободување на акциски потенцијал кај релативно голем број на аудитивни неврони речиси симултано. За да се постигне неврална синхронија, ABR бара употреба на кратки акустични сигнали со брзо време на појавување, *трансиенти* (кликот) или *експлозивен тон*. Кликот има широкопојасен спектар, додека пак експлозивниот тон има поограничен спектар околу неговата централна фреквенција. Компјутерот ја мери невроелектричната активност што се јавува за релативно краток временски период (10 до 20 ms) по секој стимул. Клиничката корист на ABR е зајакната со фактот дека одговорите не се афектирани од нивото на внимание, состојбата на будност или лекови и

може да бидат релијабилно снимени на која било возраст, вклучително и кај прематурните доенчиња. ABR се карактеризира со серија од шест до седум бранови (пикови). Најраниот позитивен бран се нарекува *бран I*, кој е одраз на синхроното празнење на невроните во дисталниот (попериферен) фрагмент од аудитивниот дел на 8-миот кранијален нерв при неговото напуштање на кохлеата. Последователните бранови се генерирани од синхроната нервна активност во проксималниот дел на 8-миот кранијален нерв (*бран II*), кохлеарниот нуклеус (*бран III*), горниот оливарен комплекс (*бран IV*), латералниот лемнискус и инпутот до долниот коликулус (*бран V*). *Бранот V* е најистакнатиот бран во ABR-осцилограмот и најчесто се користи за клиничка процена на ABR-прагот бидејќи е единствен бран присутен блиску до прагот (Kramer и Brown, 2019).

### Аудитивни стабилизирани одговори

Аудитивни стабилизирани одговори (ASSR) се евоцирани мозочни одговори на модулирани или повторувачки акустични стимули. Со истражување на основата на невралните генератори на ASSR е важно за да се добие продлабочен увид во механизмите на аудитивното темпорално процесирање (Farahani, Wouters и van Wieringen, 2021). ASSR може да обезбеди попрецизна процена на конфигурацијата на оштетувањето на слухот отколку ABR со клик поради природата на користениот сигнал. Причината е тоа што модулираниот тон обично има потесен спектар од кликот и со тоа обезбедува аудиометриско предвидување поспецифично по фреквенции (Stach, 2010)

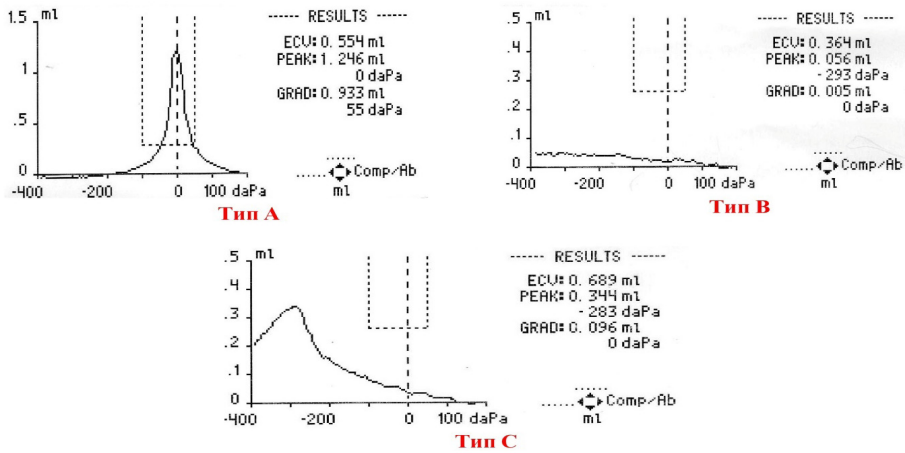
ASSR може да даде информации за слухот во тесен опсег околу секоја тест фреквенција и на тој начин да ни обезбеди процена на прагот на различни аудиометриски фреквенции кај пациентот, како што се 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz и 4000 Hz. Просечните прагови на ASSR се во рамките на околу  $\leq 15$  dB од бихевиористичките прагови кај испитаници со нормален слух, што важи и за тие со оштетување на слухот. Сепак, праговите на ASSR се нешто повисоки кај доенчињата. Праговите што се добиени со ASSR се компарабилни со тие што се добиени со ABR. ASSR ја рефлектира и активноста од мозочното стебло и од аудитивниот кортекс, при што одговорот од мозочното стебло е доминантен на повисоки стапки на модулација, а од кортексот на пониски стапки на модулација. ASSR се смета за присутен доколку амплитудата и/или фазата на одговорот е релијабилно поврзана со модулираниот тон. Ова звучи сложено, но одлуката всушност е автоматизирана и се постигнува според објективни критериуми кои се програмирани во мерните инструменти. ASSR има неколку предности како клиничка алатка во аудиологијата. ASSR е присутен од детството до зрелоста, што во комбинација со неговата отпорност на спиење и анестезија го прави корисна алатка за педијатриска евалуација. ASSR веројатно има потенцијал и за неонатален скрининг. Сепак, одговорите кај новородените се мали и праговите опаѓаат со возраста во текот на првите 12 месеци.

Затоа, потребни се повеќе информации пред да се одлучи за неговата применливост при неонатален скрининг (Gelfand, 2016).

### Тимпанометрија и акустичен рефлекс

Тимпанометријата е објективно мерење на акустичната адмитанса на средното уво како функција на воздушниот притисок во затворен слушен канал. Нормално, нашите уши функционираат најефективно на атмосферски или амбиентален притисок. Клинички, за дијагностички цели важно е да се измери функцијата на средното уво на поголем или помал притисок во споредба со амбиенталниот притисок бидејќи многу состојби може да влијаат на притисокот во средното уво. Тимпанограмите што се снимени кај новороденчиња често се многу различни од тие што се добиени кај постари доенчиња, деца и возрасни главно поради флекцидност на слушниот канал кај новородените. Кај ушите на новородените со потврдено заболување на средното уво, тимпанограмите со тон од 226-Hz може да не дадат точни дијагностички информации. Дополнително, варијабилноста на тимпанометријата со тон од 226-Hz кај малите доенчиња поради присуството на криви во облик на буквата М или засецифрла сомнеж врз клиничката корисност на овие мерења кај новородените. Од овие причини, тимпанометријата со тон од 226Hz не е ефективен тест за преглед на средното уво кај новороденчиња. Постојат докази дека кај доенчиња помали од 4 до 6 месеци тимпанометрија што користи тон со повисока фреквенција (на пример 1000 Hz) е посензитивна за статусот на средното уво во споредба со тимпанометријата со тон од 226Hz. Некои студии објавија нормативни податоци за различни возрасни групи, а некои ги истражувале перформансите на тестот на специфични критериуми за адмитанса кај тон од 1000 Hz во предвидување на резултатите од ОАЕ скрининг (Hunter и Sanford, 2015).

Ги прикажавме трите основни типови на тимпанограми: тип А, тип В и тип С (Слика 2). Кривата на тимпанограмот тип А има нормална максимална висина што се јавува кога притисокот во средното уво е близок до нула и ширината на кривата е нормална. Тоа укажува на нормална функција на средното уво. Кривата тип В е зарамнета со ниска статична адмитанса. Најчеста причина за овој тип крива е намалена подвижност на ушното тапанче како резултат на присуство на течност во средното уво – отитис медија со ефузија (ОМЕ). Тимпанограмот тип С покажува многу негативен притисок во средното уво што корелира со ретрахирано ушно тапанче (Onusko, 2004).



Слика 2. Типови на тимпанограми

Друг дел од евалуацијата на имитансата е тестот праг на акустичен рефлекс (ART). ART се изведува со истиот инструмент за имитанса и вообичаено се прави веднаш по добивање на тимпанограмот. Увото има неволан рефлекс на средното уво како одговор на силни звуци што предизвикува контракција на стапедијалните мускули. Акустичниот рефлекс е билатерален одговор. Силен тон емитуван во едното уво ќе резултира со контракција на стапедијалниот мускул на двете уши. Контракцијата на стапедијалниот мускул ја менува трансмисијата на звукот преку оскуларниот синџир, па така ја намалува адмитансата на тонот за тестирање. Клиничката корист од мерењето на ART не е само во делот на процена на функцијата на патологијата на надворешното и средното уво. Абнормалностите на кохлеата, 8-миот кранијален нерв, долниот дел на мозочното стебло и /или 7-миот кранијален нерв може исто така да влијаат на способноста да се снимат акустичниот рефлекс. За повеќето тонови кои предизвикуваат рефлекс нивото на тонот треба да биде најмалку 70 dB HL за да се добие мерлив рефлекс. Генерално, се смета дека нормалниот опсег за ART треба да биде 75-95 dB HL (Kramer и Brown, 2019).

### Бихевиористички тестови за аудиолошка процена

При користење на бихевиористичките тестови во аудиолошката процена потребен е одговор од пациентот. Во зависност од возраста на детето, може да се изведат следните методи: аудиометрија со визуелно засилување, кондиционирана аудиометрија низ игра, тонална лиминарна аудиометрија и говорна аудиометрија (Kreisman, Smart и John, 2015).

### Аудиометрија со визуелно засилување

Аудиометријата со визуелно засилување (VRA) ја користи природната тенденција на доенчето да се сврти кон извор на звук преку засилување на вртењето на главата со привлечен визуелен стимул, обично осветлена и/или анимирана играчка. На возраст од околу 5 до 6 месеци, доенчето со нормален развој почнува да го локализира звукот во страничната рамнина. Штом доенчето или детето ќе се стават под контрола на стимулот, нивото на интензитет на аудитивниот сигнал се намалува и се бара минималното ниво на одговор на доенчето. Аудитивните сигнали типично вклучуваат фреквенциски модулирани (разбранувани) тонови, теснопојасен шум и говор (Johnson, 2002).

VRA се користи рутински кај доенчињата за да се процени нивото на слух. Оваа процедура е заснована на поврзаност на аудитивни и визуелни стимули. Постојат неколку препорачани процедури за изведување VRA. Една клиничка VRA-процедура вклучува презентирање на иницијален аудитивен стимул без активирање на визуелната награда. Ако доенчето генерира одговор со ориентирање на главата, тогаш се активира визуелната награда (Shaw и Nikolopoulos, 2004).

### Кондиционирана аудиометрија низ игра

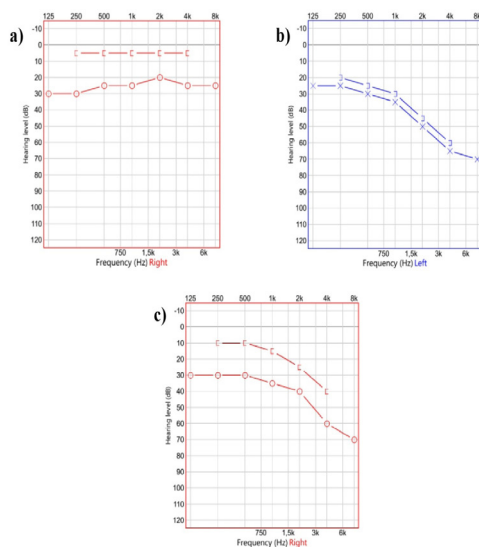
Кондиционираната аудиометрија низ игра (CPA) е термин што се користи да се опише техниката во која се користи игра за да се добијат информации за прагот. CPA може да се користи започнувајќи од приближно 24-месечна возраст, но подобро е на возраст од 2 до 3 години. Аудиометријата низ игра вклучува кондиционирање на детето да реагира на звук со користење на активност како ставање на боцки во табла, ставање коцки во сад, редување прстени на стап или редување на парчиња од слојувалка. Кондиционирањето обично е готово по четири или пет водени одговори или демонстрации. Често пати, социјалното засилување како плескање со раце или пофалувањето на детето се користи со цел да се заврши кондиционирањето. Користејќи ја оваа техника, може да се добијат информации кои се фреквенциски специфични или специфични за едното уво за двете стимулации, со воздушна и коскена спроводливост. За многу мали деца или деца на кои им е тешко да се концентрираат на задачата, треба да се презентира секвенца од фреквенциите за да се оптимизира добивањето информации кои се неопходни за предвидување на конфигурацијата и степенот на оштетувањето на слухот. Понатаму, не треба да се прави целосно тестирање на едното уво пред да се тестира спротивното уво. Односно, можеби е најдобро да се добијат делумни информации за двете уши наместо целосни информации за едното уво (Sabo, 1999).



## Тонална лиминарна аудиометрија

Тоналната лиминарна аудиометрија (ТЛА) е основен тест за испитување на слухот. Таа вклучува одредување на најниските нивоа на звучен притисок за различни чисти тонови што испитаникот може да ги слушне. Најниското ниво на звучен притисок на чистиот тон на коешто испитаникот одговара во најмалку 50% од времето, односно од вкупниот број на презентации, се нарекува праг на слухот за таа фреквенција. Со ТЛА се одредува прагот на слухот на чистите тонови со фреквенции во опсег од 250 до 8000 Hz, кои се најрелевантни за гласовите од говорот. Тестирањето се изведува со воздушна и со коскена спроводливост на тоновите (Kramer и Brown, 2019). Децата со типичен развој на возраст  $\geq 4$  години може да бидат доволно зрели за примена на конвенционалната аудиометрија (Rosenfeld и соp., 2016).

При опишување на оштетувањето на слухот, генерално се разгледуваат три аспекти: тип, степен и конфигурација на оштетувањето на слухот. Постојат три основни типови на оштетувањето на слухот: кондуктивно, сензонеурално и мешано (Cunningham и Tucci, 2017). Степенот на оштетувањето на слухот се однесува на тежината. Тој се калкулира како средна вредност од прагот на 500, 1000, и 2000 Hz. Постојат различни класификации во кои горната граница за нормален слух се движи од 15 до 25 dB HL (Schlauch и Nelson, 2015). Според Светската здравствена организација, степенот на оштетување на слухот се дефинира со користење на средната вредност на прагот на слухот на фреквенциите 500, 1000, 2000 и 4000 Hz (Stevens и соp., 2011). На Слика 3 се прикажани тонални аудиограми со различен степен на оштетување на слухот.

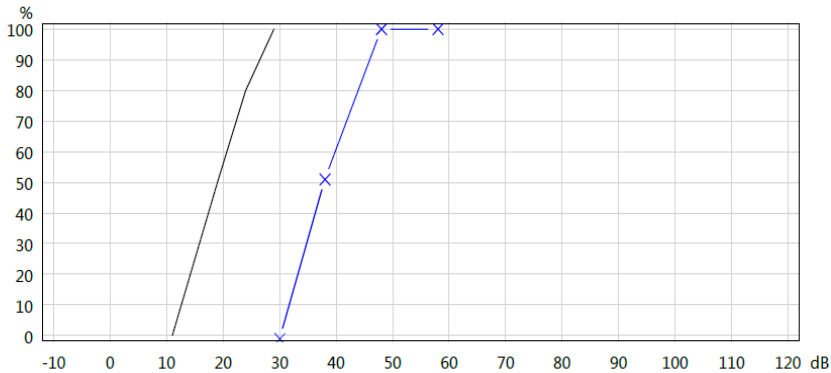


Слика 3. Тонални аудиограми со а) кондуктивно, б) сензонеурално и с) мешано оштетување на слухот

Аудиометриската конфигурација се однесува на распространетоста на оштетувањето на слухот на различни фреквенции. Генерално, формата на аудиограмот може да се дефинира со следните термини: десцендентна, асцендентна, рамна, скотом, U-форма и превртена U-форма (Stach, 2010).

### Говорна аудиометрија

Говорната аудиометрија ја евалуира способноста на личноста да слуша и разбира говор (Shipley и McAfee, 2016). Говорните стимули се презентираат во тишина или со додадена бучава во околината. Постојат два типа на лиминарни мерења со користење на говорни стимули: праг на детекција на говорот (SDT) и праг на препознавање на говорот (SRT). SDT е процена на нивото на кое индивидуата детектира дека говорот е присутен во 50% од времето (McArdle и Hnath-Chisolm, 2015). SRT е најниското ниво на кое индивидуата може да повтори спондејски зборови во 50% од времето (Tye-Murray, 2020). Спондејските зборови се двосложни зборови со еднаков акцент на двата слога (Bess и Humes, 2008). Најчесто супралиминарно мерење во тишина е скорот на препознавање на зборовите (WRS) и генерално се изразува во проценти точно на ниво во однос на SRT. Генерално се очекува скорот на препознавање на зборовите да биде 90 до 100% кај индивидуите со нормален слух. Кај сензоневрално оштетување на слухот опсегот е од 0 до 100% во зависност од етиологијата и степенот на оштетување на слухот. Кај пациентите со кондуктивно оштетување на слухот, WRS типично се движи помеѓу 80 и 100% (Gelfand, 2016).



Слика 4. Говорен аудиограм на дете со кондуктивно оштетување на слухот

Во овој случај, кривата на говорниот аудиограм е поместена кон повисоките нивоа на звук (Слика 4) и 100% разбирливост се постигнува на задоволително високи нивоа (Probst, Grevers и Iro, 2006).

Говорните материјали се презентираат со мониториран глас во живо или се користат снимени говорни материјали (Lawson и Peterson,

2011). Зборовите може да се презентираат во *отворен-сет* формат, што значи дека пациентот мора да одговори без претходно да знае кои можни алтернативи постојат или во *затворен-сет* форматот, што значи дека на пациентот му се дава избор од неколку можни алтернативи како одговор (Gelfand, 2016). Често се практикува да се воведат носечка фраза како „Кажете го зборот...“ пред да се презентира зборот, иако ова не се прави секогаш (DeRuiter и Ramachandran, 2017).

### **Заклучок**

Аудиолошката процена кај доенчињата и малите деца обезбедува одредување на аудитивната сензитивност, евалуација на интегритетот на аудитивниот систем и идентификација на можни интервенциски опции во случај на постоење на оштетување на слухот. Раната детекција и третман на оштетувањето на слухот во детството е есенцијална за да се обезбеди оптимален развој на говорот и јазикот во првите години од животот и оптимални училишни перформанси на постарите деца.

## REFERENCES

1. Albert, D. (2007). Childhood hearing loss. In H. Ludman & P.J. Bradley (Eds.), *ABC of ear, nose and throat – Fifth Edition*. Malden: Blackwell Publishing Ltd, pp. 20-24.
2. Barga, G.A. (2015). Chirp-evoked auditory brainstem response in children: A review. *American Journal of Audiology*, 24(4), pp. 573-583. [https://doi.org/10.1044/2015\\_AJA-15-0016](https://doi.org/10.1044/2015_AJA-15-0016).
3. Bess, F.H. and Humes, L.E. (2008). *Audiology: The fundamentals*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
4. Cunningham, L.L. and Tucci, D.L. (2017). Hearing loss in adults. *New England Journal of Medicine*, 377(25), pp. 2465-2473.
5. Davis, A., Davis, K. and Mencher, G. (2009). Epidemiology of permanent childhood hearing impairment. In: V.E. Newton, ed. *Paediatric audiological medicine*. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester: Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd. Ch.1.
6. DeRuiter, M. and Ramachandran, V. (2017). *Basic audiometry learning manual*. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Plural Publishing.
7. Diefendorf, A.O. (2015). Assessment of hearing loss in children. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch.24.
8. Elloy, M.D. and Marshall, A.H. (2011). The management of hearing loss in children. *Paediatrics and Child Health*, 22(1), pp. 13-18.
9. Farahani ED, Wouters J, van Wieringen A. (2021). Brain mapping of auditory steady-state responses: A broad view of cortical and subcortical sources. *Human Brain Mapping*, 42(3), pp. 780-796. doi: 10.1002/hbm.25262.
10. Gelfand, S.A. (2016). *Essentials of audiology*. New York: Thieme Medical Publishers.
11. Hunter, L.L. and Sanford, C.A. (2015). Tympanometry and wideband acoustic immittance. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Ch.8.
12. Janssen, T., Niedermeyer, H.P. and Arnold, W. (2006). Diagnostics of the cochlear amplifier by means of distortion product otoacoustic emissions. *ORL: Journal of Oto-rhino-laryngology and its Related Specialties*, 68(6), pp. 334-339. doi: 10.1159/000095275.
13. Johnson, K.C. (2002). Audiologic assessment of children with suspected hearing loss. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 35(4), pp.711-732.
14. Kemp, D.T. (2002). Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *British Medical Bulletin*, 63, pp. 223-241. doi: 10.1093/bmb/63.1.223.
15. Kramer, S. and Brown, D.K. (2019). *Audiology: science to practice*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego: Plural Publishing, Inc.

16. Kreisman, B.M., Smart, J.L. and John, A.B. (2015). Diagnostic audiology. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Ch.8.
17. Lawson, G. D. and Peterson, M. E. (2011). *Speech audiometry*. San Diego: Plural Publishing.
18. Lorens, A., Obrycka, A., Skarzynski, H. (2021). Assessment of early auditory development in children after cochlear implantation. In S. Hatzopoulos, A. Ciorba, and M. Krumm, eds. *Advances in audiology and hearing science*. Palm Bay: Apple Academic Press Inc. Ch. 1.
19. McArdle, R. and Hnath-Chisolm, T. (2015). Speech audiometry. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Ch.5.
20. McCreery, R. (2013). Otoacoustic emissions: Beyond “pass” and “refer”. *The Hearing Journal*, 66(9), pp. 14-16. doi: 10.1097/01.HJ.0000434629.46891.4e.
21. Mertes, I.B. and Goodman, S.S. (2013). Short-latency transient-evoked otoacoustic emissions as predictors of hearing status and thresholds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 134(3), pp. 2127-2135. <https://doi.org/10.1121/1.4817831>.
22. Onusko, E. (2004). Tympanometry. *American Family Physician*, 70(9), pp. 1713-1720.
23. Prieve, B., & Fitzgerald, T. (2015). Otoacoustic emissions. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch. 19.
24. Probst, R., Grevers G. and Iro, H. (2006). *Basic otorhinolaryngology: A step-by-step learning guide*. Stuttgart: Thieme.
25. Ristovska, L., Jachova, Z., Filipovski, R., & Tasevska, D. (2017). Expression of distortion product otoacoustic emissions in children with otitis media with effusion. *Journal of Special Education and Rehabilitation*, 18(3-4), pp. 44-54. DOI: 10.19057/jser.2017.25.
26. Rosenfeld, R.M., Shin, J.J, Schwartz, S.R., Coggins, R., Gagnon, L., Hackell, J.M. and Corrigan, M.D. (2016). Clinical practice guideline: Otitis media with effusion (Update). *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 154(1 Suppl), pp. S1-S41.
27. Sabo, D.L. (1999). The audiologic assessment of the young pediatric patient: the clinic. *Trends in Amplification*, 4(2), pp. 51-60. doi: 10.1177/108471389900400205.
28. Schlauch R.S., and Nelson, P. (2015). Puretone evaluation. In: J. Katz, M. Chasin, K. English, L.J. Hood and K.L. Tillery, eds. *Handbook of clinical audiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Ch. 3.
29. Shaw, P. and Nikolopoulos, T. (2004). The effect of initial stimulus type for visual reinforcement audiometry, *International Journal of Audiology*, 43(4), pp. 193-197. DOI: [10.1080/14992020400050027](https://doi.org/10.1080/14992020400050027).

30. Shipley, K.G. and McAfee, J.G. (2016). *Assessment in speech-language pathology, A resource manual*. 5<sup>th</sup> ed. Boston: Cengage Learning.
31. Smith, J.T. and Wolfe, J. (2013). Testing otoacoustic emissions in children: The known, and the unknown. *The Hearing Journal*, 66(9), pp. 20-23.
32. Stach, B.A. (2010). *Clinical audiology: an introduction*. Clifton Park: Delmar Cengage Learning.
33. Stevens, G., Flaxman, S., Brunskill, E., Mascarenhas, M., Mathers, C.D., and Finucane, M. (2011). Global and regional hearing impairment prevalence: an analysis of 42 studies in 29 countries. *European Journal of Public Health*, 23(1), pp. 146-152.
34. Tye-Murray, N. (2020). *Foundations of aural rehabilitation: children, adults, and their family members*. 5<sup>th</sup> ed. Sun Diego: Plural Publishing.
35. Zahnert, T. (2011). The differential diagnosis of hearing loss. *Deutsches Ärzteblatt International*, 108(25), pp. 433-443. doi: 10.3238/arztebl.2011.0433.