



GÖTEBORGS UNIVERSITET
SAHLGRENSKA AKADEMIN

Institutionen för neurovetenskap och fysiologi
Enheten för audiologi

Våren 2009

EXAMENSARBETE I AUDIOLOGI, 15 hp, VAU231
Fördjupningsnivå 1 (C)
Inom audionomprogrammet, 180 högskolepoäng

Titel

En studie av skillnader mellan monotisk och dikotisk 40 Hz Auditory Steady-State Response

Författare

Andreas Brolin
Axel Söderberg

Handledare

Ann-Kristin Espmark
Tomas Tengstrand

Examinator

Lennart Magnusson

Sammanfattning

Syfte

Denna studies syfte är att undersöka skillnader mellan monotisk och dikotisk 40 Hz Auditory Steady-State Response (ASSR) med Interacoustics Eclipse.

Metod

De aspekter som undersökts är testtid, relation mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar (TAH), reproducerbarhet och samband mellan andel avvisade svar vid hjärnstams-audiometri (BRA) och skillnad mellan ASSR och TAH. För åtta normalhörande personer (<20 dB HL) uppskattades hörtrösklar med monotisk och dikotisk ASSR för frekvenserna 0,5; 1; 2 och 4 kHz. Analysen av resultaten gjordes utifrån medelvärde och standardavvikelse.

Resultat

Testtid: Analysen visar att dikotisk är den mätning som har kortast testtid om båda öronen ska testas vid fyra frekvenser. *Skillnad mellan ASSR och TAH:* Ingen skillnad mellan monotisk mätning (MM) och dikotisk mätning (DM) kunde urskiljas. Resultatet visar dock att 1 kHz är den frekvens där överensstämmelsen mellan ASSR och TAH är störst. *Reproducerbarhet:* Resultaten av MM och DM visar att ingen ger generellt bättre ASSR-trösklar. Bäst reproducerbarhet återfinns vid 2 och 4 kHz. *Relationen mellan andel avvisade svar vid BRA och ASSR:* Ett eventuellt samband kan endast ses vid 0,5 kHz.

Konklusion

Resultatet av denna studie visar att DM är att föredra då testtiden reduceras utan att påverka resultatet. Mer omfattande studier bör dock göras för ett mer generaliserbart resultat.

Nyckelord:

Auditory Steady-State Response, 40 Hz ASSR, Monotisk, Dikotisk



GÖTEBORGS UNIVERSITET
SAHLGRENKA AKADEMIN

Institute of Neuroscience and Physiology
Department of Audiology

Spring 2009

**RESEARCH PROJECT IN AUDIOLOGY, 15 credits,
VAU231
Advanced level 1 (C)
Within audiologist programme, 180 credits**

Title	
A study of differences between monotic and dichotic 40 Hz Auditory Steady-State Response	
Author	Supervisor
Andreas Brodin Axel Söderberg	Ann-Kristin Espmark Tomas Tengstrand
	Examiner
	Lennart Magnusson
Abstract	
Objective The objective of this study was to investigate differences between monotic and dichotic 40 Hz Auditory Steady-State Response (ASSR) with Interacoustics Eclipse.	
Design The aspects studied are test duration, relation between ASSR and behavioural thresholds (BT), reproducibility and correlation between rejects during Brainstem Response Audiometry (BRA) and differences between ASSR and BT. Monotic and dichotic ASSR-thresholds for eight normal hearing subjects (<20 dB HL) were estimated for frequencies 0.5, 1, 2 and 4 kHz. The results were analyzed by mean and standard deviation.	
Results <i>Duration:</i> The analyze show that dichotic is the measurement that has the shortest test duration if both ears are to be tested at four frequencies. <i>Relation between ASSR and BT:</i> No difference between monotic measurement (MM) and dichotic measurement (DM) could be distinguished. However the results show that the correlation between ASSR and BT is greatest at 1 kHz. <i>Reproducibility:</i> Neither MM or DM show ASSR-thresholds that are generally better. Best reproducibility is found at 2 and 4 kHz. <i>Correlation between rejects during BRA and differences between ASSR and BT:</i> A possible connection can only be seen at 0.5 kHz.	
Conclusion The results of this study show that DM is preferable when the test time is reduced without affecting the result. For a generally applicable result more extensive studies should be made.	
Nyckelord: Auditory Steady-State Response, 40 Hz ASSR, Monotic, Dichotic	

FÖRORD

Tack till

Lisbeth Forsman för att vi fick låna utrustning och lokaler.

Tomas Tengstrand för idé och teknisk rådgivning.

Ann-Kristin Espmark för konstruktiv kritik i skrivandet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
BAKGRUND	1
HJÄRNSTAMSAUDIOMETRI OCH ASSR	1
BESKRIVNING AV ASSR	1
<i>Registrering av ASSR</i>	2
<i>Felkällor vid ASSR</i>	3
SAMBAND MELLAN ASSR OCH TONAUDIOMETRISKA HÖRTRÖSKLAR	3
<i>Tröskelbestämning med ASSR</i>	3
ASSR:S URSPRUNG I HÖRSELSYSTEMET	4
CENTRAL MASKERING/SUPPRESSION	4
SKILLNAD I TESTTID MELLAN MONOTISK OCH DIKOTISK ASSR	4
SYFTE	5
FRÅGESTÄLLNINGAR	5
MATERIAL OCH METOD	6
DELTAGARE	6
STIMULERING OCH REGISTRERING	6
TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	6
TRÖSKELBESTÄMNING MED TONAUDIOMETRI OCH ASSR.....	7
HJÄRNSTAMSAUDIOMETRI (BRA).....	7
MÄTUTRUSTNING.....	7
REGISTRERING	8
ANALYS	8
ETISKA ÖVERVÄGANDEN	8
RESULTAT	9
TIDSÅTGÅNG FÖR MONOTISK OCH DIKOTISK ASSR	9
ASSR OCH TONAUDIOMETRISKA HÖRTRÖSKLAR	10
ÖVERENSTÄMMELSE MELLAN MONOTISK OCH DIKOTISK ASSR PÅ INDIVIDNIVÅ	11
ANDEL AVVISADE SVAR VID BRA OCH DESS RELATION TILL SKILLNADEN MELLAN ASSR OCH TONAUDIOMETRISKA HÖRTRÖSKLAR	11
DISKUSSION	12
METODDISKUSSION.....	12
RESULTATDISKUSSION	13
<i>Tidsåtgång för monotisk och dikotisk ASSR</i>	13
<i>ASSR och tonaudiometriska trösklar</i>	13
<i>Skillnad mellan monotiska och dikotiska ASSR-trösklar</i>	14
<i>Andel avvisade svar vid BRA och dess relation till skillnaden mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar</i>	14
KONKLUSION	15
REFERENSLISTA	16

FÖRKORTNINGAR

AM: Amplitudmodulation

ASSR: Auditory Steady-State Response

BRA: Brainstem Response Audiometry (hjärnstamsaudiometri)

DM: Dikotisk Mätning

EEG: Elektroencefalografi

FM: Frekvensmodulation

MM: Monotisk Mätning

TAH: Tonaudiometriska Hörtrösklar

INLEDNING

Auditory Steady-State Response (ASSR) är en metod för att uppskatta hörtrösklar utifrån auditiva svarspotentialer. Mätningen är utformad så att personen som testas inte aktivt deltar och hörtrösklar uppskattas genom en statistisk analys av den neurofysiologiska aktivitet som uppstår efter ljudstimuli. ASSR är alltså ingen direkt mätning av hörseln, istället mäter den nervernas aktivitet som följer av ljudstimulit (1-3).

Behovet av en sådan mätmetod är stort för att kunna testa personer som ej kan medverka vid konventionell tonaudiometri som vilket framförallt gäller barn men även personer som av annan anledning inte antas ge korrekta svar (4-6).

BAKGRUND

Hjärnstamsaudiometri och ASSR

ASSR har likheter med hjärnstamsaudiometri (Brainstem Response Audiometry, BRA) som i regel varit den mätmetod som används för att uppskatta hörtrösklar på spädbarn vid misstänkt hörselnedsättning (7).

Mätningen görs genom att fästa elektroder på testpersonens huvud och sedan presentera ljudstimuli i dennes öra/öron. Elektrodena registrerar den elektriska aktivitet som uppstår i nerverna efter transient ljudstimuli i ett fungerande hörselsystem. Aktiviteten summeras i en elektroencefalografi (EEG)-graf, genom medelvärdesberäkning. Svaren avläses sedan visuellt. ASSR genomförs på ett liknande sätt, elektroder registrerar aktivitet som uppstår efter ljudstimuli som summeras och medelvärdesberäknas (8). ASSR skiljer sig dock från BRA i avseende på typ av stimuli och analys av registreringen. fördelarna med ASSR framför BRA är möjligheten till att vid behov kunna använda högre stimuleringsnivå och att ASSR är mer frekvensspecifikt då testsignalen är kontinuerlig. ASSR har potentiellt kortare testtid då båda öronen och flera frekvenser kan testas samtidigt (9, 10).

Beskrivning av ASSR

Vid ASSR presenteras en eller flera kontinuerliga toner vid olika frekvenser simultant. Det behöver skilja minst en oktav mellan dem annars interfererar de med varandra. De olika testfrekvenserna är i regel 0,5; 1; 2 och 4 kHz och utifrån vilka testpersonens hörtrösklar upp-

skattas. Dessa toner är alltid amplitudmodulerade (AM) och ofta även frekvensmodulerade (FM) (11-13). Stimuli kan presenteras i ett öra i taget, monotiskt, eller båda öronen samtidigt, dikotiskt (11, 14). Dikotisk stimulering innebär att olika ljud presenteras i vardera öra till skillnad från diotisk där ljudstimulit är identiskt i båda öronen (15). I fallet med ASSR är det modulationshastigheten på AM-stimulit som skiljer sig mellan öronen (16).

Registrering av ASSR

Registreringen som görs vid ASSR sker i avseende på hur bra den neurala aktiviteten är synkroniserad till AM hos ljudstimulit (10, 12, 17). Uträkningen görs sedan automatiskt av mätutrustningen som visuellt presenterar den nivå där svar har registrerats. På detta sätt kan hörtrösklar vid de fyra frekvenserna uppskattas samtidigt både monotiskt och dikotiskt. Det är möjligt då varje bärton har en AM som skiljer sig åt i modulationshastighet. Mätutrustningen räknar med hjälp av en fourieranalys* ut om det finns en neurofysiologisk aktivitet som stämmer överens med varje enskild modulationshastighet (2, 18).

För att få tydliga EEG-svar vid ASSR bör AM på minst 50 % användas, det är dock vanligare att AM är högre, >90 % (4, 5, 10, 13, 14, 19, 20). Modulationsfrekvensen kan dock variera, oftast används en AM på ca 40 Hz (t.ex. 36,103; 39,062; 41,992, och 44,922 Hz för frekvenserna 0,5; 1; 2 och 4 kHz) eller ca 80 Hz (77,148; 84,961; 92,773 och 100,86 Hz för frekvenserna 0,5; 1; 2 och 4 kHz) som vardera brukar benämnas 40 Hz respektive 80 Hz ASSR (21).

Enligt Ross m.fl. (22) ger 40 Hz ASSR störst amplitud i EEG-svaret vid en testfrekvens mellan 0,25 och 1 kHz. Detta gäller inte för 80 Hz ASSR enligt John m.fl. (23) där 1 och 2 kHz är de testfrekvenser som ger störst amplitud.

Ljudstyrkan som presenteras vid ASSR är kalibrerad utifrån en grupp av normalhörande, vanligtvis tio till femton personer. Utifrån dessa data sätts sedan en nollnivå, som benämns 0 dB nHL, vilket är den lägsta nivå där de normalhörande i genomsnitt gett mätbara svar. Anledningen till detta är att signalen vid ASSR inte ses som en kontinuerlig ton utan en signal bestående av flera transienta toner. Detta kan jämföras med dB HL för vilket det finns ett vedertaget förhållande till den faktiska ljudstyrkan (24).

* Fourieranalys innebär att en komplex signal delas upp i frekvens och amplitud.

Felkällor vid ASSR

För ASSR gäller till viss del samma felkällor som vid övriga mätningar av auditiva svarspotentialer som t.ex. BRA. Mätningen kräver att den utförs i en relativt tyst miljö och att elektroderna har en låg impedans mot huden. Hänsyn bör även tas till elnätets frekvens så att denna inte interfererar med EEG-mätningen. Personen som testas ska vid mätningen vara avslappnad särskilt i nack- och axelregionen för att minska artefakter från muskelspänningen (24). Andel avvisade svar vid BRA kan ses som ett mått på hur avslappnad personen som testas är då dessa är beroende av hur stor muskelaktiviteten är hos testpersonen.

Vid mätning av 40 Hz ASSR är det viktigt att testpersonen dock inte är så avslappnad att han/hon somnar då det kan medföra ett sämre resultat (25, 26). Detta gäller inte för 80 Hz ASSR (4). Generellt går det inte att påvisa att något öra skulle generera bättre svar än det andra. Däremot har viss skillnad mellan kön kunnat ses dock inte på en signifikant nivå (20).

Samband mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar

Korrelationen mellan de hörtrösklar som fås med konventionell tonaudiometri och de som uppmätts med ASSR har visat sig vara god. Personer med sensorisk hörselnedsättning visar dock något bättre korrelation än normalhörande (3, 5, 16, 27). Att korrelationen är bättre för personer med sensorisk hörselnedsättning beskrivs bl.a. av Johnson m.fl.(13), och kan bero på det så kallade *recruitment of loudness* – fenomenet. Detta innebär att en liten förändring i ljudstyrka medför en större förändring i aktivitet i nervbanorna hos personer med sensorisk hörselnedsättning än normalhörande (3, 10, 13).

De studier som gjorts med 40 Hz ASSR som undersöker korrelationen mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar (TAH) är få men visar på en eventuellt bättre samstämmighet än 80 Hz (12, 21). Detta kan härledas till att 40 Hz AM genererar en starkare elektrofysiologisk aktivitet. Det tidigare nämnda faktum att testpersonen behöver vara lugn och vaken gör att 40 Hz AM inte anses vara en lämplig modulationshastighet vid ASSR mätning på barn. 80 Hz AM som är mindre känslig för att testpersonen sover är därför att föredra vid test på barn. Detta är en anledning till att bl.a. Hall (8) och Aoyagi m.fl. (4) rekommenderar en modulationshastighet på 80-100 Hz.

Tröskelbestämning med ASSR

Vid tröskelbestämningen med ASSR verkar det inte råda någon konsensus kring hur undersökningen exakt ska genomföras, som det finns vid tonaudiometri (28, 29). Olika studier

beskriver olika metoder för det praktiska genomförandet. En likhet mellan de beskrivna metoderna är dock att de alla syftar till att börja på en väl hörbar nivå för att sedan sänka ljudstimulit till en tröskelnära nivå. (5, 6, 13, 16, 25).

ASSR:s ursprung i hörselsystemet

Var i hörselsystemet ASSR har sitt ursprung beror på vilken typ av modulationshastighet som används för att genomföra testet, d.v.s. det skiljer sig mellan 80 Hz och 40 Hz ASSR. 80 Hz ASSR registrerar troligtvis den aktivitet som uppstår i hjärnstammen efter stimulering. Bland annat har Aoyagi m.fl. (4) sett likheter med det svar som fås av 80 Hz ASSR med våg V som uppstår vid BRA. Herdman m.fl. (30) har med hjälp av magnetoencefalografi har också presenterat resultat som tyder på att 80 Hz ASSR har sitt ursprung huvudsakligen i hjärnstammen.

För 40 Hz ASSR har Herdman m.fl. (30) kommit fram till att svaren genereras till vis del i hjärnstammen, men den lägre modulationshastigheten framkallar även svar i hörselbarken i tinningsloben. Vilket har bekräftats av andra studier (31).

Central maskering/Suppression

Vid perception av ljud exciteras inte enbart nervbanorna i den ipsilaterala delen av hjärnstammen, nervsignaler går även över till den kontralaterala sidan (32). Detta kan påverka registreringen av svar vid dikotisk ASSR. Studier har visat att kontralateral maskering påverkar förmågan att uppfatta ljud ipsilateralt detta p.g.a. signalen och maskeringen upptar samma plats i nervbanan. Att så är fallet beror på den tonotopiska organisationen av neuron i hjärnstam och hjärnbark. Dirks och Malmquist (33) observerade, vid kontralateral maskering, att maskeringseffekten är som störst när stimuli och maskering båda är kontinuerliga eller simultant pulserande. Denna effekt har fått namnet *central maskering*, till skillnad från *perifer maskering* som sker i koklean. Dock är det vanligt att maskering på en högre nivå än koklean benämns som suppression, vilket innebär en minskad neural aktivitet. Storleken på denna effekt varierar beroende på stimuli (34, 35).

Skillnad i testtid mellan monotisk och dikotisk ASSR

Få studier har hittats som undersöker huruvida det föreligger skillnad i testtid mellan monotiskt och dikotiskt utförande av ASSR. De studier som genomförts är alla gjorda med samma typ av mätutrustning (MASTER) och med 80 Hz ASSR. Resultaten mellan dessa stu-

dier skiljer sig åt, även om samtliga visar en reducerad total testtid för dikotisk mätning (DM) jämfört med att testa två öron med monotiskt mätning (MM) (5, 16, 23). Med 40 Hz ASSR har ingen undersökning gjorts gällande skillnaden mellan monotisk och dikotisk testtid. Det finns dock indikationer på att det inte går att utgå från de resultat som fåtts vid 80 Hz studierna. Bhagat (36) har visat att svarets amplitud minskar om testsignalen (1 kHz) med en modulationshastighet på 40 Hz presenteras samtidigt som en kontralateral maskeringston (2 kHz) då denna moduleras med en annan hastighet (30, 50, 60, 70 och 80 Hz). Liknande resultat har även uppvisats av Dolphin (37) i försök på ökenråttor.

Undersökningar gällande skillnad mellan monotisk och dikotisk 40 Hz ASSR finns ej vetenskapligt publicerade vilket visar att fler studier behöver göras för att mätningen ska kunna användas i kliniskt bruk.

De flesta studier av ASSR som gjorts bygger på MASTER-, AUDIX- eller AUDERA-plattformen (10, 12, 13, 16, 17, 20, 21). Ingen studie har dock gjorts med Interacoustics Eclipse-plattform, som denna studie använder sig av.

SYFTE

Denna studies syfte är att undersöka skillnader mellan monotisk och dikotisk 40 Hz ASSR med Interacoustics Eclipse.

FRÅGESTÄLLNINGAR

- Föreligger det någon skillnad i testtid mellan monotisk och dikotisk 40 Hz ASSR?
- Föreligger det någon skillnad i överensstämmelse mellan ASSR och TAH mellan monotisk och dikotisk 40 Hz ASSR?
- Hur överensstämmer monotiska och dikotiska 40 Hz ASSR-trösklar på individnivå?
- Finns det något samband mellan andel avvisade svar vid BRA och skillnaden mellan ASSR och TAH?

MATERIAL OCH METOD

Deltagare

Åtta frivilliga personer deltog i denna studie (fyra kvinnor, fyra män). Åldern varierade mellan 22 och 29 med en medelålder på 25. Alla deltagarna var normalhörande på båda öronen, med TAH (0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6 och 8 kHz) under 20 dB HL. Deltagarna i studien hade TAH som var 10 dB HL eller bättre på de frekvenser som testades med ASSR, d.v.s. 0,5; 1; 2 och 4 kHz. Detta gäller för samtliga förutom en, deltagare 8, vars TAH vid 4 kHz var 15 dB HL.

Stimulering och registrering

Vid ASSR-mätningen användes mätutrustningens fabriksinställningar för 40 Hz ASSR. Vad denna inställning är specificeras inte i produktinformationen eller programvaran. Hur den exakta registreringen av svaren sker framgår heller inte.

Tillvägagångssätt

För att fastställa att deltagarna var normalhörande mättes lufledningströsklar med tonaudiometri. För att kontrollera neurofysiologisk aktivitet testades även BRA innan ASSR-mätningarna påbörjades.

BRA och ASSR utfördes i ett lugnt rum med deltagaren sittandes i en tandläkarstol med ca 30 graders vinkel på ryggstödet. Deltagarna uppmanades att vara avslappnade under hela mätningen.

ASSR-mätningen alternerades på följande sätt mellan deltagarna för att undvika att den ena mätmetoden alltid skulle påbörjas först och därmed inverka på resultatet:

1. Dikotisk, monotisk höger (HÖ) sedan monotisk vänster (VÄ)
2. Monotisk HÖ, monotisk VÄ sedan dikotisk.

Detta genomfördes så att det blev fyra deltagare i varje grupp och jämn könsfördelning. Denna fördelning skedde slumpvis. De olika mätningarna utfördes vid samma tillfälle. Testtiden för varje person som testades var ca tre timmar.

Tröskelbestämning med tonaudiometri och ASSR

Tröskelmätning med tonaudiometri genomfördes innan varje ASSR. Trösklarna bestämdes utifrån den modifierade *Houghson-Westlake*-metoden (10 dB ner sedan 5 dB upp) för rena toner (28, 29).

Då det inte finns någon vedertagen metod för bestämning av ASSR-trösklar användes följande metod som är utformad utifrån att deltagarna är normalhörande: För att starta på en väl hörbar nivå valdes 65 dB HL, när samtliga trösklar uppnåtts sänktes stimuleringsnivån med 25 dB och därefter ytterligare 20 dB dvs till 20 dB HL. Detta gällde både för MM och DM. Vid 20 dB HL gjordes justeringar av stimulinivå med 5 dB, ökning eller minskning beroende på om trösklar uppnåtts eller ej. Varje stimuleringsomgång varade i 6 minuter, eller tills samtliga trösklar i omgången uppnåtts. En tröskel räknades som uppnådd då man inte fått något svar på en lägre nivå, d.v.s. efter en sänkning med 5 dB.

Om trösklar vid någon frekvens ej uppnåtts, vid stimulering på 65 och 40 dB HL, testades denna frekvens om på samma nivå. Detta eftersom att normalhörande ska ha trösklar på dessa nivåer. Resultat kunde då fås på dessa nivåer för samtliga deltagare.

Den enhet som anges av utrustningen som presentationsnivå för stimulering vid ASSR är dB HL, vilket är den enhet som kommer att användas i studien för ASSR-trösklarna. Den korrekta benämningen av presentationsnivån är dock dB nHL.

Hjärnstamsaudiometri (BRA)

BRA genomfördes med en stimuleringsnivå på 70 dB nHL bilateralt, med transienter för bredbandig stimulering och två svep, 1000 stim/svep, för att se reproducerbarhet. BRA genomfördes även för att få ett mått på hur avslappnad deltagaren var innan ASSR påbörjades. För att svaren skulle accepteras var spänningen tvungen att vara $< 40 \mu\text{V}$ annars avvisades svaret då störningen var för stor.

Mätutrustning

Vid ASSR användes Interacoustics Eclipse tillsammans med förförstärkare EPA4 och instickstelefoner av typ Ear Tone ABR. Eclipseplattformen kopplades via USB till en laptopdator. För att styra och avläsa mätningarna användes programvaran OtoAccess™.

BRA utfördes med samma plattform som ASSR men med programvaran i OtoAccess™ för BRA.

Tonaudiometri genomfördes ett ljudisolerat rum avsett för hörselmätning och med en audiometer av typ Interacoustics AC 440 med hörtelefoner av modellen TDH-39.

Registrering

Vid ASSR- och BRA-mätningarna användes engångselektroder. Elektrodernas placeringpunkt förbereddes genom att slipa huden med sandpapper och rengöra med sprit för att minska impedansen. Innan testet påbörjades gjordes en kontroll med EPA4 så att impedansen inte var större än 3 k Ω . Elektroderna placerades enligt följande: pannan under hårfästet (Vertex), VÄ kind (jord), HÖ mastoid (för registrering av HÖ öra), VÄ mastoid (för registrering av VÄ öra).

Analys

Undersökningsmaterialet behandlas utifrån beräkningar av medelvärden och standardavvikelser. Eftersom studien bygger på data från få mätobjekt så fanns inte underlag för statistisk analys. I resultatdelen beskrivs tendenser i det insamlade materialet.

Testtiden analyserades i avseende på total testtid per frekvens. Programvaran registrerade testtiden för varje mätnivå och frekvens. Denna registrerade tid adderades sedan för att få den totala testtiden för varje frekvens, öra och mätmetod.

Vidare undersöktes även relation mellan ASSR och TAH och även hur bra överensstämmelsen var mellan de olika ASSR-mätningarna på individnivå. Andel avvisade svar vid BRA jämfördes med skillnaden mellan ASSR och TAH för att se om något samband mellan dessa finns, d.v.s. om graden av avspändhet påverkar skillnaden.

Etiska överväganden

Samtliga personer deltog frivilligt i studien och var väl införstådda med testmetoderna. Testet innebar ingen risk för deltagarnas hälsa. Deltagarna meddelades att de fick avbryta testet när som helst under dess gång utan att behöva ange orsak. Samtliga uppgifter kring deltagarna behandlas konfidentiellt och materialet avidentifierades efter testet.

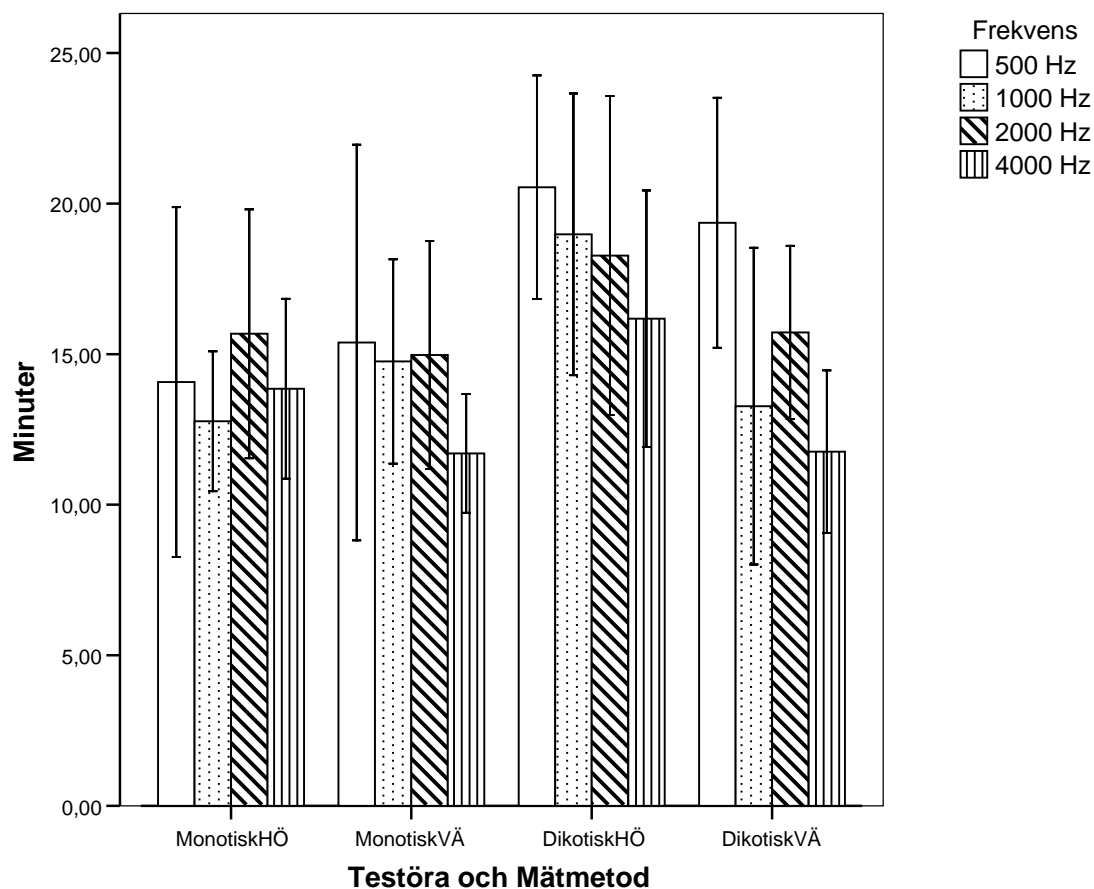
RESULTAT

Tidsåtgång för monotisk och dikotisk ASSR

I figur 1 visas ett medelvärde för den totala testtiden, och även ± 1 standardavvikelse, för varje frekvens och mätmetod. Den uppmätta testtiden per frekvens för monotisk och dikotisk ASSR, för de åtta deltagarna, visar en genomsnittlig tidsskillnad till förmån för monotisk ASSR för höger öra, som framgår i figur 1. Det framgår även att en nämnvärd kortare genomsnittlig testtid, för båda öronen, endast finns vid 0,5 kHz för MM.

Tidsskillnaden mellan MM och DM på höger öra är som störst vid 0,5 och 1 kHz där MM i genomsnitt är snabbare. Även vid 2 och 4 kHz på höger öra är MM något snabbare. Det är dock inte lika stor skillnad som vid de lägre frekvenserna.

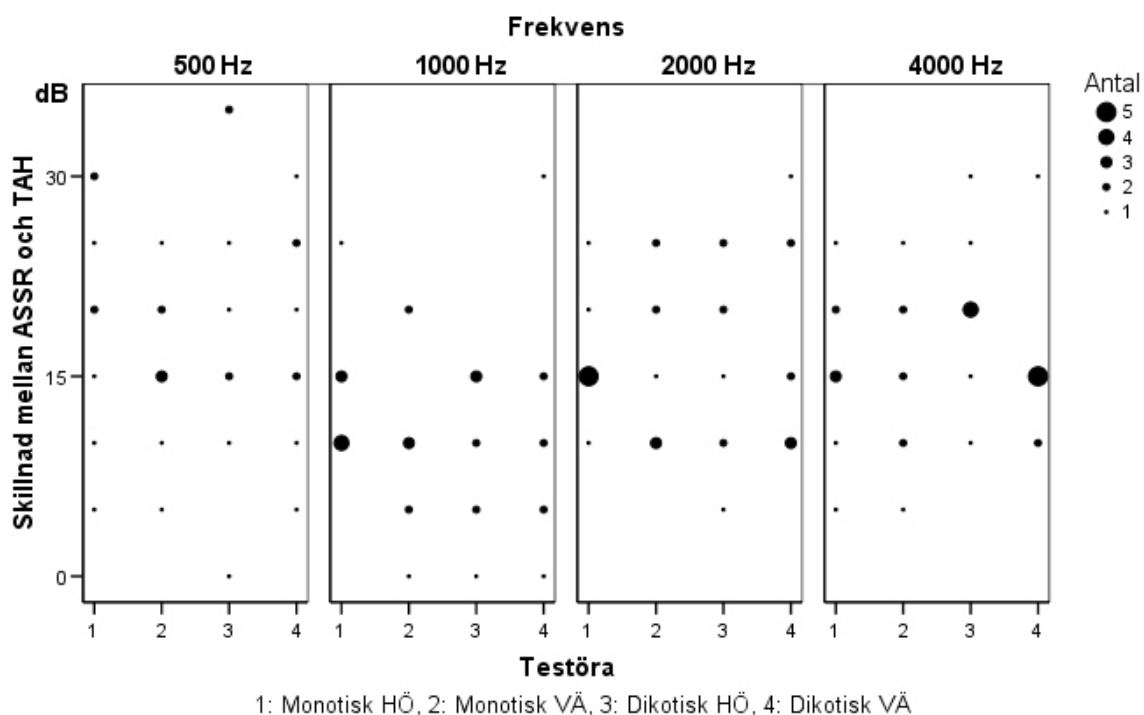
För vänster öra vid 1 kHz är det dock DM som visar kortast genomsnittlig testtid. Vid 2 och 4 kHz på vänster öra är den genomsnittliga tidsskillnaden mellan MM och DM liten. Av figur 1 framgår även att standardavvikelsen är stor för både MM och DM.



Figur 1. Det genomsnittliga antalet uppmätta minuter för monotisk och dikotisk ASSR tillsammans med ± 1 standardavvikelse.

ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar

Överensstämmelsen mellan de trösklar som uppnåddes med ASSR och tonaudiometri, som visas i figur 2, var för denna studie mycket varierande. TAH var inte för någon deltagare sämre än de ASSR-trösklar som registrerats. Bäst generell överensstämmelse mellan ASSR och TAH återfinns vid 1 kHz och detta gäller för både MM och DM även om spridningen för dikotisk vänster är stor vid denna frekvens. För 1 kHz är skillnaden i medelvärdet mellan 9 och 14 dB, vilket framgår i tabell 1. Medelvärdet för skillnaden mellan ASSR och TAH vid frekvenserna 0,5; 2 och 4 kHz är mellan 15 och 20 dB. Störst spridning mellan deltagarna visar DM. Denna har en spridning på 35 dB, vid 0,5 kHz höger öra, mellan de trösklar som uppmätts med ASSR och de som uppmätts med tonaudiometri. 0,5 kHz är även den frekvens där spridningen är som störst för de båda mätmetoderna.



Figur 2. Spridningen av skillnaden mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar för de olika deltagarna uppdelat på frekvens, öra och testmetod. Storleken på punkterna visar hur många deltagare som varje punkt representerar.

Tabell 1. Genomsnittlig skillnad, angivet i dB, mellan ASSR och tonaudiometriska trösklar \pm 1 standardavvikelse.

	Medelvärde \pm 1 Standardavvikelse			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
MonotiskHÖ	19 \pm 9	14 \pm 5	16 \pm 4	16 \pm 6
MonotiskVÄ	16 \pm 6	10 \pm 7	17 \pm 7	15 \pm 7
DichotiskHÖ	19 \pm 12	9 \pm 6	16 \pm 7	20 \pm 6
DichotiskVÄ	18 \pm 8	11 \pm 9	18 \pm 8	16 \pm 6

Överensstämmelse mellan monotisk och dikotisk ASSR på individnivå

Tabell 2 visar skillnaden mellan ASSR-trösklarna för MM och DM. Av denna framgår att det inte finns hundra procentig reproducerbarhet mellan monotisk och dikotisk ASSR för de åtta deltagarna. Den största avvikelser i materialet är 15 dB (det finns dock en skillnad mellan de olika deltagarna hur bra reproducerbarheten är). Av resultatet går inte att säga att någon av testmetoderna generellt ger ett bättre svar. Däremot går det att se att vid frekvenserna 2 och 4 kHz är samstämmigheten mellan mätmetoderna störst.

Tabell 2. Skillnad mellan monotisk och dikotisk ASSR-tröskel angivet i dB. Där positiv tal innebär att monotisk ASSR gav en lägre tröskel och negativ att dikotisk gav en lägre tröskel.

	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
	Dikotisk – Monotisk HÖ	Dikotisk – Monotisk Vä	Dikotisk – Monotisk HÖ	Dikotisk – Monotisk VÄ	Dikotisk – Monotisk HÖ	Dikotisk – Monotisk VÄ	Dikotisk – Monotisk HÖ	Dikotisk – Monotisk VÄ
1	5	5	10	5	5	5	0	5
2	-10	5	0	-5	0	0	0	0
3	5	0	-5	-10	-5	0	5	5
4	5	-15	0	5	-5	-5	0	0
5	-5	5	0	5	5	0	5	0
6	-10	10	-10	10	5	5	5	-5
7	5	0	-10	-10	0	0	5	-5
8	5	10	0	10	-5	0	15	5

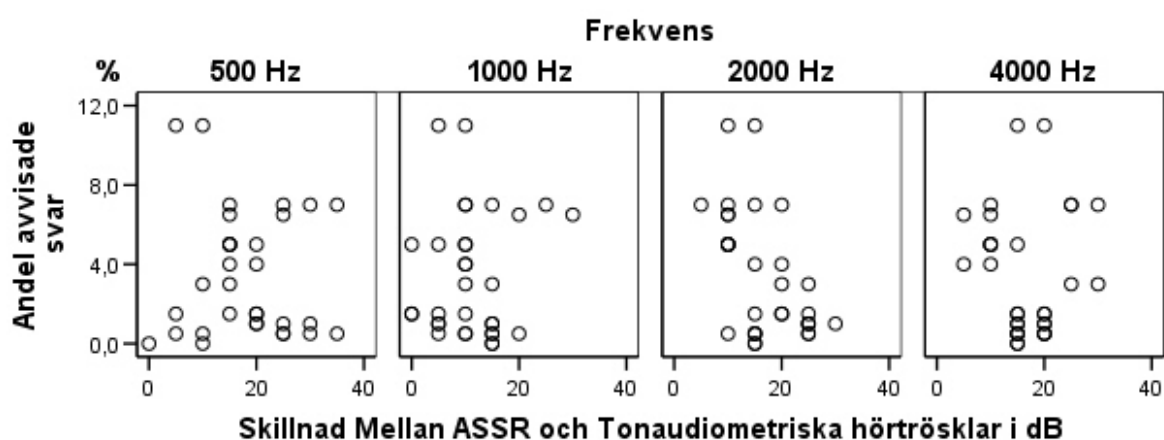
Andel avvisade svar vid BRA och dess relation till skillnaden mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar

I tabell 3 visas en sammanställning av andelen avvisade svar från BRA-mätningarna för varje deltagare. Det framgår här att endast en person hade en andel avvisade svar över 10 %, deltagare 3 som hade 13 % avvisade svar vid det första svepet som gjordes på höger öra.

Relationen mellan andelen avvisade svar från BRA-mätningarna, där de båda svepen slagits samman till ett medelvärde för varje deltagare och öra, och storleken på skillnaden mellan ASSR och TAH för varje frekvens visas i figur 3. För 0,5 kHz går det att utläsa ett visst samband mellan hur bra trösklarna överensstämmer från respektive tröskelmätning och hur stor andel av svaren som avvisades vid BRA, där låg andel avvisade svar uppvisar en liten skillnad mellan trösklarna. Resultatet visar dock att det sambandet inte gäller för alla deltagare. För 1, 2 och 4 kHz går det inte att se ett liknande samband som vid 0,5 kHz.

Tabell 3. Andel avvisade svar vid BRA, angivet i procent, för 1:a och 2:a svepet.

		Öra			
		1:a svepet HÖ	2:a svepet HÖ	1:a svepet VÄ	2:a svepet VÄ
Deltagare	1	1 %	2 %	2 %	4 %
	2	0 %	0 %	1 %	0 %
	3	13 %	9 %	6 %	4 %
	4	1 %	0 %	1 %	2 %
	5	5 %	3 %	6 %	4 %
	6	9 %	5 %	0 %	2 %
	7	1 %	1 %	1 %	0 %
	8	7 %	7 %	8 %	5 %



Figur 3. Andel avvisade svar vid BRA i förhållande till skillnad mellan ASSR och tonaudiometriska hörtrösklar.

DISKUSSION

Metoddiskussion

Syftet med den här studien var att undersöka skillnaden mellan monotisk och dikotisk 40 Hz ASSR. Den omfattning och det tillvägagångssätt vi använde oss av är till stor del begränsat av den ram inom vilken studien genomförts. Därför bygger det insamlade materialet endast på resultat från åtta deltagare. Det ringa antalet deltagare gör att det är det inte går att generalisera resultatet för en större population.

Samtliga mätningar per deltagare utfördes i följd efter varandra vilket medförde att den totala testtiden per deltagare blev relativt lång, ca tre timmar. Den relativt långa tiden det tog att genomföra mätningen kan ha medfört påverkan på resultaten. Detta för att personens grad av avslappning kan ha ändrats under mätningens gång. För att minimera denna eventuella

inverkan alternerades hur testet inleddes. Hälften av deltagarna testades således först monotisk sedan dikotiskt och andra hälften i omvänd ordning. I resultatet togs sedan ingen hänsyn till vilken metod som mätningarna inleddes med, då detta skulle ha medfört endast fyra deltagare i varje mätgrupp.

Resultatdiskussion

Tidsåtgång för monotisk och dikotisk ASSR

På det testmaterial den här studien bygger på går det att se en skillnad i testtid mellan monotisk och dikotisk ASSR. Tendensen som går att se är att 0,5 kHz går något snabbare att mäta monotiskt än dikotiskt. I övrigt är det svårt att dra några generella slutsatser som gäller för hela materialet. Den genomsnittliga testtiden på höger öra är kortare vid MM än vid DM. Denna skillnad mellan MM och DM återfinns inte på vänster öra. Där enbart 0,5 kHz visar en kortare testtid monotiskt. Vid övriga frekvenser är skillnaden försumbar eller till dikotisk fördel. Resultatet visar även en stor spridning deltagarna emellan.

Att MM skulle uppvisa kortare testtid vid 0,5 kHz kan härledas till att de högre testfrekvenserna påverkar de lägre som b.l.a. beskrivs av Bhagat (36). Eftersom att resultatet bygger på få deltagare och att tillvägagångssättet vid tröskelbestämningen utformades som den gjordes går det inte att säga säkert att det är denna eventuella inverkan som orsakar skillnaden i testtid.

Huruvida det finns en skillnad mellan hur höger och vänster öra påverkas av monotisk och dikotisk ASSR går inte att dra några slutsatser av då det insamlade materialet bygger på en liten testgrupp.

Utifrån resultaten vad det gäller testtid kan man inte utgå ifrån att det finns någon fördel att testa enbart ett öra i taget då MM genomsnittliga testtider aldrig understiger hälften av DM.

ASSR och tonaudiometriska trösklar

Resultaten från den här studien visar en sämre samstämmighet för mellan 40 Hz ASSR och TAH än tidigare studier på normalhörande. Petitot m.fl. (12) visar i en studie, baserad på tio deltagare, från 2005 att ett medelvärde och standardavvikelse gällande skillnaden mellan 40 Hz ASSR och TAH för frekvenserna 0,5; 1; 2 och 4 kHz i dB är $8 \pm 9,19$; $8,50 \pm 12,26$; $8,89 \pm 9,28$ och $16 \pm 14,68$. Dessa resultat kan jämföras med de som presenterades i tabell 1.

Anmärkningsvärt är hur mycket bättre överensstämmelse Petitot m.fl. (12) kan uppvisa vid 0,5 och 2 kHz i förhållande till den gällande studien.

I jämförelse med studier som gjorts på både personer med hörselnedsättning och normalhörande visar resultatet från gällande studie större skillnad mellan 40 Hz ASSR och TAH (12, 21). Någon studie som bygger på enbart resultat från hörselskadade och utförts med liknande mätteknik, d.v.s. att flera frekvenser testas samtidigt monotiskt eller dikotiskt är få för 40 Hz ASSR.

Att resultaten från gällande studie är sämre än de som tidigare rapporterats kan vara en effekt av den långa testtid som krävdes för att genomföra de tre olika mätningarna som behövdes för studien. Den långa testtiden kan ha medfört att deltagarna blivit mer spända under mätningens gång. Detta kan ha medfört störningar från musklerna som påverkat EEG-svaret och därmed en höjning av ASSR-tröskeln. Att Petitot m.fl. (12) har en relativt låg skillnad mellan ASSR och TAH vid 0,5 kHz, till skillnad från den gällande studien, kan förklaras av att 40 Hz ASSR ger starkast EEG-svar, vilket andra studier visat (22). Att skillnaden är större i den gällande studien kan dels bero på att 0,5 kHz eventuellt påverkas mer av avslappningsgrad än de övriga frekvenserna, se figur 3. Det kan dock även vara en effekt av att olika typer av utrustning har använts för registreringen, MASTER (Petitot m.fl. (12)) respektive Interaoustics Eclipse. Då ingen information kunnat erhållas om hur registreringen sker i Interaoustics Eclipse går det inte att säga vari denna eventuella skillnad skulle ligga. Dessutom kan det ringa antalet deltagare i båda studierna ha bidragit till en snedfördelning av resultatet.

Skillnad mellan monotiska och dikotiska ASSR-trösklar

Jämförelsen mellan MM och DM visar att ingen av de olika testmetoderna generellt ger en bättre ASSR tröskel. Däremot går det att dra slutsatsen att 2 och 4 kHz visar en bättre reproducerbarhet än 0,5 och 1 kHz. Det är dock svårt att säga att detta gäller generellt för ASSR då mätningens utformning som medfört att deltagarnas avslappningsgrad även här kan ha påverkats av testtiden och därmed inverkat på resultatet.

Andel avvisade svar vid BRA och dess relation till skillnaden mellan ASSR och tonaudiometrisk hörtrösklar

Resultatet som presenteras i tabell 3 visar att alla deltagare vid testets början hade låg andel avvisade svar. Ett samband mellan andel avvisade svar och skillnaden mellan deltagarnas ASSR och TAH kunde eventuellt anas vid 0,5 kHz. Om ett sådant samband föreligger kan det vara så att mätning vid 0,5 kHz i högre grad påverkas av hur avslappnad deltagaren är än

de andra frekvenserna. En sådan eventuell relation bör föranleda att personen som utför testet är observant för hur avslappnad testpersonen är vid mätningen. För att fastslå ett sådant samband behövs dock ett mer omfattande material och en mätmetod utformad så att testtiden minimeras.

KONKLUSION

Resultaten i denna studie visar att DM är att föredra då testtiden reduceras utan att påverka resultatet.

Vad det gäller uppskattning av hörtrösklar med hjälp av ASSR kan den här studien inte uppvisa någon skillnad mellan monotisk och dikotisk ASSR i förhållande till TAH. Samtliga ASSR-mätningar visar en stor spridning av de uppmätta ASSR-trösklarna, deltagarna emellan.

Programvaror, som t.ex. Interacoustics Otoaccess, kan visa uppskattade TAH utifrån ASSR-trösklarna i ett audiogramliknande fönster, där de uppskattade trösklarna kompenseras efter en medelvärdeskillnad mellan ASSR och TAH. Vid klinisk användning av ASSR bör detta beaktas då denna studie uppvisar spridning av ASSR-trösklarna sinsemellan.

Ytterligare studier av 40 Hz ASSR bör genomföras. Dessa bör bestå av en större mätgrupp samt utformas så att testtiden för varje testperson minimeras.

REFERENSLISTA

1. Galambos R, Makeig S, Talmachoff PJ. A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1981 Apr;78(4):2643-7.
2. Rodriguez R, Picton T, Linden D, Hamel G, Laframboise G. Human auditory steady state responses: effects of intensity and frequency. *Ear Hear*. 1986 Oct;7(5):300-13.
3. Lins OG, Picton TW, Boucher BL, Durieux-Smith A, Champagne SC, Moran LM, et al. Frequency-specific audiometry using steady-state responses. *Ear Hear*. 1996 Apr;17(2):81-96.
4. Aoyagi M, Suzuki Y, Yokota M, Furuse H, Watanabe T, Ito T. Reliability of 80-Hz amplitude-modulation-following response detected by phase coherence. *Audiol Neurotol*. 1999 Jan-Feb;4(1):28-37.
5. Herdman AT, Stapells DK. Auditory steady-state response thresholds of adults with sensorineural hearing impairments. *Int J Audiol*. 2003 Jul;42(5):237-48.
6. D'Haenens W, Vinck BM, De Vel E, Maes L, Bockstael A, Keppler H, et al. Auditory steady-state responses in normal hearing adults: a test-retest reliability study. *Int J Audiol*. 2008 Aug;47(8):489-98.
7. Stapells DR. Frequency-specific evoked potential audiometry in infants. In: Seewald RC, editor. *A Sound Foundation Through Early Amplification*. Basel: Phonak AG; 2000. p. 13-31.
8. Hall JW. Frequency-specific auditory brainstem response (ABR) and auditory steady-state response (ASSR). *New handbook of auditory evoked responses*. Boston: Pearson; 2007. p. 258-312.
9. Hall JW. ABR parameters, protocols, and procedures. *New handbook of auditory evoked responses*. Boston: Pearson; 2007. p. 171-211.
10. Perez-Abalo MC, Savio G, Torres A, Martin V, Rodriguez E, Galan L. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-spe-

cific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects. *Ear Hear.* 2001 Jun;22(3):200-11.

11. John MS, Lins OG, Boucher BL, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses (MASTER): stimulus and recording parameters. *Audiology.* 1998 Mar-Apr;37(2):59-82.

12. Petitot C, Collett L, Durrant JD. Auditory steady-state responses (ASSR): effects of modulation and carrier frequencies. *Int J Audiol.* 2005 Oct;44(10):567-73.

13. Johnson TA, Brown CJ. Threshold prediction using the auditory steady-state response and the tone burst auditory brain stem response: a within-subject comparison. *Ear Hear.* 2005 Dec;26(6):559-76.

14. Lins OG, Picton PE, Picton TW, Champagne SC, Durieux-Smith A. Auditory steady-state responses to tones amplitude-modulated at 80-110 Hz. *J Acoust Soc Am.* 1995 May;97(5 Pt 1):3051-63.

15. Moore BCJ. Space perception. *An introduction to the psychology of hearing.* San Diego, Calif.: Academic Press; 1997. p. 213-244.

16. Herdman AT, Stapells DR. Thresholds determined using the monotic and dichotic multiple auditory steady-state response technique in normal-hearing subjects. *Scand Audiol.* 2001;30(1):41-9.

17. John MS, Dimitrijevic A, van Roon P, Picton TW. Multiple auditory steady-state responses to AM and FM stimuli. *Audiol Neurootol.* 2001 Jan-Feb;6(1):12-27.

18. Valdes JL, Perez-Abalo MC, Martin V, Savio G, Sierra C, Rodriguez E, et al. Comparison of statistical indicators for the automatic detection of 80 Hz auditory steady state responses. *Ear Hear.* 1997 Oct;18(5):420-9.

19. John MS, Picton TW. Human auditory steady-state responses to amplitude-modulated tones: phase and latency measurements. *Hear Res.* 2000 Mar;141(1-2):57-79.

20. Picton TW, van Roon P, John MS. Multiple auditory steady state responses (80-101 Hz): effects of ear, gender, handedness, intensity and modulation rate. *Ear Hear.* 2009 Feb;30(1):100-9.
21. Van Maanen A, Stapells DR. Comparison of multiple auditory steady-state responses (80 versus 40 Hz) and slow cortical potentials for threshold estimation in hearing-impaired adults. *Int J Audiol.* 2005 Nov;44(11):613-24.
22. Ross B, Draganova R, Picton TW, Pantev C. Frequency specificity of 40-Hz auditory steady-state responses. *Hear Res.* 2003 Dec;186(1-2):57-68.
23. John MS, Purcell DW, Dimitrijevic A, Picton TW. Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Am Acad Audiol.* 2002 May;13(5):246-59.
24. Hall JW. Introduction to auditory evoked Response measurement. *New handbook of auditory evoked responses.* Boston: Pearson; 2007. p. 58-108.
25. Linden RD, Campbell KB, Hamel G, Picton TW. Human auditory steady state evoked potentials during sleep. *Ear Hear.* 1985 May-Jun;6(3):167-74.
26. Griskova I, Morup M, Parnas J, Ruksenas O, Arnfred SM. The amplitude and phase precision of 40 Hz auditory steady-state response depend on the level of arousal. *Exp Brain Res.* 2007 Oct;183(1):133-8.
27. Scherf F, Brokx J, Wuyts FL, Van de Heyning PH. The ASSR: clinical application in normal-hearing and hearing-impaired infants and adults, comparison with the click-evoked ABR and pure-tone audiometry. *Int J Audiol.* 2006 May;45(5):281-6.
28. Arlinger SD. Comparison of ascending and bracketing methods in pure tone audiometry. A multi-laboratory study. *Scand Audiol.* 1979;8(4):247-51.
29. Carhart R, Jerger JF. Preferred Method For Clinical Determination Of Pure-Tone Thresholds. *J Speech Hear Disord.* 1959 November 1, 1959;24(4):330-45.

30. Herdman AT, Lins O, Van Roon P, Stapells DR, Scherg M, Picton TW. Intracerebral sources of human auditory steady-state responses. *Brain Topogr.* 2002 Winter;15(2):69-86.
31. Ross B. A novel type of auditory responses: temporal dynamics of 40-Hz steady-state responses induced by changes in sound localization. *J Neurophysiol.* 2008 Sep;100(3):1265-77.
32. Pickles JO. The subcortical nuclei. An introduction to the physiology of hearing. 3 ed. Bingley: Emerald; 2008. p. 153-206.
33. Dirks DD, Malmquist C. Shifts in Air-Conduction Thresholds Produced by Pulsed and Continuous Contralateral Masking. *J Acoust Soc Am.* 1965 Apr;37:631-7.
34. Zwislocki JJ. Masking: Experimental and theoretical aspects of simultaneous, forward, backward, and central masking. In: Carterette EC, Friedman MP, editors. *Handbook of perception.* New York: Academic Press; 1978. p. 283-336.
35. Delgutte B. Physiological mechanisms of psychophysical masking: observations from auditory-nerve fibers. *J Acoust Soc Am.* 1990 Feb;87(2):791-809.
36. Bhagat SP. The effects of monotic and dichotic interference tones on 40 Hz auditory steady-state responses in normal-hearing adults. *J Am Acad Audiol.* 2008 Feb;19(2):101-19.
37. Dolphin WF. The envelope following response to multiple tone pair stimuli. *Hear Res.* 1997 Aug;110(1-2):1-14.