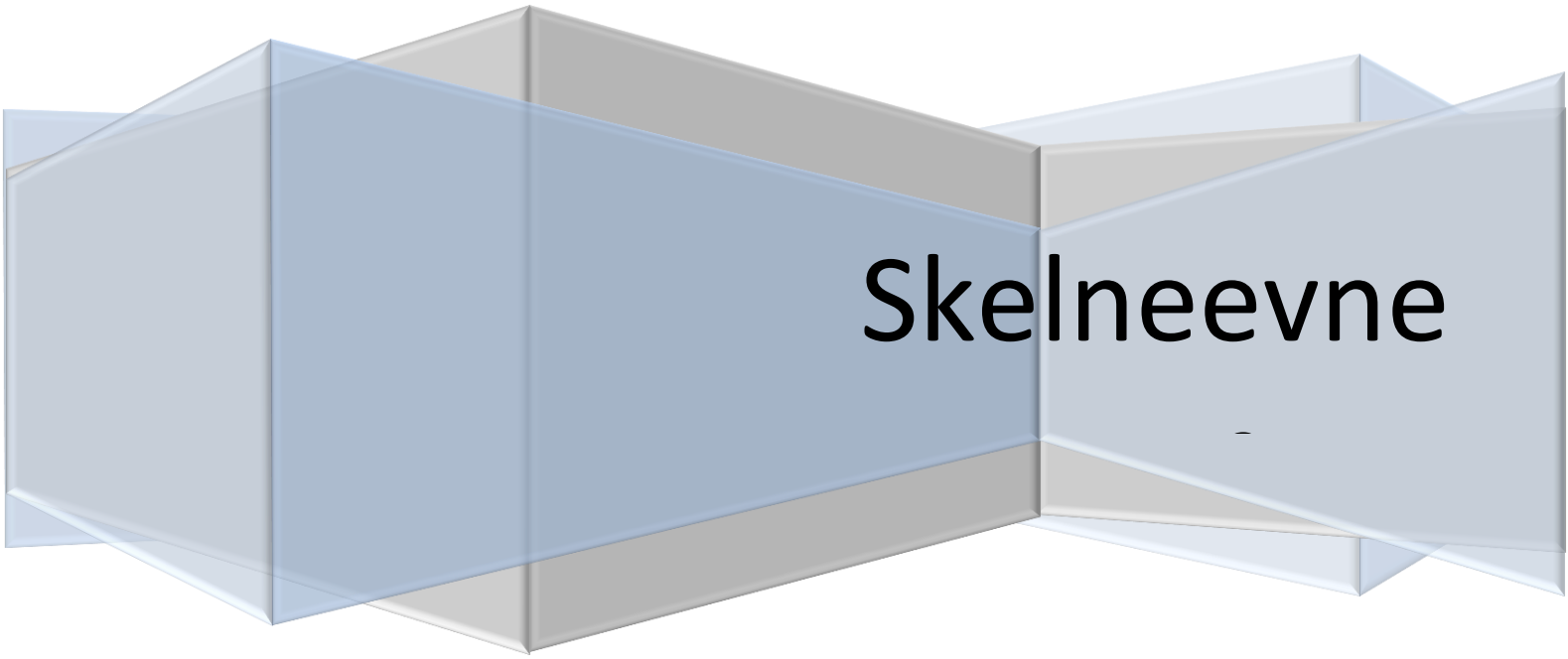
Syddansk Universitet

Specialeprojekt

Skelneevne set fra 3 perspektiver: cABR, DS % og den subjektive opfattelse

Ulla Nørlund Ravn



Forord

Ørerne hører, men hjernen forstår – det er noget jeg har gået og tænkt over længe. At vide det auditive system er sådan indbygget, men det er stadig ikke helt gået op for mig, hvad det rent faktisk betyder. Hvilke muligheder giver det for den audiologiske udredning og for evaluering af høreapparatsbehandlingen?

Denne specialeproces har været lærerig og det har været spændende at fordybe mig i emnet skelneevne. Det har været et emne, der har stor opmærksomhed hos mig og et emne, der altid vil være relevant. Jeg startede langsomt op på specialeprocessen på 3. semester, ved at få etableret et godt samarbejde til vejlederne, Carsten Daugaard og Ellen Raben Pedersen. Tak for jeres gode vejledning, hurtige svar og tålmodighed under hele forløbet. Tak for et godt samarbejde og tak for alle jeres input til opgaven, testene og forløbet.

Denne opgaves pilotprojekt kunne ikke have været gennemført uden indledende hjælp fra Sinnet G.B. Kristensen fra DTU, som har været medvirkende til udstyret på Syddansk Universitet er blevet opdateret så cABR målingen kunne foretages. Tak for sparringen omkring valget af stimulus.

Tak til Ture Andersen og Jakob Christensen-Dalsgaard for jeres råd vejledning omkring cABR, responskurverne, de indledende overvejelser om test set up og jeres hjælp med lydoptagelsen af de sproglige enheder.

En tak til alle testpersoner, tak for I ville tage jer tid til at deltage. Og mange tak for jeres kommentarer til testene, som har været meget nyttige til den samlede opgave.

Til korrekturlæserne, en særlig tak til jer, for I ville læse dette studie, selv om det er uden for jeres daglige faglige område.

Odense, 2016

Ulla Ravn.

Abstract

Purpose: The purpose of the study was to examine whether a low discrimination score can be measured as a delayed latency of an auditory brainstem response with complex signal, cABR. Furthermore this study had focus on the subjective perception of the speech discrimination.

Method: At the beginning of the thesis there is a literary study to provide an understanding of the theory, then a pilot study with focus on cABR measurements. The literary study is focused on the ability to discriminate speech, sound perception, generating of speech and auditory brainstem responses.

To examine the latency there were used an ABR with complex signal, cABR. The complex signal was the syllables /ga/, /da/ and /ba/, called linguistics units. These three where chosen because they are in the same category of consonants plusiv, and there are vulnerable to misperception. To examine the subjective perception the Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) questionnaire part 1 was used.

Testing: To this study two groups have been tested. Both groups have been tested with the cABR with all three linguistics units, have had a discriminations level test with the use of "DANTALE", and finally completed the SSQ questionnaire. The test-battery was expanded along the way, so that group B also was tested with a click ABR. The synthetic /ba/ was test-retested on one of participants in group A. Caused to a mistake in testing two of the participants in group A, by using a pre-installed stimulus instead of the /ba/ stimulus, two in group B where also tested with the synthetic /ba/. The synthetic /ba/ was therefore incorporated to this study.

Test group A is normal hearing, and is consisting of five women in the aged of 20 – 40 years. They have to have a normal DS %. The reasons of this test group are to make a test-retest of the linguistics units, and to be the reference of normal. Test group B is a group of three women, with hearing loss of a relatively symmetrically character, and their DS % has to be fewer than 85 %. Two of them, had a better DS % at the one ear, but the other ear was considerable worse score. The age range in this group is 25 – 60 years which is wider than group A.

The cABR stimuli were /ga/, /da/ and /ba/ at a length of 75 milliseconds, ms, and they had duration of 11.3 stimuli per second. There was used 2000 sweeps per stimulus, this was the foundation of the test, instead of a varying rejections level due to the new type of stimuli. The previous studies and tests have used synthetic syllables, and in this study the stimuli was a recorded female speaker. The

stimulus was presented in alternative mode and there was used a lowpass filter at 3000 Hz and a highpass filter at 30 Hz. The test setup was set to do a mononaural testing of each of the linguistics units. The three stimulus consist of a consonant and a vowel combination, where the consonant gives a short and suddenly onset, and the following vowel provides a frequency following response.

Analysis: In this study the /ga/, /da/ and /ba/ were analysed by using the spectrogram of frequency and the "speech banana" (talebanan) to be able to get an idea of when the cABR responses should appear due to the tonotopic function in cochlea. Furthermore the signals were analysed and compared by the timedomain. To do the analysis of the spectrograms and time domain the program Audacity were used. The analysis of the SSQ questionnaire were filled two times in group B, first when the participants have their hearing aid on and the next were when they did not have the hearing aid on. This was not done to get the outcome of hearing aid use, but it was to get the information from the participants when they do not use their hearing aid.

If the response from the cABR was delayed, it was the meaning that the words from DANTALE that was wrong had to be looked though to see if the wrong words was beginning with the syllable that was stimulus in the cABR.. But this was an examination that I unfortunately was not able to do, because of some setup circumstances at the test site.

Conclusion: The study does not end up with a clear conclusion, but there is some indications of that a low DS % show a delayed latency in a cABR measurement using /ga/, /da/ and /ba/. But whether there is a connection to the wrong DANTALE-words the study did not show, due to test setup circumstances. The SSQ questionnaire did show that the participants in group B score significant lower than group A which was expected. One question did show that group B score at the same level as group A, was the ability to hear on the phone. This was a remarkable difference in the test score. To sum up the SSQ, in group A not all participants assess the hearing at the top of the scale even though they all have a normal DS %.

Discussion: During this process some new aspects came to my knowledge such as there is a difference in the characteristics of the stimulus, if is a synthetic or an authentic produced CV combination. The purpose of the study was to make the test so close to the day to day communication as possible despite the conflicting of the mononaural testing. In the daily communication you listen with both ears and therefore the auditory systems gets information from both ears. Another aspect was the complexities of the responses of the cABR, both in its setup and its responses.

Indholdsfortegnelse - kapitler

Forord 1
Abstract 2
Indholdsfortegnelse - kapitler 4
Indholdsfortegnelse – med underafsnit 5
Oversigt, tabeller og figurer 8
1. Indledning 9
2. Litteraturafsnit 11
3. Pilotprojekt 23
4. Databehandling – metode 33
5. Testopsætning 34
6. Testprotokol 37
7. Præpilotprojekt, hjernestammeaudiometrien 38
8. Databehandling 40
9. Diskussion 49
10. Konklusion 50
11. Perspektivering 51
12. Litteraturliste 53

Indholdsfortegnelse – med underafsnit

Forord 1
Abstract 2
Indholdsfortegnelse - kapitler 4
Indholdsfortegnelse – med underafsnit 5
Oversigt, tabeller og figurer 8
1. Indledning 9
1.1 Problemformulering 9
1.2 Opgavens opbygning 10
1.3 Søgeord 10
1.4 Begrebsafklaring 10
1.5 Afgrænsning 11
2. Litteraturafsnit 11
2.1 Diskriminationsevne 11
2.1.1 Diskriminationsscoretest 12
2.1.2 Fakta om skelnetab 12
2.2 Lydopfattelse 13
2.2.1 Cochlea 13
2.2.2 Kaluimrecirkulation 14
2.2.3 Det cortiske organ 15
2.2.4 Hårcellerne 15
2.2.5 Fra synapse til hjernestamme 16
2.2.6 Hjernestammen, Thalamus og Auditorisk cortex 17
2.3 Hjernestammeaudiometri 17
2.3.1 Normal respons 18
2.3.2 Generatorer til respons 18
2.3.3 Krav til opnåelse af respons 19
2.3.4 Forskellige lydstimuli og deres karakteristika 19
2.3.4.1 Klik 19
2.3.4.2 Modulerede signaler 20
2.3.4.3 ABR med komplekst signal 20
2.4 Faselåst fyring 20
2.5 Talefrembringelse 21

2.5.1 Stemmer 22
2.6 Definition af sproglyd versus fonem 22
3. Pilotprojekt 23
3.1 Opbygning af de sproglige enheder 23
3.1.1 Tidsdomæne af /ga/, /da/ og /ba/ 24
3.1.2 Frekvensspektogram af /ga/, /da/ og /ba/ 25
3.1.3 Syntetisk /ba/ 27
3.2 Antagelser om responstid 30
3.3 Interstimulus interval 30
3.4 Pilotprojektets opbygning 30
3.4.1 Testgruppe A 30
3.4.2 Testgruppe B 31
3.4.3 Diskriminationsscoretesten 31
3.4.4 Hjernestammeaudiometri med komplekst signal 32
3.4.5 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale – spørgeskema 32
3.5 Inklusions- og eksklusionskriterier 32
3.5.1 Testgruppe A 32
3.5.2 Testgruppe B 33
4. Databehandling – metode 33
4.1 Formål med målinger for testgruppe A 33
4.2 Vurderinger i pilotprojektet 34
5. Testopsætning 34
5.1 Testopsætning af hjernestammeaudiometri 34
5.1.1 Udstyr 34
5.1.2 Lydstimulus 34
5.1.3 Maskeringsstøj ved hjernestammeaudiometri med komplekst signal 35
5.1.4 Polaritet 35
5.1.5 Filter 35
5.1.6 Sweeps 36
5.1.7 Mono- eller binaural testning 36
5.1.8 Frekvens følgende respons 36
5.1.9 Kalibrering 36
5.2 Diskriminationsscoretest 36

5.3 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale 37
6. Testprotokol 37
6.1 Instruktion til diskriminationsscoretest og rentoneaudiometri 37
6.2 Hjernestammeaudiometri med komplekst signal 38
7. Præpilotprojekt, hjernestammeaudiometrien 38
7.1 Niveauet af resudialstøj 38
7.2 Filter 38
7.3 Rejevtionslevel 39
7.4 Stimulusraten 39
8. Databehandling 40
8.1 Behandling af hjernestammeaudiometri 40
8.1.1 Generelt til responserne 40
8.1.2 Testgruppe A 41
8.1.3 Testgruppe B 42
8.1.4 Testgruppe B, hjernestammeaudiometri med klik 45
8.1.5 Syntetisk /ba/ 45
8.2 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale 47
9. Diskussion 49
10. Konklusion 50
11. Perspektivering 51
12. Litteraturliste 53
12.1 Bøger 53
12.2 Artikler 53
12.3 Kilder i andre kilder 54
12.4 Hjemmesider 57

Oversigt, tabeller og figurer

Tabel 1 – graduering af skelnetab 13
Figur 1 – tidsdomæne af de tre sproglige enheder, /ga/ er øverst, /da/ i midten, /ba/ er nederst 24
Figur 2 – tidsdomæne, indledning på de sproglige enheder, /ga/ øverst, /da/ i midten, /ba/ nederst 25
Figur 3 - den svenske talebanan. http://www.horselboken.se/faktadel/horselmatning/talbananen/ 26
Figur 4 - den norske talebanan. http://www.sansetap.no/voksne-horsel/om/nedsatt-horsel/audiogram/talebanan/ 26
Figur 5 - frekvensspektogram /da/ 27
Figur 6 – tidsdomæne, syntetisk /ba/ 28
Figur 7 - indledning på /ba/ og syntetisk /ba/ 29
Figur 8 - frekvensspektogram af syntetisk /ba/ 29
Figur 9 - A2 /ga/. Se bilag 10 for yderligere detaljer for kurven 42
Figur 10 - B1 respons klik. Se bilag 26 for yderligere detaljer for kurven. 43
Figur 11 - B2 respons /da/. Se bilag 28 for yderligere detaljer for kurven 43
Figur 12 - B2 respons /ga/. Se bilag 27 for yderligere detaljer for kurven 44
Figur 13 - B3 respons fra /ga/. Se bilag 31 for yderligere detaljer for kurven. 45
Figur 14 - A2 respons for syntetisk /ba/. Se bilag 36 for yderligere detaljer for kurven 46
Figur 15 - B3 respons for syntetisk /ba/. Se bilag 43 for yderligere detaljer for kurven 47
Tabel 2 – SSQ behandling af testgruppe A 47
Tabel 3 – SSQ behandling af testgruppe B uden høreapparater 48
Tabel 4 – SSQ behandling, testgruppe B uden høreapparater og meanværdien fra Gatehouse & Noble (2004) 49

Lydfilerne findes er på USB'en.

1. Indledning

Vores hørelse bruges til at opfange de mange forskellige akustiske signaler, som eksempelvis tale, advarselssignaler og lyde. Med hørelsen er det muligt at retningsbestemme, hvor lydkilden er placeret. Den mest almindelige kommunikation er baseret på evnen til at kunne høre. Kommunikation bestående af tale som de akustiske signaler kræver, at vores auditive system er præcist i sin afkodning af signalerne. Hørelsen kan anses som en af de vigtigste sanser, og den er grundlaget for den sproglige udvikling. Dermed er hørelsen et vigtigt redskab i socialiseringen mellem mennesker. Vi hører med ørene, men forstår med hjernen. Hvis ørerne ikke hører, hvad der bliver sagt, vil hjernen så ikke kunne forstå hvad der bliver sagt – eller? Er den subjektive opfattelse mere bestemmende end vores auditive system i forhold til at forstå tale? Der anvendes testmetoder i dag til fastlæggelse af diskriminationsscoren, hvor den er baseret på høreapparatsbrugerens subjektive tilbagemelding. Men hvis der eksempelvis skal undersøges en person for/med nedsat hørelse som ikke selv er i stand til at deltage, hvordan testes diskriminationsscoren eller udelades det helt? Klik ABR er en anvendt målemetode i den kliniske praksis og anvendes som redskab til neurodiagnostik. Endvidere anvendes der andre stimuli typer, blandt andet tone burst, som i Danmark bruges ved neonatalscreening og der er arbejdet med brugen af mere amplitudemodulerede stimuli typer som CE Chirps. Siden 1980 er der blevet rettet fokus på komplekst signal til ABR måling. Forskningen med det komplekse signal har fokus på hvor godt talesignal er kodet når der sker en processeringen i centralnerve systemet (Akhoun *et al.* (a), 2008). I dette studie har der været lagt vægt på, om der er en sammenhæng mellem diskriminationsevne og latenstiden.

Dette studie er et pilotprojekt, hvor ABR med komplekst signal bliver undersøgt i forhold til diskriminationsscore testen. Pilotprojektets formål er at undersøge om en lav diskriminationsscore procent vil vise sig som forsinket latenstid ved en cABR måling af de tre sproglige enheder /ba/, /da/ og /ga/. Der er lagt vægt på, at der er tale om et pilotprojekt i dette studie, dels grundet specialeperiodens længde, dels grundet det er en ny vinkel i forskning af cABR'ens muligheder. Ved at anvende cABR som forsøg til at foretage en objektiv måling af skelneevnen.

1.1 Problemformulering

Vil en lav diskriminationsscore procent afspejle et forsinket respons i en ABR med komplekst signal, hos høreapparatsbrugere? Hvis der viser sig at være en forlænget latenstid, vil det være muligt at undersøge om den forsinkede latenstid for den pågældende sproglige enhed har en sammenhæng til DANTALE-ordene?

Undersøgelserne, der er foretaget på testgruppen af normalthørende, er for at have en angivelse af, hvordan det ser ud hos normalthørende. Endvidere er formålet at undersøge test-retest variation af cABR målingen.

1.2 Opgavens opbygning

Opgaven er opbygget af to delementer, et litteraturstudie og et pilotprojekt. Litteraturstudiets formål er at give læseren en baggrundsviden om fire hovedelementer:

- diskriminationsevne
- lydopfattelse
- talefrembringelse
- hjernestammeaudiometri

Herefter er pilotprojektet, som har omdrejningspunkt i cABR med fokus på skelneevnen. Pilotprojektet indeholder flere elementer blandt andet

- deltagere i projektet
- testbatteri, med tilhørende testprotokol
- et præpilotprojekt og tilhørende overvejelser om test set up
- behandling af datamaterialet

1.3 Søgeord

Der er til dette studie anvendt Pub.Med, ComDisDome, Biliotek.dk, google.com til søgning litteratur. Der har været anvendt søgeord som cABR, speechABR, diskriminationsloss, diskroninationsscore, DANTALE, Auditory Brainstem Responses, SSQ, auditory processing, test-retest cABR, Auditory Brainstem Resonses with complex signal, Ninna Kraus.

1.4 Begrebsafklaring

ABR: Brain stem response: hjernestammeaudiometri. I litteraturen ses der også anvendt BRA, brain responses audiometry. I dette studie vil der være anvendt ABR betegnelsen eller hjernestammeaudiometri.

cABR: ABR med komplekst signal. I litteraturen kan også ses begrebet ”Speech ABR” blive brugt for samme måling. I dette studie vil der blive anvendt begrebet cABR. Og i dette studie vil de komplekse signaler være en CV (konsonant-vokal) struktur. De signaler, der er anvendt i dette studie er ægte tale og ikke syntetisk fremstillet, da det ikke var muligt at få de syntetisk fremstillede /ga/, /da/ og /ba/.

DS %: diskriminationsscore procenten. Denne score findes ved af en ordscoretest, DANTALE. Det er en test, som bygger på flere lister af hver 25 ord. Der ses dog, der kun anvendes 20 ord som grundlag for udreg-

ningen. Derfor vil testpersonerne skulle have en DS % på minimum 85 % for at være i normalområdet. I dette studie er normalområdet derfor defineret til at være 85-100 %

Høreapparatsbrugere: I dette studie er der anvendt høreapparatsbrugere fremfor betegnelserne patienter, klienter eller hørehæmmede. Dette er gjort, da der ønskes en neutral betegnelse for denne gruppe.

Lydfil: anvendes for sproglig enhed, når det ikke er relevant at skrive sproglig enhed.

Skelneevne og diskriminationsevne: Betegnelserne dækker over, hvordan personer skelner tale. Begge betegnelser er anvendt i dette studie for samme begreb og begge er blevet anvendt for at give variation.

Sproglig enhed: er den betegnelse, der er anvendt for lydstimuli i cABR, og de vil være anført med //, eksempelvis /ba/. Denne betegnelse anvendes, da der hverken er tale om et fonem eller en sproglyd.

1.5 Afgrænsning

I dette studie er testpersonerne voksne, da der er fokus på den subjektive opfattelse af skelneevnen. Derfor har det været vigtigt testpersonerne har erfaring med høreapparatsbrug, skelneevne og kan sætte ord på det.

2. Litteraturafsnit

Dette kapitel er opdelt i flere underkapitler. Formålet med kapitlet er at give baggrundsviden om diskriminationsevne, lydopfattelse, hjernestammeaudiometri, auditory evoked potentials, faselåst fyring og talefrembringelsen.

2.1 Diskriminationsevne

Ifølge Gelfant (2009) er tale det vigtigste signal vi hører, set i forhold til kommunikation og interaktion. En rentone audiometri giver oplysninger om, hvordan en patient hører, men en rentoneaudiometri giver ikke direkte information om patientens evne til at høre og forstå talen (Gelfant, 2009). Udviklingen af ”talebananen”, som er en grafisk opstilling af vokaler og konsonanter efter hvilken frekvens de har, har givet et redskab til hurtig dannelse af overblik af hvilke sproglyde, der kan være svære at høre. Dermed giver en rentoneaudiometri et indirekte indikation af patientens taleforståelse. For at teste hvordan en patient hører og forstår tale, kræves det, at den lydstimulus der testes med, er et tale-signal. Disse tests kaldes for taleaudiometri (Gelfant, 2009). Der er mange typer af taleaudiometriske test (herefter benævnt tale-test), alt efter hvilket formål de har, om der er tale om en ordgenkendelses-, en-stavelses-, fonem-, sætningstest og/eller scree-

ningstest. Det kan være at der anvendes HINT, SIN, WIN, AB word test (Ravn, 2015[1]). Skoe *et. al* (2012) beskriver, at den vigtigste karakteristika for vores evne til at forstå sammenhængende tale, er evnen til distinkt forståelse af den enkelte sproglyd. Endvidere afhænger talediskrimination af tid-varierende features i signalet (Shannon *et al*., 1995 i Skoe *et al*., 2011), som blandt andet viser sig ved lukkelydene som /b/, /d/ og /g/.

2.1.1 Diskriminationsscoretest

Det var Røjskjær, som satte fokus på taleforståeligheden i sin doktordisputas i 1952, hvor han havde udarbejdet et materiale af ordlister på dansk (DAS, 2005). Der var tale om lister med flere forskellige former for ord som to-stavelsesord med tryk på begge stavelser, for eksempel grønkål, enstavelsesord med forskellige bogstavskombinationer og talord i grupper af 3 (DAS, 2005). På baggrund af lytteforsøg på normalthørende er ordene i testen lige forståelige, hvilket var et vigtigt element for Røjskjær (DAS, 2005). DANTALE 1 materialet er lavet for at udfylde det audiologiske behov (Elberling *et al.*,1989). Materialet indeholder testlister til både voksne, børn og småbørn (ned til 3 år alderen). Endvidere indeholder materialet blandt andet test til bestemmelse af speech reception threshold SRT og DS %. DANTALE 1 er et dansk testmateriale til bestemmelse af SRT og DS % (Elberling *et al.*,1989). Til fastlæggelse af SRT anvendes en liste med sæt af tre tal, som er enstavelsescifre, som eksempelvis 1, 2, 3 og 9 (Elberling *et al.*, 1989). DS % måles ved enstavelsesord (Elberling *et al*., 1989). Talematerialets formål er af diagnostisk karakter, evaluering af høreapparatstilpasningen samt give et estimering af hørehandicappet (Elberling *et al.*, 1989).

Da der i dette speciale er fokus på voksne og diskriminationsevnen, vil der derfor ikke være rettet fokus på børne-, SRT-listerne eller den sammenhængende tale, men der vil derimod være fokus på DS % - og voksenlisterne. Der er 200 enstavelsesord fordelt på 8 lister af hver 25 ord (Elberling *et al.*,1989).

2.1.2 Fakta om skelnetab

Et skelnetab kan inddeles i følgende graduering[2], se tabel 1. Tidligere er der blevet målt et skelnetab (discriminationloss), hvor der nu måles på skelneevnen (discriminationsscore). I tabel 1 ses procenten angivet i hvilket tab af skelnetab personen måtte have. Altså er der en fokusering på hvor mange forkerte ord i diskriminationsscore testen personen har. I dag fokuseres der i stedet for på hvor mange korrekte ord personen har.

[1] Dette er en rapport udarbejdet i forbindelse med projektorienteret forløb på SDU, som var forberedende til dette studie. Derfor er der begrænset mulighed for at indhente dette materiale.
[2] Kilde: Forelæsning på Syddansk Universitet i faget "Audiopædi 1" på 4. semester, ved Christina Ahler d. 28.2 2013

Graduering/benævnelse	Skelnetabet i %
Intet	0-4 %
Let	5-19 %
Moderat	20-39 %
Svært	40-59 %
Meget svært	60% -

Tabel 1 – graduering af skelnetab

Der er i klinisk praksis en anden inddeling af normalområdet, som siger at hvis man har en skelneevne på minimum 88 % (eller derover) ligger skelneevnetærsklen i normalområdet, når der er tale om et grundlag på 25 ord. Som beskrevet i begrebsafklaringen 1.4, i dette studie angivet normalområdet på 85-100 %, grundet forskellige grundlag om der er tale om 20 eller 25 ord i testen. Ifølge Gelfant (2009), som har taget udgangspunkt i amerikanske standarder, er definitionen på normalområde ~90-100 %, men i undervisningen i "Medicinsk audiologi"[3] er der undervist i, at der er i Danmark er konsensus om, at normalområdet er fra 88-100 %, når der er tale om brug af 25 ord.

2.2 Lydopfattelse

Ifølge Spoendlin (1979) sker omformningen af akustiske information til nerve impulser i flere stadier, hvor hvert er tæt forbundet med bestemte strukturer i det indre øre. Der er fire stadier, cochlea, de sensoriske celler, nerveenderne og de myaliniserede fibre. Lyd er en bølge, som består af tryk- og partikelsvingninger. Når lydbølgen når til trommehinden, vil trommehinden begynde at vibrere som følge af svingningerne ved lydpåvirkning. Denne viberation sætter gang i knoglekæden, hvor stapes' fodplade trykker mod det ovale vindue, som er indgangen til cochlea.

2.2.1 Cochlea

Cochlea har 2½ sneglevindinger og er væskefyldt. Indgangen til cochlea er det ovale vindue, mens det runde vindues funktion er at "trykudligne". Den basale del af cochlea er højfrekvent, mens den apikale del er lavfrekvent (Gelfant, 2009). Cochlea består af scala vestbuli, scala media og scala tympani. Scala vestbuli og scala media adskilles af Reissners membran, mens scala media og scala tympani adskilles af basilamembranen (Gelfant, 2009). Den cochleære forstærker er årsagen til at man kan måle otoakustiske emissioner, OAE. Den cochleære forstærker er de ydre hårcellers faste forbindelse til tektorial membranen, som betyder de

[3] Afviklet på Syddansk Universitet på semestrene E2012 og F2013.

modtager neurale signaler fra det olivocochlear bundt. Disse karakteristika konstruerer et aktivt mikromekanisk system, som fintuner responsbehandlingen i cochlea (Davis, 1983; Dallos, 1988 i Gelfant, 2009).

Der er to typer af væsker i cochlea, perilymfe, som er i scala vestibuli og scala tympani og endolymfe, som er i scala media. Levende celler bruger energi på opretholdelse af iongradient (Pickles, 2013) En høj koncentration af kaliumioner er intracellulær og en høj koncentration af natriumion er extracellulært (Pickles, 2013). Den perilymfatiske væske har en høj koncentration af natrium, hvor den endolymfatiske en høj koncentration af kalium (Gelfant, 2009). For at opretholde den rette ionkoncentration, da der ved lydstimulering sker en ændring i hvilken spænding der er i det pågældende ”rum” sker kaliumrecirkulationen, som er beskrevet i afsnit 2.2.2.

2.2.2 Kaluimrecirkulation

Ionkoncentrationen i det endolymfatiske område er forskellig fra det perilymfatiske område. I det endolymfatiske område er ionkoncentrationen omgivet af tætte forbindelser. Det positive potentiale og den høje koncentration af K^+ i endolymfen betyder, at der sker en strøm af K^+-ioner ud af det endolymfatiske område. Denne strøm ud af området sker via mechanotranducer kanaler i hårcellerne, hvor den formodentlig via iontransporten i andre cellemembraner, dybere ind i cochleære væggen eller gennem ”gap junction” mellem cellerne. Kaliumioner genbruges i stria vaskularis. Det er i stria vaskularis, der produceres endolyfme og det endolymfatiske potentiale (Wangemann, 2006).

Den perilymfatiske ionkoncentration er meget lignende den extracellulære væske eller cerebrospinalvæsken, og det elektriske potentiale er tæt på det omkringliggende plasma. Perilymfen bliver sandsynligvis produceret af den transcellulære transpot af opløst blod plasma og når det perilymfatiske område via cabillærene i væggene af det perilymfatiske område (Wangemann, 2006)

Når hårcellerne bliver aktiveret sker der en bøjning af sansehårene, enten ved der sker en depolarisering eller en hypolarisering. Ved depolarisering vil sansehårene bøje mod kinociliet og det betyder at hårcellen bliver mindre positivt ladet, mens ved hyperpolaring, hvor sansehårene bøjer væk fra kinociliet vil der strømme flere positive ioner ind og dermed vil hårcellen bliver mere positivt ladet (Pickles, 2013).

Kaliumionerne cirkulere på den måde via stra vaskularis til de ydre hårceller og derfra videre via det perilymfatiske område. Kaliumionerne fra de indre hårceller skal ligeledes også ud i det perilymfatise område, men herfra strømme de videre til fibrocytterne i spiral ligmamentet og igen tilbage til stra vaskularis (Pickles, 2013).

2.2.3 Det cortiske organ

I scala media er det cortiske organ, som er det sensoriske organ for hørelsen (Gelfant, 2009). Det cortiske organ er for oven afgrænset ved tektorial membranen, mens organet er placeret på basilarmembranen (Gelfant, 2009). Når stapes trykker mod det ovale vindue vil væsken i cochlea blive sat i bevægelse, og det vil betyde at basilarmembranen trykkes ned inden den efterfølgende trækker op og bølgebevægelsen af den passivt vandrende bølge er i gang sat (Gelfant, 2009). Von Békésys teori om den passivt vandrende bølge, består i at basilarmembranens bølgebevægelse topper ved den pågældende frekvens, der er sendt ind, hvor hårcellerne aktiveres og der sendes signal videre til næste stadie (Pickles, 2013). Stria vaskularis er et netværk af cabillærene, som varetager funktion af den kemiske balance i scala media, og det er essentielt, der ikke kommer perilymfe ind i scala media, da det er giftigt for hårcellerne (Gelfant, 2009). Basilarmembranen er smallest i den basale del og bliver bredere og bredere mod apex (Gelfant, 2009). I det cortiske organ er hårcellerne placeret. Der er to typer af hårceller, de indre og ydre hårceller. Der er 3 rækker af ydre hårceller og 1 række af indre hårceller. Der er i alt ca. 15.500 hårceller, fordelt på følgende måde; 12.000 ydre og 3.500 indre hårceller. (Gelfant, 2009).

2.2.4 Hårcellerne

Hårcellerne er forskellige, men har en lignende struktur, hvor de består af følgende elemeter, en Nucleus, cuticular plate, stereocilia og Rudimentary kinocilium. (Gelfant, 2009). På ydre hårceller er der både synapse med efferent og afferent neuroer og dermed er der tale om presynaptisk. Hvorimod synapsen ved indre hårceller kun er mellem hårcellen og afferent neuron, hvor det er på den afferente neuron, der sker en synaps til efferent neuron (Gelfant, 2009). Da tektorial membranen kun har hæftet i den ene side og er hen over basilarmembranen, betyder det at når basilarmembranen bevæger sig enten op eller ned, vil der mellem det cortiske organ og tektorial membranen være bevægelse lignende basilarmenranens bevægelse, som vil være aktiverende for de pågældende hårceller.

Cochlea er inneveret af 30.000 sensoriske neuroner (Schuknecht, 1960; Harrison and Howe, 1974a i Pickles, 2013). De afferente neuroners funktion er at være informationsforbindende mellem cochlea og centralnervesystemet, CNS, som sker via spiralganglie neuronerne. De efferente neuroner giver CNS mulighed for at give information til cochlea (Pickles, 2013). Grundlæggende for en nervecelle, er det er en celle, som er specialiseret til at overføre elektrisk-kemiske signaler (Pickles, 2013). I grove træk består en nervecelle af tre dele, dendritterne, som er en modtagerdel, axonet, som er transmisssionsdel og synapsen, som er senderdelen (Pickles, 2013). Nervecellen danner en kort elektronisk puls kaldet for et aktionspotentiale. Dette sker ved åbne specifikke natrium-kanaler, så der på den måde strømme natrium ind i cellen. Når natriumkanalerne lukker, hvilket sker automatisk, åbnes specifikke kaliumkanaler. Denne strøm af natrium og kalium betyder,

at cellens negative potentiale mindskes (altså at der sker en tilstrømning af positive ioner), og ved kaliumudstrømningen gendannes hvilepotentialet (Pickles, 2013)

2.2.5 Fra synapse til hjernestamme

”Lyd”, som startede som bevægelse af luftmolekyler når trommehinden, som sætter gang i svingninger i knoglekæden og føres videre til cochlea. Fra cochlea videre via synapse og nu er ”lyd” som nervesigner i form af nervefibre. Det er muligt at lave en opdeling af nervefibrene, 1., 2. og 3. ordens nervefibre (Gelfant, 2009).

Den første orden af nervefibre vil innevere med enten den ventrale eller dorsale cochear nucleus herfra vil der nu være tale en 2. ordens nervefibre. Signalet fra 2. ordens nervefibre vil enten gå til den ipsilaterale[4] superoir olive kompleks eller krydse over via trapozoid body til den kontralaterale superior olive kompleks. Herfra har signalet mulighed for enten at forsætte op i den samme side eller krydse tilbage og danne ny synapse i enten superior olive kompleks eller i laterale lemniscus (Gelfant, 2009). Dette betyder at superior olive kompleks modtager signaler fra begge ører og dermed er der tale om en bilateral repræsentation på et lavt liggende niveau i det auditive system (Gelfant, 2009). 3. ordens nervefibre er fra superior olive kompleks og sendes via lateral lemnucus til inferior colliculus. Der er dog nogle fibre som vil kunne stamme fra nuclei af den laterale lemnicus. Nogle fibre bliver dog ledt udenom inferior colliculus (Gelfant, 2009). Fælles for fibrene, uanset om de er ledt via eller udenom inferior colliculus, er de skal via brachium af inferior colliculus og forsætte til medial genuculate body af thalamus. Medial genuculate body af thalamus er den sidste subcortikale synapse i det auditive system, neuroner, der når til medial genuculate body af thalamus vil danne synapse her, inden signalet forsætter videre via den auditive rodiations til primære auditive cortex. Det primære auditive cortex er i den transverse tempoal gyrys, Heschl’s gyrys (Gelfant, 2009)

Som tidligere beskrevet er overgangen i superior olive kompleks den lavest beliggende overgang i det auditive system. Derudover er det muligt for signalet at krydse over i den commissural tracts, som forbinder ved lateral lemniscus. Og det er også muligt ved inferior colluculus at krydse over her via commissure af inferior colliculus, samt i det auditive cortex via corpus collosum at krydse (Gelfant, 2009). Nervefibrene, som har deres cellekrop i spiralganglie giver en direkte synapse mellem påvirkede hårceller i cohcela og cochlea nucleus (Pickles, 2013).

[4] samsidig

2.2.6 Hjernestammen, Thalamus og Auditorisk cortex

Hørenervens afferente fibre projekteres til den ipsilaterale cochlear nuclei i to separate grene: den anterior gren, som udmunder i den anteroventral cochlear nucleus og den posterior gren, der ender i den posterovental cochlear nucleus og dorsale cochlear nuclei (Greenberg 1980). De cochleære nervefibre som innavere den basale del af cochlea og dermed repræsenterer de høje frekvenser (>5 kHz), projekterer dersomadially. Mens nervefibrene til den dybe og apikale del af cochlea projekterer ventrolareally (Greenberg, 1980). Den primære afferente vej er fra den centrale cochlea nuclei via den intermidiate og ventrale trapezoid body akustiske striae til den ipsilaterale og kontralaterale superior olive nuclei. Disse nuclei er de første locisteder af binaural interaction i den auditoriske vej (Greenberg, 1980). Det superior kompleks indeholder to store nuclei:

- den laterale superior olive, som modtager projekterioner fra høj- og mellemliggende frekvens fibre fra ventrale cochlear nucleus og anses for at være specialiserede for lakaliation af lyd baseret på interaural intensitets informationer
- den medial superior olive, som primært er inneveret af lavfrekvens-fibre og er specialiseret i processering of interural tidsforskel (Erulkar 1972, i Greenberg 1980).

Fra medial superior olive bliver vejen bilateral, via den laterale lemniscus til enten at ende ved den dorsale nuclus og den laterale lemniscus eller en af de nuclei i den inferior colliculus (som består af flere og den største er den centrale nucleus inferior colliculus). Fibrene fra lateral superior olive forsætter via den laterale afdeling af den laterale lemniscus til enten den ipsilateral dorsale nucleus laterale lemniscus, ventrale nucleus laterale lemniscus eller inferior colliculus (Pickles, 2013).

Ascending neuroner sendes ud fra centrale nucleus inferior colliculus via brachium og inferior colliculus til den mediale medial geniculate body. Mediale medial geniculate body er placeret i thalamus. Fra den mediale medial geneilate body er det muligt for signalet at nå til det auditoriske cortex, det primære auditoriske corticale område (Pickles, 2013).

2.3 Hjernestammeaudiometri

Hjernestammeaudiometri er en underkategori til auditory evoked potentials, AEP (Burkard *et al.*, 2007) og er defineret som de elektriske responser af nervesystemet, som er fremkaldt af en lydstimulus (Gelfant, 2009). AEP anvendes til at give et helhedsbillede af det auditive system, samt giver mulighed for at foretaget en følgeslutning af hørelsen. En fordel ved AEP er, at det som regel er en non-invasiv måling, hvor responset er målt udenpå kroppen af elektroder (Gelfant, 2009). Responset af AEP målinger vises som kurver i et koordinatsystem, hvor x-aksen er tidsangivelsen i millisekunder, ms, som kaldes for responstid. På y-aksen er ud-

svinget målt i nanoVolt. Kurven er angivet med hvilken dB værdi stimulus er præsenteret ved (som oftest er det ved dB nHL), (Gelfant, 2009).

Responstiden er den tid, der går fra lydstimulus præsenteres til der kommer et respons. AEP klassificeres efter deres responstider, i en kort, mellem og lang responstid (Burkard *et al.*, 2007). Kort responstid er fra 0-10 ms, mellem responstid er fra 10-50 ms, mens lang responstid er over 50 ms (Burkard *et al.*, 2007). ABR-måling er i kategorien kort respons latenstid (Burkard *et al.*, 2007). Hjernestamme timing er yderst præcist, hvor der kun kan være en lille afvigelse på mikrosekunder (Hood, 1998 i Skoe *et al.*, 2011). ABR måling er den målingsform, som giver objektive informationer omkring sensitiviteten af hørelsen samt generelt funktion af det auditive system (Hood, 1998; Piction 2010 i Skoe et al., 2011). En ABR måling måles ved hjælp af elektroder. Der er en elektrode placeret vertex i panden tæt ved hårgrænsen og en elektrode på hvert mastoid samt en jordelektrode på kinden. Elektroderne vil opfange de spændingsforskelle, som opstår ved den præsenterede stimuli. Der anvendes måleteknikken Far Field Respons, ved ABR. Det vil sige elektroderne ikke er placeret direkte på stedet der stimuleres, men er placeret udenpå kraniet. Far Field responsen afspejler den synkronitet, der er mellem stimulus og den neurale fyring fra de forskellige nuclei i hjernestamme (Chandrasekaran & Kraus, 2010). Neurale responser fra potentialer fremkaldt i hjernestammen er fra mange forskellige typer af celler, primært er der tale om celler i rostral hjernestamme, som eksempelvis inferior colliculus (Johnson *et al.*, 2008). Ved den korte responstid er det første respons der måles cochlear mikrofoni, CM, som ville kunne ses inden JI (Burkard *et al.*, 2007).

2.3.1 Normal respons

ABR-målingen viser en serie af ”vertex-positive waves”, som opstår ca. 15 ms efter en stimuli, typisk et klik, er blevet præsenteret (Burkard *et al.*, 2007). På en ABR-kurve viser responset sig gerne med 7 peaks, men det er de 5 første som evalueres (Burkard *et al.*, 2007). Det vil som regel være JI, JIII og JV som vil være tydeligst (Burkard *et al.*, 2007). JI viser sig gerne ved 1,5 ms, mens JII og JIV kan være meget varierende i forhold til amplitude og være svære at identificere (Burkard *et al.*, 2007).

Ifølge Burkard *et al.* (2007) er responsvinduet tilstrækkeligt, hvis det er 10 ms for voksne, men skal udvides til 15 ms ved spædbørn. Endvidere kan responsvinduet udvides til 20 ms, hvis der er tale om en lavfrekvent tone burst stimulus (Burkard *et al*., 2007).

2.3.2 Generatorer til respons

Man ved hvilke generatorer, der giver svar, men det er svært at komme præcist med lokalisering, derfor antages svarsteder ved JI er fra distal portion af nerven. Og JIII er fra lavere del af hjernestammen, mens JV er

fra en højere beliggende del af hjernestammen (Burhard *et al*., 2007). Gelfant (2009) beskriver, hvordan det er muligt at antage at de første to responser er produceret af hørenerven, og at de senere responser har flere mulige receptorer, ved at der er tale om kombinerede elektrisk aktivitet af flere nuclei i hjernestammen (Møller & Janetta, 1985; Scherg & vonCramon, 1985; Moore, 1987, Rudell, 1987; Hall, 2006, Møller 2007 i Gelfant, 2009) Flere studier anslår, at de neurale generatorer af de tre tidligste vertex-positive ABR peaks er fra den ipsilaterale side, og en længere latens komponent er fra den kontralaterale side (Burhard *et al*., 2007). Dette betyder peak fem er genereret i den laterale leniscus og fastslåst i den kontralaterale inferior colliculus.

2.3.3 Krav til opnåelse af respons

For der kan komme et respons med ved ABR måling, er der tre generelle krav, der skal opfyldes (Burkard *et al*. 2007). Det første krav er, der er mange nervebaner, som skal aktiveres, det andet krav er nervebanerne skal være parallelt liggende og det tredje krav er der skal fyres synkrone aktionspotentialer (Burkard *et al*. 2007).

Der er fire elementer som viser sig at have en indvirkning på latenstiderne, responset ved en ABR-måling. Der er tale om hvilken type ”frekvens” der sendes ind – altså hvor i cochlea svaret skal komme fra, i forhold til passivt vandrende bølge, hvilken grad af høretab personen har, samt køn kan spille ind (Burkard *et al*. 2007).

2.3.4 Forskellige lydstimuli og deres karakteristika

I dette afsnit vil der være en kort beskrivelse af forskellige lydstimulityper, som anvendes til ABR. Der vil ikke være så meget fokus på modulerede stimulustyper, men mere fokus på ABR med komplekst signal. Grunden til de amplitudemodulerede stimulustyper er nævnt er for at vise kompleksiteten af stimuli til ABR. Forskellen på klik og eksempelvis toneburst ABR, er i hvordan stimuli er tilpasset, hvor et klik stimulerer hele frekvensspektret, mens et tone burst signal er moduleret til at være frekvensspecifik. Ved en ABR måling anvendes der gerne filtre på henholdsvis 100 og 3000 Hz, for optimering af responsets validitet ved at minimere baggrundsstøjen.

2.3.4.1 Klik

Klik, er den mest anvendte stimulustype (Gelfant, 2009). Klik ABR har været anvendt i en længere årrække, grundet dens temporale præcision og test-retest reliability (bl.a Jacobsen, 1985; Cone-Wesson *et al.*, 1987 i Song *et al.*, 2011). Et klik er et transient kortvarigt signal, hvor mange neuroner skal synkront aktiveres for udløsning af aktionspotentialerne (Gelfant, 2009). At opnå mange neuroner synkront aktiveres sker ved an-

vendelse af en stimulus, der har et pludseligt onset, en kort varighed og har et bredt spektrum (Gelfant, 2009). Ifølge Pickles (2013) har et klik en kort varighed og fordeler spektret energi over et bredt frekvensområde. De førnævnte karakteristika som Gelfant (2009) fandt frem til, gør det tilnærmelsesvis muligt at aktivere synkron aktivitet i mange hårceller i den basale del af cochlea, hvor den passivt vandrende bølge er hurtig i udbredelsen. Et klik anvendes til brug af neurodiagnostik og til at undersøge om der vil komme et respons. Klik ABR er et far-field respons, som afspejler den stimulus-låste og synkrone fyring fra nuclei langs hjernestammen (Møller and Jannetta, 1985; Chandrasekaran and Kraus, 2010 i Song *et al*., 2010).

2.3.4.2 Modulerede signaler

Tone burst er et moduleret signal, som har det formål at øge frekvens specificiteten af inputstimulus og dermed gøre responset mere specifikt til en bestemt frekvens (Burkard *et al*., 2007). Et tone burst signal kan anvendes til tærskelfastlæggelse, og anvendes i Danmark til neonatalscreening.

Endvidere er det muligt at anvende signaler, der er amplitudemoduleret, som eksempelvis et CE-Chirps, eller et amplitudemoduleret blackman gated tone burst (Neely *et al*., 1988, Elberling *et al*., 2008).

2.3.4.3 ABR med komplekst signal

En ABR med komplekst signal, cABR, udføres på samme måde, som enten en klik eller tone burst ABR måling. Der er ændret på inputsignalet ved cABR. Denne ændring har betydning for, hvordan responset vil være i forhold til en klik ABR, da klik og cABR er forskellige i deres subkortikale processering (Song *et al*., 2010), da en cABR har en indflydelse på desynkronisering af den faselåste fyring (Song *et al*., 2010). I forhold til et kliks korte varighed og det brede frekvensområde, har en konsonant-vokal, CV kombination, som eksempelvis /ga/, /da/ og /ba/ en anderledes struktur. CV strukturen begynder med en kort og relativ lav amplitude (ved disse tre konsonanter) og transient onset (Song *et al*., 2010). Vokalen /a/ der følger giver et vedvarende periodisk akustisk signal (Song *et al*., 2010). Vokalens vedvarende periodicitet er et frequency following responses (Akhoun *et al*.,(b) 2008). Inputsignalerne i denne cABR er de sproglige enheder /ba/, /da/ og /ga/. Disse tre er valgt fordi de har forskellige Hz, men de er samtidig under 3 kHz. Dette er en fordel i forhold til det auditive systems evne til at kunne lave faselåst fyring af aktionspotentialer.

2.4 Faselåst fyring

Faselåst fyring er en fyring af aktionspotentialer, hvor der fyres aktionspotentialer i fase med stimulus (Pickles, 2013). Faselåst fyring er en sensitiv indikator for aktivitet af en hårcelle fiber ved en lavfrekvent tone (Pickles, 2013). Formålet med at det auditive systems evne til at kunne foretage faselåst fyring, er dets ind-

virkning på teknikkerne til at kunne foretage analyse af hvor lyden kommer fra, ved en analyse af interaural level difference (ILD) og interaural time difference (ITD). Hvis der stimuleres med højfrekvente toner, vil de auditoriske nervefibre fyre med samme rate i hele cyklussen af stimuleringen, mens der ved en stimulering med en lavfrekvent tone vil være en fyring til et fast sted på fasen af stimuleringens bølgeform. Det betyder ikke ved den lavfrekvente stimulering, at hver fiber fyrer en gang i hver cyklus, men derimod fyrer fibrene tilfældigt (nogle vil kun fyre en gang pr. 100 cyklus i gennemsnittet), men når fibrene fyrer gøres det på et sted i fasen (Pickles, 2013). Det auditives systems evne til at lave faselåst fyring af aktionspotentialer er fungerende op til 4-5 kHz, men præcisionen vil mindskes ved omkring 3 kHz (Pickles, 2013). Skoe *et al.*, (2011) fremhæver, at evnen til at lave faselåst fyring vil mindskes ved omkring 1500 Hz og dermed blive mere upræcist. Andre forskere har påvist, at det er muligt at måle faselåst fyrings responser helt op til 12 kHz (Recio-Spinoso *et al.*, 2005 i Pickles, 2013). Russell & Sellick (1978) anslog at evnen til at foretage faselåst fyring forsvinder, når cellens a.c. (vekselstrøm) respons bliver lavere i forhold til dens d.c (jævnstrøm) respons (Russell & Sellick, 1978 i Pickles, 2013). Nogle år senere, i 1986, viste forskning at faselåst fyring i den auditive nerve er ligefrem proportionale med indre hårcellers ac/dc ratio (Palmer & Russell, 1986 i Pickles, 2013), det betyder at faselåst fyring derfor kan anses som en anden funktion af indre hårceller (Pickles, 2013)

2.5 Talefrembringelse

Taleorganerne består af fire systemer, stemmelæberne, ganesejlet inklusiv drøblen, tungen og læberne, som også kan kaldes for artikulatorer. Disse fire systemer fungerer indbyrdes uafhængigt af hinanden (Grønnum, 2007). Lungerne kan også siges at tilhøre taleorganerne, da luftstrømmen starter herfra og passerer via trachea videre til larynx (Zemlin, 2011). I larynx bliver luftstrømmen fra lungerne sat i svingninger som følge af, at luften passerer igennem stemmelæberne (Zemlin, 2011). Den endelige luftbølge er skabt ved aktiviteten af stemmelæberne, ganesejl, tunge og læber (Grønnum, 2007).

Stemmelæberne er to små muskler og er placeret i struben, og mellemrummet mellem de to stemmerlæber hedder glottis (Grønnum, 2007). Det er stemmelæbernes position, som er afgørende for produktionen af toner, der dannes ved en periodisk afbrydning af åbning og lukning af stemmelæberne (Zemlin, 2011). Den glottale tone dannes med udgangspunkt ved stemmelæberne (Zemlin, 2011). Vokaltragten, som er bestående af pharyngeal, oral og nasal cavities (Zemlin, 2011), er medvirkende til hvordan den glottale tone lyder (Grønnum, 2007). Om den glottale tone er en stemt/ustemt, aspireret/uaspireret, normal, modal eller knirkestemme (Grønnum, 2007). For at frembringe en stemt lyd vil glottis være smalt og dermed vil stemmelæberne svinge, mens stemmelæberne ved en ustemt lyd ikke vil svinge. Stemmelæbernes svingninger har en betydning for hvilken klang og tonehøjde som toner får, det kaldes for grundtonefrekvensen, som måles i Hz (Grønnum, 2007).

Artikulatorernes position har en afgørende faktor på, hvordan den resterendes lyds karakter er. Eksempelvis er der forskel på hvordan /o/ udtales i forhold til hvordan /i/ udtales, her er artikulatoren læberne ændret i sin position i de forskellige udtalelser, artikulationsmåden.

Der er 8 artikulationsmåder, mens der er 5 artikulationssteder, når der er tale om konsonanter (Grønnum, 2007). De 8 artikulationsmåder er bilabialt, labiodentalt, alveolære, alveopalatalt, palatalt, velær, supragaryngal og glottal (Grønnum, 2007). Herunder vil der være fokus på de artikulationsmåder hvor /b/, /d/ og /g/ er fremstillet, da de er er en del af de sproglige enheder, som ligger til grund for dette studie:

- bilabialt, sproglyden frembringes mellem læberne, som eksempelvis et /b/
- alveolære, hvor sproglyden dannes ved alveolarranden[5], som ved udtalen af et /d/
- velær, hvor sproglyden dannes ved palatum molle[6], som når der udtales et /g/

2.5.1 Stemmer

Stemmelæbernes længde har betydning for i hvilken tonehøjde vi taler i. Den rate af viberation fra stemmelæberne kan beskrives som pitch eller som en term af den fundamentale frekvens (Zemlin, 2011). ”Phonation” beskrives i registre, enten som høj eller lav register (Zemlin, 2011). Fra fødsel og indtil barnet kommer i pubertets alderen er der ikke stor forskel i hvilket toneleje, der tales i. Ved fødsel er stemmelæberne 2,5-3 mm lange og i det første leveår skal de vokse til 5,5 mm både for piger og drenge. I pubertetsalderen vokser drenges stemmelæber til 17-20 mm, mens pigers stemmelæber vokser til 12,2-17 mm. Det betyder at kvinders stemmer generelt vil være lysere end mænds stemmer, da mænds stemmerlæber er længere end kvinders.

For at minimere et bias er taleren til både diskriminationsscore testen og cABR målingen en kvinde. Det er dog ikke den samme kvindelige taler, hvilket ville have været optimalt, da en forandring i stemmen ville kunne have udelukket en eventuel indvirkning på resultaterne. Det var ikke muligt, så derfor blev det en anden kvindelig taler, der har indtalt lydstimuli til cABR.

2.6 Definition af sproglyd versus fonem

Ifølge Christensen og Christensen (2009) defineres et fonem på følgende måde: *”fonemer er sprogets mindste betydningsadskillende enheder i deres lydlige (fonetiske) fremtrædelsesform. Eksempler på fonemer: /k/, /r/, /y/ og /ø/. Ordet ananas består af seks fonemer: /a/, /n/, /a/ /n/, /a/, /s/”* fra ”*Dansk grammatik side 21”*. Jacobsen og Skyum-Nielsen (2010) beskriver, at de danske sproglyde falder i to hovedgrupper, vokaler og

[5] Alveolarrand, er den forreste del af mundloftet, som er randen lige bag fortænderne i overmunden.
[6] Palatum molle, er den bløde gang. Ganen inddeles i tre dele, den bløde, hårde gangen samt ganesejlet

konsonanter, og at de defineres ud fra deres evne til at danne eller indgå i en stavelse. Kort beskrives det at en stavelse kan karakteriseres, som den rytmiske grundenhed i det talte sprog, samt at stavelsen i en sætning eller i et ord har det prosodiske træk tryk knyttet til sig (Jacobsen og Skyum-Nielsen, 2010).

Det vil sige at den stimulus der anvendes til cABR til dette studie både er to individuelle fonemer der er sat sammen, eksempelvis /b/ og /a/, mens der også er tale om to enkelte sproglyde, som er blevet til én. Som anført i begrebsafklaringen afsnit 1.4, vil der herefter være anført betegnelsen sproglig enhed for /ba/, /da/ og /ga/, samt der vil være // omkring den pågældende sproglige enhed.

3. Pilotprojekt

3.1 Opbygning af de sproglige enheder

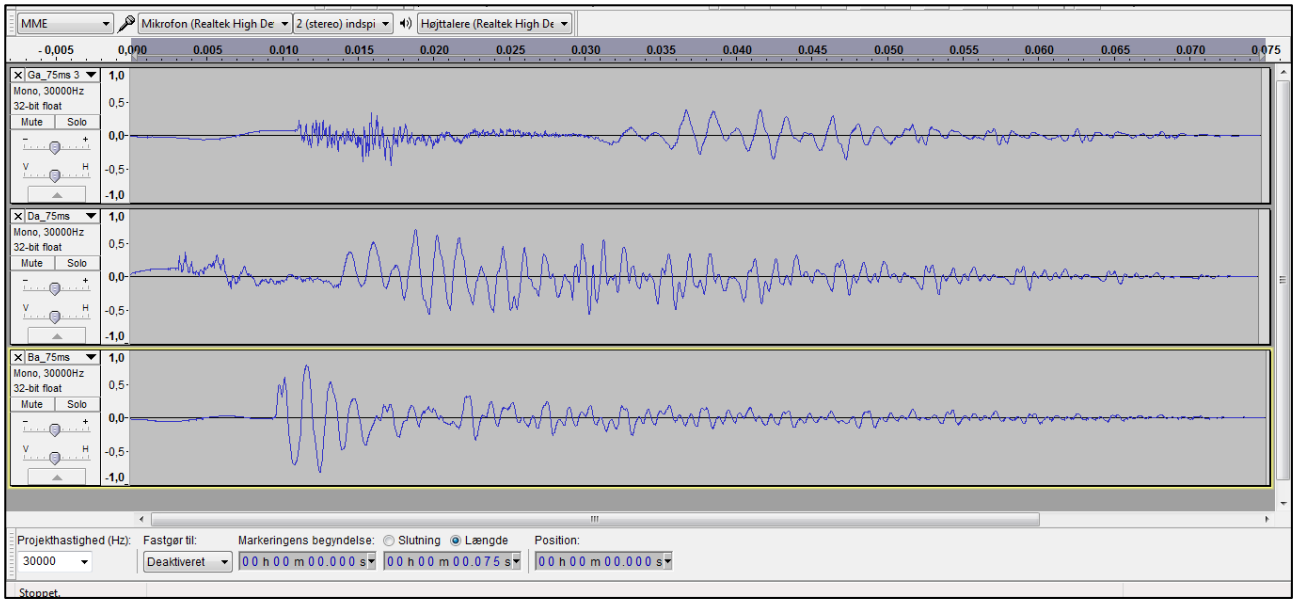
Alle tre sproglige enheder har vokalen /a/ finalt. Vokalen /a/ er en af kardinalvokalerne (Grønnum, 2007). Og på dansk er der flere varianter af /a/, der er én superfaryngal /a/ og én faryngal /a/. Forskellen mellem de to typer af /a/ er hvor åben farynx er (Grønnum, 2007). Ved disse tre sproglige enheder er det finale /a/ et fanryngialt /a/ og bliver produceret i farynx.

I de tre optagelser har det været hensigten at få den samme /a/-lyd frem. Det har ikke været hensigten, at vokalen skal påvirke udtalen af den initiale konsonant /d/, /b/ og /g/. Vokalen har til hensigt i dette studie, at være medvirkende til aktivering af flere aktionspotentialer, og dermed vil output signalet have bedre forudsætninger for at frembringe et respons.

De tre konsonanter /b/, /d/ og /g/ er alle er af kategorien lukkelyde, hvor /b/ er bilabial mens /d/ er alveolær og /g/ er velær (Grønnum, 2007). En lukkelyd, som også kan kaldes for en klusil, er en lyd hvor der er tale om en fuldstændig blokering for luften på vejen fra lungerne og ud (Grønnum, 2007 og Jacobsen og Skyum-Nielsen, 2010). Overtrykket i lungerne, som sender luften til glottis er rimeligt stabilt under tale, men ved en blokering opbygges der et overtryk i mundhulen bag lukket. Når overtrykket frigives, eksempelvis ved at læberne åbner sig eller tungeryggen slipper mundhulen, dannes der en svag eksplosionsstøj, som er forskellig afhængig af artikulationssted (Grønnum, 2007). Som tidligere beskrevet kan lukkelyde frembringes forskellige steder, og det værende fra læberne til glottis. På dansk er der tre former for lukkelyde, labiale, alveolære og velære lukkelyde (Grønnum, 2007). Sproglyde består grundlæggende af tre elementer, pitch, formanter og timing (Johnson *et al*., 2008).

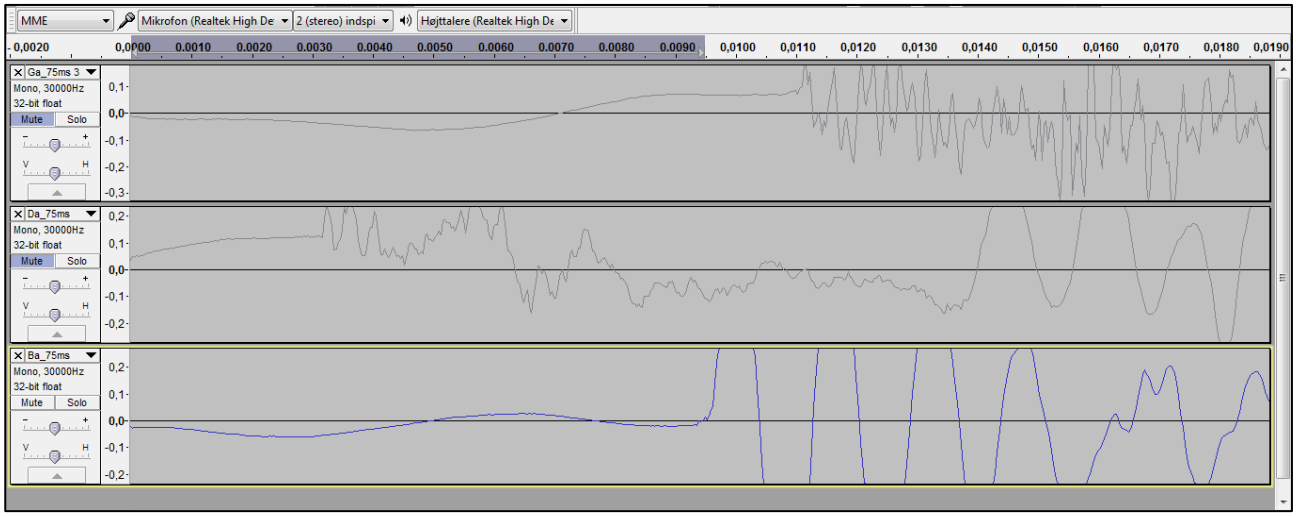
3.1.1 Tidsdomæne af /ga/, /da/ og /ba/

I figur 1 ses de tre lydfiler, som er anvendt til cABR målingen. Generelt for alle tre lydklip er, at de har en længde på 75 ms, selvom der ses en lille variation på figur 1 i forhold til 75 ms, men tidsangivelsen viser at alle tre klip er 75 ms, og der er anvendt en autofunktion til udtoning. Udtoningen er anvendt for at undgå en brat afslutning på lydklippet. Oprindeligt havde alle lydfiler en varighed på over 400 ms. Der er klippet indledningsstøj væk og ved afslutningen er der klippet midt i /a/-udtalen.



Figur 1 – tidsdomæne af de tre sproglige enheder, /ga/ er øverst, /da/ i midten, /ba/ er nederst

Der ses en stor variation i de tre udtaleser, selvom det var hensigten at udtale dem med samme tryk, betoning og intensitet. Figur 1 viser at talen er kompleks, endda indenfor lukkelydskategorien. I indledningen kan det se ud som om der stadig er støj og ikke begyndende udtale af henholdsvis /g/, /d/ og /b/, men det er ikke korrekt. På figur 2 ses begyndelsen på de tre lydklip, hvor der er zoomet, for at gøre det tydeligere hvad der sker indledningsvis.



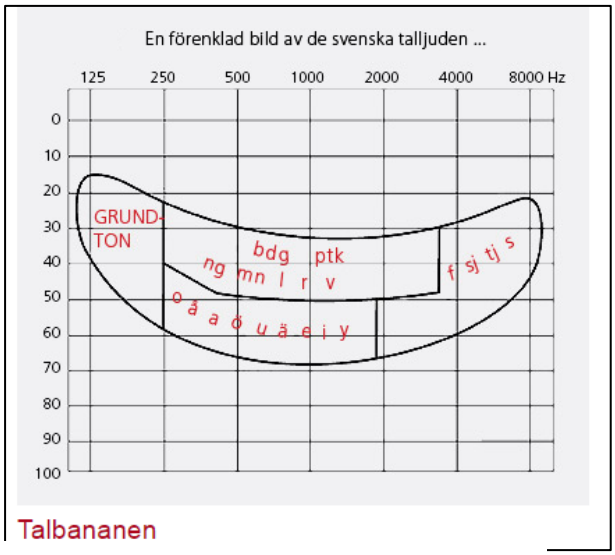
Figur 2 – tidsdomæne, indledning på de sproglige enheder, /ga/ øverst, /da/ i midten, /ba/ nederst

Figur 2 viser indledningen på de tre lydklip, hvor der tydeligt ses en forskel. /Da/ som er den midterste kurve på figur 2, er hurtigere i indledningen end /ga/ og /ba/, hvilket betyder den eksplosion og frigivelse af luft i glottis er kortere ved /da/ end /ga/ og /ba/, og ifølge Skoe *et al.*, (2011) er denne type af lyde særligt sårbare for misforståelse. Den begyndende lyd, som dannes ved formningen af læber eller placeringen af tungen til dannelse af stopkonsonanten, har stor relevans for vores opfattelse af hvilken lyd, der bliver udtalt. Ved /d/ skal tungen placeres i aveolære randen, hvorimod /b/ har læberne som formes. Selvfølgelig kan det ikke udelukkes at der vil være noget støj ved optagelsen, selvom /ga/, /da/ og /ba/ er optaget i en lydtæt boks. Støjen vil kunne komme fra mikrofonen, taleren, lysstofrør og andet elektronisk udstyr som producere støj. Der viser sig i figur 2 at være stor forskel på de tre sproglige enheders indledning, ved /da/ har et noget tidligere udsving (0.0030 sek) efterfulgt af /ba/ 0.0090 sekunder, mens /ga/ har et udsving ved 0.0110 sekunder.

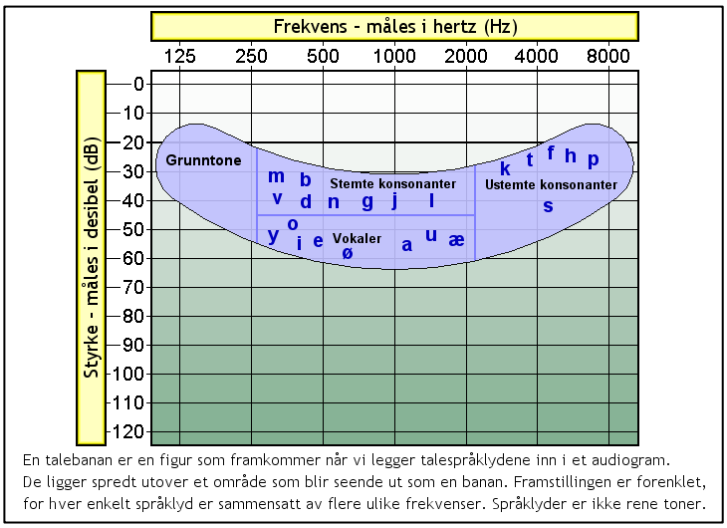
3.1.2 Frekvensspektogram af /ga/, /da/ og /ba/

Ved at finde den respektive fundamental frekvens i hver af de tre sproglige enheder, vil det give en indikation af, hvilken af de tre sproglig enheder, som vil skulle give respons først ved disse cABR målinger. Dette vil være grundet den tonotopiske opdeling og ligeledes som følge af den faselåste fyring (Johnson *et al.*, 2008). Den cortikale afkodning af stopkonsonanter er afhængig af frekvensindholdet af komponenten og også af delformanternerne (Martin *et al.*, 1997; McGee *et al.*, 1996; Steinschneider *et al.*, 1993 i Johnson *et al.*, 2008). Men i forhold til, at der er tale om et komplekst signal, der skal analyseres, vil det betyde signalet skal deles op for at lave flere enkle signaler, som til sammen giver det komplekse signal. Det er ikke en disciplin, som jeg har gennemgået i løbet af min uddannelse, så derfor ser jeg mig ikke i stand til at foretage en

analyse ved brug af formanter og delformanter. Det viser sig tydeligt på frekvensspektogrammer[7] af de sproglige enheder, det ikke vil være muligt at aflæse den fundamentale frekvens og/eller dens formanter og delformanter. Det jeg har valgt at gøre som analyse i stedet er at tage udgangspunkt i talebananen og frekvensspektogrammerne. Ved brug af talebananen er der anvendt og sammenlignet den norske og svenske, da der ikke er udviklet en baseret på dansk tale. Talebananen giver en indikation af hvor i frekvensområde g/, /d/ og /b/ er beliggende.



Figur 3 - den svenske talebanan. http://www.horselboken.se/faktadel/horselmatning/talbananen/

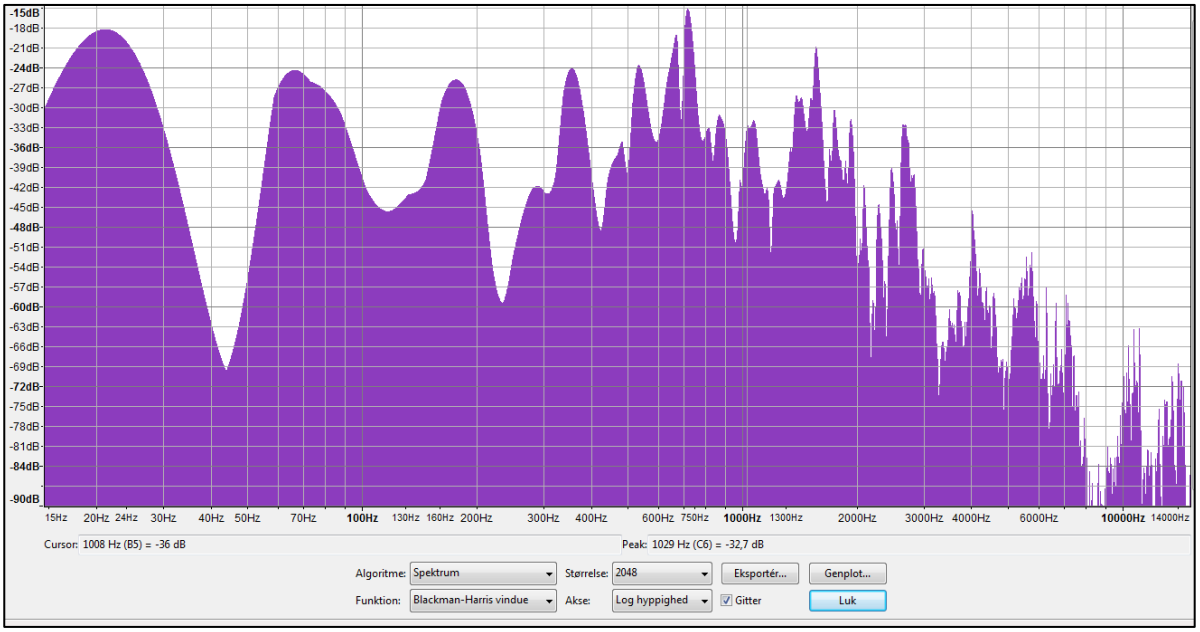


Figur 4 - den norske talebanan. http://www.sansetap.no/voksne-horsel/om/nedsatt-horsel/audiogram/talebanan/

Ud fra den svenske talebanan, figur 3 er /g/, /d/ og /b/ alle beliggende i frekvens området 500-1000 Hz, mens den norske talabanan, figur 4 har /d/ og /b/ under 500 Hz og /g/ er som den svenske i frekvensområdet 500-1000 Hz. Denne variation vil kunne have en indflydelse på responstiderne, i forhold til den tonotopiske opdeling. Med denne variation in mente vil der i dette studie blive benyttet den svenske opdeling, altså en antagelse om stopkonsonanterne har samme frekvensmæssige placering.

Ved at se på de tre frekvensspektogrammer viser det sig, at /da/ er markant anderledes end /ga/ og /ba/. /Da/ har antydning af en søjle, ved der er et dyk ved 45 Hz, hvorimod /ba/ og /ga/ ikke har antydning af en søjle. Frekvensspektrogrammet for /ga/ ses på bilag 1 og på bilag 2 ses det for /ba/

[7] Frekvensspektrogrammer af /ga/ og /ba/ findes som bilag 1 og 2. /Da/ og syntetisk /ba/ er figur 5 og 8.



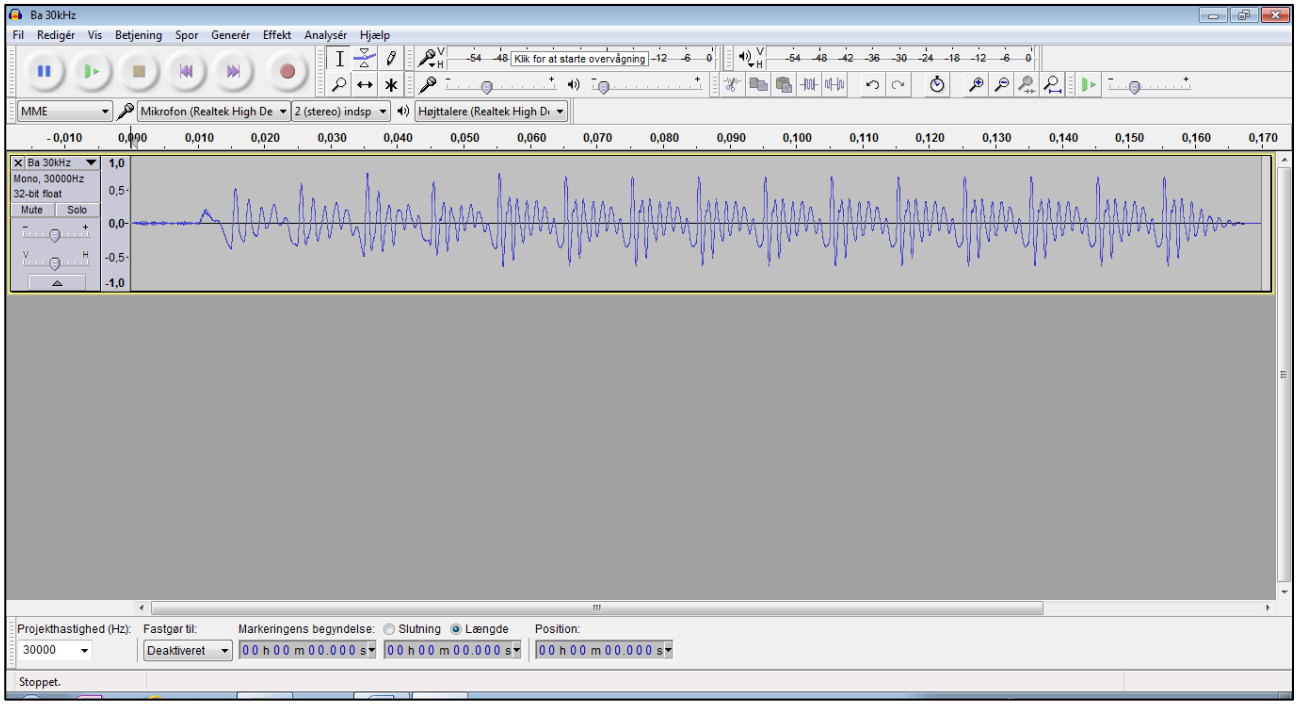
Figur 3 - frekvensspektogram /da/

Set i forhold til det angivede frekvensområde fra talebananen, skal der medregnes ved frekvens-spektogrammet, at her er tale om hele den sproglige enhed /da/ og ikke kun konsonanten /d/, som er udgangspunktet i talebananen. Hvor stor en påvirkning vokalen har, er meget uklart ud fra frekvens-spektogrammet. Det er ikke muligt at øge størrelsen fra 2048, da der ikke er data nok til at få vist et materiale.

3.1.3 Syntetisk /ba/

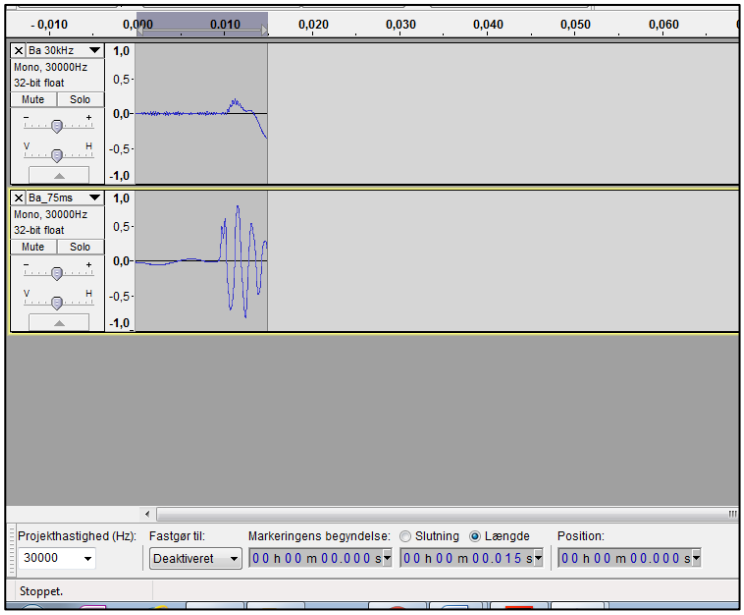
Det syntetiske /ba/ har en længde på 170 ms, som ses i figur 7. Der ses en tydelig forskel til de tre sproglig enheder beregnet til dette studie, ved kurveforløbet for den syntetiske /ba/ er meget symmetrisk og i forløbet bevares intensiteten. Der ses en udtoning fra 0.160 - 0.170, hvilket er kortere end den anvendte autoudtoning på de oprindelige tre sproglige enheder.

Ved afspilning af det syntetiske /ba/ høres der en ”klik”-lyd eller lidt som et udtalt rullende /r/. Det høres både i lydfilens fulde længde og i udklippede afsnit, men ”klikket” kan ikke ses på kurven, så om det er Audacity som ”laver lyden”, vides ikke. Om den uønskede lyd har en påvirkning på responset fra cABR målingen vides ikke, og det vil ikke blive undersøgt i dette studie, da det vil bevæge opgavens fokus væk fra det primære fokus. Dog er det nævnt, for man vil kunne tage højde for det i eventuelle videre forskning.



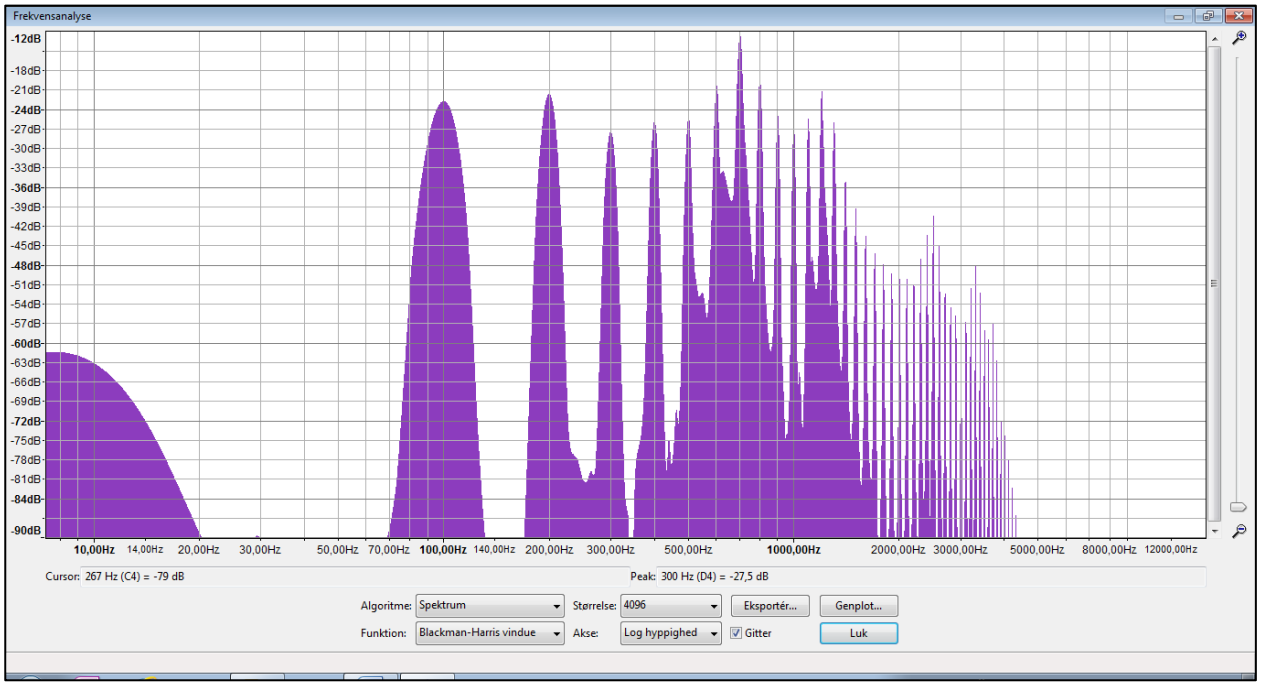
Figur 6 – tidsdomæne, syntetisk /ba/

En anden stor forskel mellem den syntetiske /ba/ og de tre sproglige enheder, er indledningen på lydklippene, hvor vi tidligere så, hvordan der er stor forskel på /g/, /d/ og /b/ set i et tidsdomæne. Figur 7 viser de første 0.015 ms af det syntetiske /ba/, er er den øverste kurve i figur 7 og den optagede /ba/, er den nederste kurve på figur 7, her ses en tydelig forskel på syntetiske og ægte /ba/. Der ses ved /ba/ flere udsving, hvorimod den syntetiske /ba/ blot har et udsving op i fasen efterfulgt af et kort forløb på neutral inden den går ned i fasen. /Ba/'s udsving indledes tidligere og har ikke samme amplitude. Der ses endvidere en forskel i deres indledningsforløb, hvor den syntetiske /ba/ har små udsving med nogenlunde samme amplitude, har /ba/ færre udsving som ikke har samme amplitude.



Figur 7 - indledning på /ba/ og syntetisk /ba/

I frekvensspektrummet af det syntetiske /ba/, figur 8, ses der ved blandt andet ved 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz og 400 Hz nogle tydelige søjler, hvor der i frekvensspektrummet for /da/, i figur 5 ikke var så mange tydelige søjler. Her viser den syntetiske /ba/ sig igen markant anderledes end de tre sproglige enheder.



Figur 8 - frekvensspektogram af syntetisk /ba/

3.2 Antagelser om responstid

Jeg antager de normalthørende ikke vil have forlænget latenstid, så deres responstider vil være under 10 ms, som er for de forventede responstider for korte-AEP (Burkard et. al 2007). Derfor vil disse responser være referencerammen for normalt beliggende latenstider i forhold til responstiderne fra ikke-normalthørende. I forhold til tidligere studier hvor /ga/, /da/ og /ba/ har været anvendt som stimuli til cABR, har det vist sig at /ga/ vil have en kortere responstid end /da/ og /ba/ som følger kort efter (Johnson *et al*., 2008, Hoickel *et al*., 2009).

3.3 Interstimulus interval

Interstimulus interval (ISI) er defineret som perioden af stilhed mellem offset på en stimulus til onset på den næste stimulus (Skoe & Kraus, 2010). Der er tre forbehold man skal overveje i forbindelse med ISI, da der ikke er samme forhold som ved en klik ABR. Det første er en ændring af ISI kan ændre perceptionen af den komplekse lyd. Det andet er hvis ISI er for kort, vil responset ikke kunne nå at blive færdiggjort inden den næste stimulation startes. Det tredje er latens og amplitude, hvor især onset respons er påvirket af raten af præsentation (Hall, 2006 i Skoe & Kraus, 2010). Der er i litteraturen forskellige holdninger til hvilken ISI, der er mest anvendelig, nogle steder er det omkring 30 % af stimuluslængden og op til mere end dobbelt så langt som stimuluslængden (Skoe & Kraus, 2010).

3.4 Pilotprojektets opbygning

Pilotprojektet indeholder to testgrupper: testgruppe A som er gruppen med normalthørende og testgruppe B, som er gruppen med høreapparatsbrugere.

Testbatteriet for begge testgrupper er måling af DS %, en cABR og SSQ spørgeskema omkring taleforståelighed. Derudover vil testgruppe A få lavet en rentone audiometri, for at fastlægge de er normalthørende ved frekvenserne 250 – 3000 Hz. Personerne i testgruppe B vil ikke få lavet en rentone audiometri, for på den måde ikke at overbelaste hørelsen og trætte koncentrationsevnen. Personerne i testgruppe B medbringer i stedet deres audiogram. På forhånd har testpersonerne i begge grupper modtaget SSQ-spørgeskemaet del 1 omkring taleforståelighed, som de bedes udfylde på forhånd og medtage på testdagen

3.4.1 Testgruppe A

Der vil være fem normalhørende i denne gruppe. De fem testpersoner er fundet i mit eget netværk. Alle har indvilliget i at få deres hørelse testet, hvilket dermed også kan betyde, at de kan blive opfordret til at søge

ørelæge, for at få kontrolleret deres hørelse, hvis det skulle vise sig de ikke er normalthørende. Hvis testpersonerne ikke er normalthørende vil de ikke leve op til inklusionskriterierne, hvilket betyder, de skal erstattes af en person.

Alle fem testpersoner er kvinder, og er i aldersgruppen 20-40 år. Grunden til der kun er kvinder i dette studie, er for tage højde for den forskel, som køn kan give ved en ABR- måling[8]

Testpersonerne er blevet anonymiseret ved at de bliver omtalt som A1 – A5. A'et viser de er i testgruppe A og nummeret står i stedet for navnet.

3.4.2 Testgruppe B

Der vil være tre deltagere i denne gruppe. Alle tre er kvinder og er i aldersgruppen 25-60. Igen er testpersonerne fundet i netværket og testpersonerne er anonymiseret ved at de omtales om B1-B3, hvor B'et viser de er i testgruppe B og nummeret er i stedet for navnet.

Testpersonerne i denne gruppe har en hørenedsættelse, hvor der er en rimelig symmetri mellem tærsklerne i rentoneaudiometrien. Deres DS % på deres medbragte audiogrammer er det, som har været grundlaget for deres deltagelse i studiet, så hvis det viser sig at de på testdagen har en forbedret DS %, vil det ikke betyde de vil blive ekskluderet fra forsøget – det tilstræbes at testpersonernes DS % ikke overstiger 85 %. Deltagerene B1 og B2 er dog undtagelser, ved at deres ene øre har en DS % i normalområdet og det andet øre har et skelnetab. Det har derfor været interessant at have dem som testpersoner i pilotprojektet, for at se om det her er muligt at se en forskel i latenstider, på et normalt DS % øre og et ikke- normalthørende DS % øre hos den samme person.

3.4.3 Diskriminationsscoretesten

Måling af DS % er foretaget med materialet i DANTALE. Der er anvendt forskellige spor, og hver testperson har fået to forskellige spor. Der har været anvendt sporerne 1-8 til studiet. Der er anvendt høretelefoner ved alle testpersoner ved diskriminationsscoretesten. Det var som udgangspunkt tiltænkt, der skulle anvendes inserthøretelefoner ved rentone audiometri og DS % måling, for minimering af bias i forhold til om der skulle være en forskel mellem hørtelefoner og inserthøretelefoner. Det har dog vist sig, udstyret i Audiologisk Laboratorium på Syddansk Universitet ikke var sat op til at kunne foretage rentone audiometri og DS % må-

[8] Det er godt nok en alm. ABR, hvor disse undersøgelser er foretaget. Der er ikke nogen studier som viser der er forskel i latenstider ved cABR. Det viser sig at kvinder har en hurtigere latenstid end mænd ved ABR-målinger.

ling med inserthøretelefoner. Derfor er der til disse målinger benyttet høretelefoner. Men der er anvendt inserthøretelefoner ved cABR målingerne.

Grunden til testgruppe B har fået foretaget en diskriminationsscore test, er for at fjerne bias ved hvordan testen er foretaget hos de enkelte deltagere, selvom testgruppe B's medbragte audiogrammer viser deres DS %. Diskriminationsevnen er i fokus i dette studie, derfor er det vigtigt der er samme grundlag for testen. Til måling af DS % viste det sig ikke muligt at anvende maskeringsstøj, hvilket skal anvendes til B2 og B3 for at undgå overhøring. Konsekvensen heraf er, der anvendes DS % fra deres audiogrammer. Endvidere er udstyret på Syddansk Universitet sat op til at der DS % udregnes på de 20 første ord af et spor i DANTALE 1 materialet, som ellers normalt udregnes på 25 ord, se mere om betydningen herom i begrebsafklaringen, afsnit 1.4.

3.4.4 Hjernestammeaudiometri med komplekst signal

Som stimulustype til cABR målingen er der i dette studie anvendt udvalgte tre enstavelses sproglyde /da/, /ba/ og /ga/. Dette er gjort da alle tre sproglyde ligger under 3 kHz, set ud fra konsonanten i talebananen og det er gjort i forhold til vores systems evne til at kunne lave faselåst fyring ved en stimuli-påvirkning (Pickles, 2013). /Da/, /ba/ og /ga/ er bygget op af en konsonant med en lukkelyd efterfulgt af en vokal. Konsonantens egenskab som lukkelyd, hvor der efter lukket sker en eksplosion af lyden og der sker en åbning, kan være en svær lyd at høre (Skoe *et. al*, 2011).

3.4.5 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale – spørgeskema

Spørgeskemaet er SSQ-spørgeskemaet version 5.6, hvor der er anvendt første del, der har fokus på taleforståeligheden. De andre elementer i spørgeskemaets undersøgelser er fravalgt, da fokus i dette studie er på taleforståeligheden. Formålet med testgruppe A's udfyldelse af spørgeskemaet er at have en referenceramme for "det normale". Det vil være muligt for testpersonerne at tilføje yderligere kommentarer, hvis de måtte have flere kommetarer om deres taleforståelighed, både hvor det fungerer godt og hvor den er udfordret.

3.5 Inklusions- og eksklusionskriterier

3.5.1 Testgruppe A

Testpersonerne skal være normalthørende ved frekvenserne 250, 500, 1000, 2000 og 3000 Hz, hvor høretærsklerne ikke må overstige 20 dB HL, grundet det er de i frekvenser cABR målingen har sin spændevidde.

Det tilstræbes selvfølgelig at testpersonerne er normalhørende ved alle frekvenser. Endvidere må deres DS % ikke være under 85 %.

3.5.2 Testgruppe B

Testpersonerne skal have en hørenedsættelse, som ikke overstige tærskler på 80 dB HL, da deres hørenedsættelse er defineret som ”svært høretab” og hvis tærsklerne overstiger 90 dB HL, vil hørenedsættelsen have karakter af ”meget svært høretab/døvhed” (Hoedt *et al*., 2006).

DS % må ikke være i normalområdet, altså over 85 %. Hvis testpersonernes DS % på det ene øre er bedre en 85 % forudsætter deres deltagelse at DS % på det modsatte øre er under 75 %.

De medbragte audiogrammer må ikke være af ældre dato end 2013, og de skal ikke føle deres hørelse har ændret sig meget siden de har fået lavet deres rentoneaudiometri.

4. Databehandling – metode

Der er tre sproglige enheder i cABR-måling, /ba/, /da/ og /ga/ måles individuelt og hvert øre for sig. Disse målinger vil komme med respons i form af en kurve (som ved en almindelig ABR). Hver af responserne for cABR’en vil blive sammenholdt med de normale responstider, for at se om den pågældende sproglige enhed har en forsinket latenstid.

Ved hver af de tre sproglyde vil der ligeledes foretages en sammenligning med DANTALE-ordene. Hvis der er en forsinket latenstid ved /ba/, analyseres der på om DANTALE-ordene startende med ba viser sig at være forkerte i DS %-målingen. Ved at se på en ABR-måling, vil der kunne sættes tvivl om, hvad det er præcist der måles. Om det er at der kommer et respons, men at det blot er forsinket grundet andre betingelser (eksempelvis auditory processing disorder) eller om forsinkelsen skyldes systemets brug for mere tid til at bearbejde signalet og dermed forstå/afkode signalet.

Behandling af SSQ spørgeskema er foregået i Excel, hvor testgruppe A og B er holdt adskilt. På bilag 44 ses en tabel for SSQ – angivelserne for testgruppe B uden høreapparater.

4.1 Formål med målinger for testgruppe A

Formålet med testgruppe A har fået foretaget en test- retest var for at undersøge om de sproglige enheder giver et validt respons, og på den måde styrke eventuelle fund i datamaterialet. Endvidere var formålet for

test 1 at være angivelse af normalresponserne. Angivelse af normalresponserne kunne ikke findes i litteraturen, da der er anvendt syntetiske stimuli, og der har været anvendt andre opsætninger af undersøgelsen, som eksempelvis at durationen har været på 170 ms, antal sweeps har været 4000 (Song *et al*., 2011)

4.2 Vurderinger i pilotprojektet

Da pilotprojektet har to testgrupper af henholdsvis tre og fem deltagere, vil der ikke blive lavet statistik på SSQ spørgeskemaet. Der vil derimod blive foretaget sammenligninger mellem besvarelserne, om der skulle være en sammenhæng i deres besvarelser. Der vil blive undersøgt, om der kan tegne sig et billede af hvilke situationer, der viser sig at være værst og bedst for testpersonerne. Endelig vil det blive undersøgt, om der kan ses en sammenhæng mellem spørgeskemabesvarelserne og DS %.

5. Testopsætning

5.1 Testopsætning af hjernestammeaudiometri

I dette afsnit er der fokus på opsætningen af cABR målingen, blandt andet om valg af software, elektroder og afspilningen af lystimulus.

5.1.1 Udstyr

Software-programmet er blevet installeret på udstyret i Audiologisk Laboratorium på Syddansk Universitet, hvor testene er blevet udført. Der er anvendt EP25 Research module software program, og der er anvendt Ambu Blue Sensor N, ECG Electrodes. Elektroderne er placeret på begge mastoider, en tæt på hårgrænsen vertex i panden, samt en jordelektrode på kindbenet.

5.1.2 Lydstimulus

Der er tre sproglige enheder /ba/, /da/ og /ga/. Disse sproglige enheder er et transient signal med frekvens følgende respons (FFR). De sproglige enheder er optaget af forfatteren til studiet. Lyden er optaget på Olympus LS-100 Multi-Track Linear PMC Recorder i en lydtætboks i Audiologisk Laboratorium på Syddansk Universitet. Herefter er lydfilerne behandlet i programmet Audacity.

De tre lydfiler har i fuld længde en varighed på ca. 400 ms, hver. De er blevet afkortet først til en længde på 40 ms, da det i litteraturen er angivet som anbefalet, i forhold til at en test-undersøgelse ikke må have en for

lang varighed (Skoe & Kraus, 2010). Hvis lydfilerne var 40 ms, og der skulle opnås 6000 sweeps vil det tage ca. ni minutter, forudsat at interstimulus intervallet (ISI) er på 50 ms (Skoe & Kraus, 2010).

Det viste sig at 40 ms var for kort en længde, da det ikke var muligt at høre hvilken sproglig enhed der blev afspillet. Derfor har lydfilerne fået 75 ms længde, som stadig er indenfor det interval for kort duration, som er op til 100 ms (Skoe & Kraus, 2010). Ved lydfilerne er på 75 ms er det muligt at høre, hvilken sproglig enhed der bliver stimuleret med. I litteraturen om cABR er der omkring duration beskrevet, at længden af stimulus kan variere fra 60 ms til 2 sekunder for en vokal, mens længden har varieret fra 40 ms til 500 ms for en CV-konstellation (Skoe & Kraus, 2010).

Hver sproglig enhed er blevet præsenteret for sig selv, så der på den måde ikke skulle være nogen tvivl om hvilken sproglig enhed, der har givet hvilken responstid.

5.1.3 Maskeringsstøj ved hjernestammeaudiometri med komplekst signal

Der vil ikke blive anvendt maskeringsstøj ved cABR i dette pilotprojekt, da jeg er i dette projekt ikke har fokus på hvilken indflydelse baggrundsstøj har på diskriminationsevne, men at der derimod er fokus på hvilken undersøgelsesmetode giver det mest repræsentative billede af diskriminationsevnen.

5.1.4 Polaritet

Polaritet vil være beskrevet for både lydstimulus og efterfølgende for responset. Lydstimulus bliver præsenteret i alternating mode, hvilket betyder at hver anden stimuli er modfase til den første præsenterede stimuli. Dette gøres, da det vil mindske risikoen for en artefakt måling (Akhoun *et al*., (b) 2008).

Når responset skal aflæses vil det være i alternating polaritet, hvor condensation og rarefaction level ligger til grund for den samlede alternating kurve.

5.1.5 Filter

Der er anvendt et lavpas filter med en cutoff på 3000 Hz, og et højpas filter med en cutoff på 30 Hz. Det var tænkt at højpas filtret skulle være på 33 Hz (Skoe & Kraus, 2010), men det var ikke muligt at lave denne indstilling. Dette gøres for at høj- og lavfrekvent baggrundsstøj fjernes og dermed giver lydstimuli bedre vilkår for respons.

5.1.6 Sweeps

Det er ved ABR-måling en antagelse om, at man skal have et vist antal sweeps for at opnå et validt respons. Dette vil ikke i dette studie være gældende, da det ikke har været muligt at på forhånd at forslå hvor mange sweeps der vil være tilstrækkelig for at opnå et respons. Det vil derfor afgøres af rejektionslevelet, for hvornår der er et validt respons. Med udgangspunkt i præpilot-test viste det et fast antal sweeps, ville den mest fortrukne metode. Det blev i præpilot-testen forsøgt forskelligt, se mere under punkt 7.3.

5.1.7 Mono- eller binaural testning

Der vil blive foretaget en mononaural testning, hvor hvert øre vil blive testet for sig, både ved DS % og cABR. Ved DS %, vil der kunne anvendes maskeringsstøj for at undgå der sker overhøring til modsatte øre. Ved cABR er en anbefaling på at foretage en binaural testning, for på den måde at gøre testen mere virkelighedstro, da man benytter begge ører til at høre med i dagligdagen (Skoe & Kraus, 2010). Grundet dette studies fokus på om en lav DS % vil kunne ses i latenstiderne, er det derfor vurderet vigtigere at kunne se hvert øres respons af latenstider separat. Og altså på den måde gå imod anbefalingen om binaural testning.

5.1.8 Frekvens følgende respons

Vedvarende hjernestamme audiometri responser bliver ofte kaldt for frekvens følgende responser, da hver frekvens fremkaldes i et bestemt system, som følge af den nuerale discraharge i den faselåste fyring til en temporal struktur af ”the eliciting sound” (Skoe & Kraus, 2010). Og i CV kombinationen vil der i dette tilfælde være tale om at /a/ bliver et frekvens følgende respons.

5.1.9 Kalibrering

Al kalibrering af udført af Carsten Daugaard fra DELTA. Bilag 3, er hans beskrivelse af kalibreringen.

5.2 Diskriminationsscoretest

Der vil blive anvendt DANTALE 1, og forskellige spor på ørene. Hvis det viser sig at høreapparatsbrugeren måtte have en forbedret/ændret DS %, end tidligere antaget (hvis det viser sig at den er i normalområdet), vil personen blive benyttet som testperson, da det ikke vil være mulighed for at finde en erstatning (det tilstræbes dog at testpersonerne ikke har en DS % på 100, og at deres DS % gerne er under 85 %).

5.3 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale

Testpersonerne har fået tilsendt spørgeskemaet pr mail, som ses som bilag 5, bilag 6 er et blankt eksemplar af samtykkeerklæringen udsendt i samme mail, og de bedes havde udfyldt spørgeskemaet på forhånd. Dette gøres for de har bedst mulig tid til at udfylde deres svar og kunne uddybe løbende. Ligeledes vil det betyde at de ikke skal "overtestes" på dagen. Som indledning til spørgeskemaet er der en forklaring på, hvordan spørgeskemaet udfyldes. Og testpersonerne har været informeret om de har kunnet tage kontakt til forfatteren af studiet, hvis de har været i tvivl om noget i forbindelse med udfyldelse af SSQ skemaet. Testpersonerne i testgruppe B blev desuden bedt om at udfylde SSQ skemaet med og uden høreapparater, grundet det er personens skelneevne, der er i fokus i dette studie og ikke høreapparatets evne. Dette blev testgruppe B bedt om efter den første mail var blevet sendt ud, derfor blev de telefonisk kontaktet om denne lille tilføjelse.

6. Testprotokol

Der vil være en testprotokol til hver af de tre undersøgelser som pilotprojektet indeholder og en testprotokol for testdagen, samt der kan læses en huskeliste til testdagen, som findes i bilag 4.

Indledningsvis vil testpersonerne blive budt velkommen, og takket fordi de har indvilliget i at være testperson til dette pilotprojekt. Herefter vil den mundtlige forklaring på hvordan test-forløbet er (som ses herunder). De vil aflevere deres samtykkeerklæring, som jeg herefter skal underskrive også, samt det udfyldte SSQ-skema afleveres og hvis der er nogle spørgsmål eller kommentarer hertil, vil vi tale om det, så vi kan runde det element af, inden de andre test startes.

Inden testene indledes vil deres foretages en otoskopi af ørene, for at sikre der ikke er ørevoks, som blokerer i øregangene.

6.1 Instruktion til diskriminationsscoretest og rentoneaudiometri

Herefter vil testgruppe A få foretaget en rentone audiometri[9], hvor afslutningen på rentone audiometrien er diskriminationsscore testen. Til DS % fastlæggelsen, informeres testpersonerne om, at de skal sige det som de hører eller blot de tror de hører. Testgruppe B starter med at få foretaget diskriminationsscoretesten, og her informeres de om, at de bare skal gentage hvad de hører – og det er helt i orden at gætte, og sige hvis de ikke har hørt ordet. Ved måling af DS % er fælles for testgruppe A og B er lydstyrken afspilles ved en behagelig lydstyrke.

[9] Der foretages ikke en fuld audiometri, da der ikke bliver målt testpersonernes speech recognition threshold, SRT.

6.2 Hjernestammeaudiometri med komplekst signal

Den næste test er cABR, en hjernestamme audiometri med komplekse signaler, hvor signalerne er /ba/, /da/ og /ga/. Der måles et øre af gangen, og de tre enkelte elementer /ba/, /da/ og /ga/ måles efter hinanden. Så der startes med at måle /ga/ på venstre øre, så /ga/ på det højre øre. Herefter vil /da/ først på venstre øre og så på højre. Afslutningsvis er det /ba/ på venstre og så højre.

Inden testen kan starte skal der sættes fire elektroder på testpersonen. Inden de påsættes klargøres huden, for at mindske hudimpedansen. Det gøres ved de fire påsætningssteder skrubbes rene, hvorefter de fire elektroder påsættes. Testpersonerne informeres om de skal slappe så meget af som muligt og hvis de falder i søvn, vil det ikke have nogen indflydelse på testresultatet.

Undervejs i forløbet har testbatteriet ændret sig lidt for testgruppe B, da de har fået målt en klik ABR, for at se hvor deres responser ser ud. Hvert øre er mål for sig. Testgruppe A har ikke fået foretaget en klik ABR, dette bliver taget op i diskussionsafsnittet.

7. Præpilotprojekt, hjernestammeaudiometrien

Prætesten er blevet udført på forfatteren til studiet, med god hjælp til udførelsen. Prætestens formål har været at få et indblik i hvordan testen skulle bygges op i forhold til antal sweeps, varighed og faldgrupper af oversete indstillinger.

7.1 Niveauet af resudialstøj

Det anbefales i litteraturen at residualstøj niveaet er på 20 µV (Skoe & Kraus, 2010). Det er ikke muligt at opnå så tilstrækkeligt ro i lokalet at det er muligt at have niveaet på 20 µV, men det er muligt at undgå afvisninger ved et niveau på 40 µV.

7.2 Filter

Der er blevet forsøgt med et lavpasfilter på 3000 Hz og på 1500 Hz jf. antagelsen om faselåst fyring ikke fungerer over 1500 Hz. Hvis lavpasfilteret var på 1500 betød det at responset blev betragtelig forringet i forhold til responserne hvor lavpasfilteret var på 3000 Hz. Der vil derfor i pilotprojektet blive anvendt et lavpas filter på 3000 Hz.

7.3 Rejevtionslevel

Det viser sig at være svært at fastsætte faste kriterier for opnåelse af et ønsket respons. Der var ingen hjælp at hente ved en høj fmp-angivelse eller reproducerbarheden ud fra præpilotprojektet. Derfor blev der sat faste kriterier op for hvordan testen udføres, hvilket betyder der anvendes 2000 sweeps som bestemmende. I præ-pilottesten af cABR testen viste der sig ingen forskel i responset om der blev afspillet 2000 eller 4000 sweeps i forhold til reproducerbarheden eller på responsets validitet. Grunden for valget af de 2000 sweeps er derfor grundet antallet af målinger for den enkelte testperson og den tilsvarende tid hver test vil tage. Der er seks individuelle målinger, de tre sproglige enheder på hvert øre, vil det jo i sagens natur tage dobbelt så lang tid at opnå 4000 sweeps end 2000 sweeps.

7.4 Stimulusraten

I forhold til de tre forbehold der er vedrørende ISI, har jeg været nødt til at prøve mig lidt frem, for at se hvilket niveau, der vil give det mest anvendelige respons.

Hvis der skulle anvendes et ISI på ≈ 30 % af stimuluslængden, vil det betyde at ISI længden skulle være på 22.5 ms, ved stimuluslængden er på 75 ms – hvilket betyder den samlede længde er 97,5 ms hvilket viste sig af præpilotstudiet ikke ville give respons, samt det vil tage 20 minutter pr. sproglig enhed pr øre, så totalt set vil det være 120 minutter. Skoe & Kraus (2010) anbefaler at ISI er på ≥ 30 % af stimulus durationen, og raten er afhængig af stimulus durationen.

Der blev prøvet med 25, 11.3, 9.4 og 1.5 stimuli pr sek. Herunder ses hvad der blev opnået ved de enkelte indstillinger:

- 25 sti. pr. sek

Responset blev meget uklart, da der kan ses hvilken indflydelse onset af den næste stimuli har i forhold til offset af den forgående. Her var det dog muligt at opnå en reproducerbarhed samt en høj fmp.

- 11.3 sti. pr. sek. og 9.4 stimuli pr. sek.

Der viser sig her ingen tegn på reproducerbarhed, men mulighed for at opnå en fmp-værdi (her var dog for megen baggrundsstøj – smækkende døre, som gjorde det ikke helt lykkedes).

Ved prætesten med 11.3 stimuli pr sekund, viste der sig forholdsvis tydelige III og IV-responser, begge be-liggende i normalområdet, som det var forventet. Og respons-toppene viste sig mere tydeligt end ved en sti-muli-rate på 9.4 stimuli pr. sek. Derfor blev 11.3 stimuli pr. sek. foretrukket fremfor 9.4 stimuli pr. sek.

- 1.5 sti. pr. sek.

Ved at have 1.5 stimuli pr. sekund vidste det sig at der først kom et udsving i responskurven efter 20 stimuli. Det var ved dette antal af stimuli pr. sekund ikke muligt at opnå et reproducerbart svar eller tilnærmelsesvis at opnå et fmp-niveau.

8. Databehandling

8.1 Behandling af hjernestammeaudiometri

I dette afsnit vil jeg analysere cABR-kurverne for begge testgrupper, samt forholde testgruppe B's cABR mod deres klik ABR. Til hver sproglig enhed i testgruppe A er der to kurver, og hver sproglig enhed er isoleret. Alle responskurver findes i bilagsmaterialet fra bilag 7 – 43. Da der skulle dannes et overblik over datamængden, skilte nogle af /ba/-kurverne sig ud fra de andre. Det viste der sig, at være foretaget en fejl ved to testpersonerne i testgruppe A, hvor der er blevet anvendt en forkert stimulus. Der er ved denne fejl blevet anvendt en stimulus, der er i systemet, som er en syntetisk /ba/ med en duration på 170 ms. Det viste sig dog ved databehandlingen at responserne var brugbare, hvilket kan læses i afsnit 8.1.5. Da der er tale om en fejl, som har givet udslaget, har to af testgruppe B's tre deltagere desuden også lavet en cABR med det syntetiske /ba/[10]. Denne udvidelse af testbatteriet for B2 og B3 er lavet for at undersøge om der er lignende træk ved responset for det syntetiske /ba/ i testgruppe B, som ved de testpersoner i testgruppe A, der havde fået lavet en cABR med syntetisk /ba/.

Klik ABR målingen af testgruppe B er ligeledes kommet til testbatteriet undervejs i processen. En klik ABR måling vil være angivende for hvor testpersonerne i testgruppe B har deres responstider, og om de har en normal ABR. Da det er en test som er kommet til undervejs, er den ikke foretaget på testpersonerne i testgruppe A, hvilket vil blive diskuteret senere i opgaven.

8.1.1 Generelt til responserne

Generelt er datamaterialet varierende og der viser sig en lav procentsats for responsets reproducerbarhed. Dette betyder, at jeg ikke vil komme en angivelse af JI- JIV (jf. almindelig klik ABR respons angivelse) eller angive som Russo *et al.*,(2004) hvor der kan være et respons som følge af en cABR, dette vil jeg komme ind på senere i opgaven, hvorfor det er fravalgt. Det jeg i stedet vil gøre er at se på, om der ens lignende mønstre i responserne, med førnævntes antagelser om respons i tankerne.

[10] Grunden til det ikke var alle testpersoner i testgruppe B der fik lavet cABR med syntetiske /ba/ var at fejlen blev opdaget efter B1 var blevet testet. Og testbatteriet blev først udvidet til B2 og B3 test.

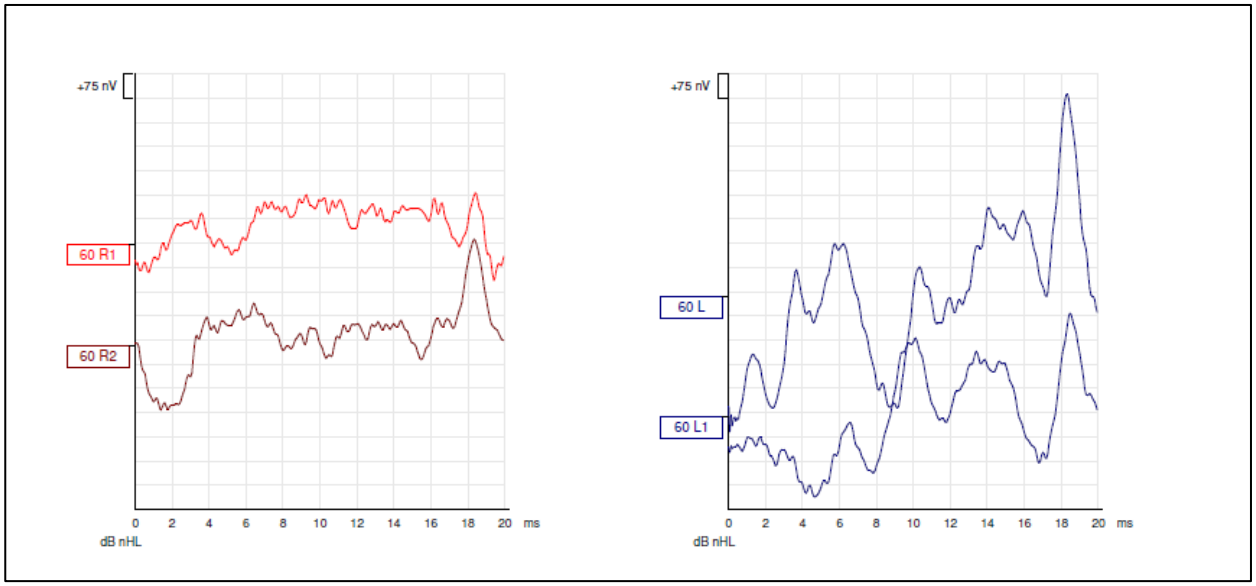
Det, som er fælles for analysen er der er anvendt et responsvindue på 20 ms, da det er indenfor normalområdet for lavfrekvente stimuli hos voksne (Burhard *et al*. 2007) og har en y-akse på 75 nV, dog med undtagelse af klik ABR responset, som kan være op til 400 nV.

8.1.2 Testgruppe A

Ved at tage udgangspunkt i en almindelige klik ABR respons kurve, ser responskurverne for cABR målingerne mere komplekse ud. Der viser sig nogle fællestræk for de tre sproglige enheder i deres responser. Det første indtryk kurverne giver er en større variation og mange udsving, det kan ses som at responskurverne er mindre klare i sit udtryk. Mellem test-retest viser sig også at være en variation, hvilket er modsigende til en undersøgelse foretaget af Song med kollegaer (2011), hvor de undersøgte test-retest reliabiliteten af /da/[11]. Song m.fl., kunne konkluderer der er en stor reliabilitet i en test-retest (Song *et al*., 2011). Generelt er der dog ikke så stort udsving mellem de sproglige enheder og hvornår der er top ved den enkelte testperson.

Ved at se nærmere på /da/ viser sig nogle gennemgående tendenser for respons-toppene. Der er en vis symmetri dels mellem testpersonernes ører, dels mellem test-retest responserne. Det samme gør sig gældende for responset til /ga/. Her ses dog en større individuel variation, som blandt andet ved A1, hvor asymmetrien mellem test-retest og højre venstre øre er forholdsvis markant. På figur 9 ses /ga/ for A2, som viser A2's højre øres respons er ganske markant anderledes end resten af testgruppe A's responser. Om denne ændring i respons skyldes en dårlig stimulus eller om det viser sig at responset først kommer senere, er svært at konkludere, men ændringen er påfaldende. Og ændringen er også påfaldende i forhold til responset på det venstre øre.

[11] Der er tale om en syntetisk fremstillet /da/

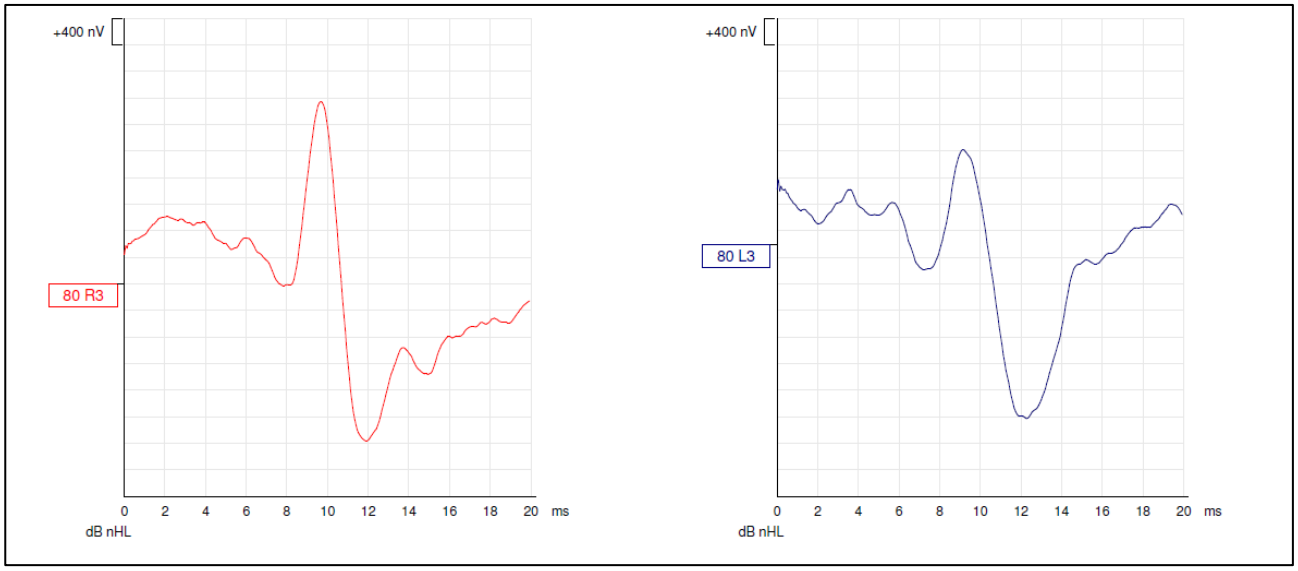


Figur 9 - A2 /ga/. Se bilag 10 for yderligere detaljer for kurven

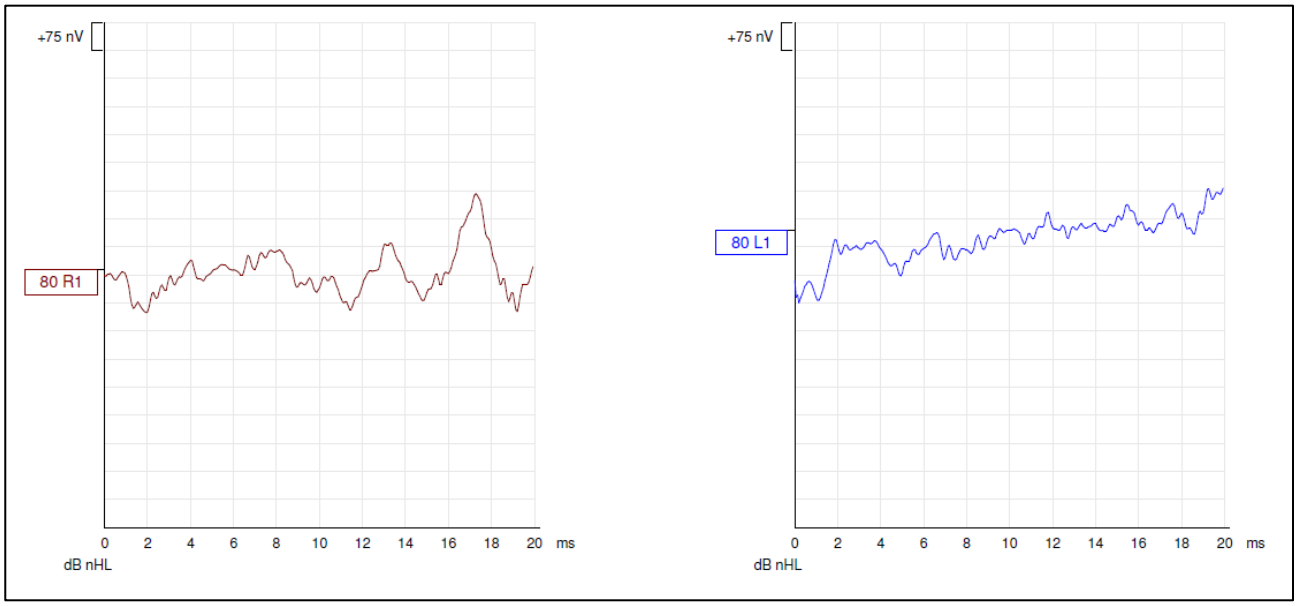
Ved /ba/, er det jo kun tre test-retest, da det er her den forkerte stimulus blev anvendt på A2 og A3. De restende kurver har træk af retning mod at ligne hinanden.

8.1.3 Testgruppe B

Blandt responserne viser sig nogle fællestræk, blandt andet er der stor forskel mellem responset fra klik ABR og en cABR. På figur 10 ses responset fra B1's klik og på figur 11 fremgår responset fra /da/.



Figur 10 - B1 respons klik. Se bilag 26 for yderligere detaljer for kurven.



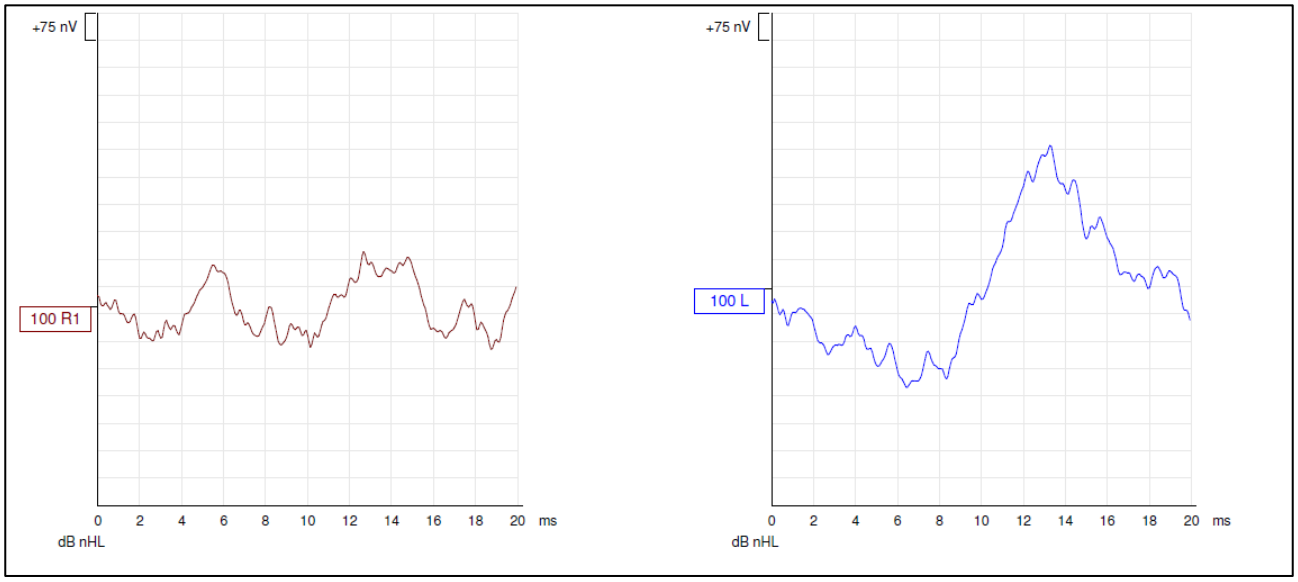
Figur 11 - B2 respons /da/. Se bilag 28 for yderligere detaljer for kurven

B2 og B3 fortalte at de ikke kunne høre hverken /ga/, /da/ eller /ba/ af de optagelser som var tiltænkt dette studie. Det var ikke muligt at præsentere stimuli ved et højere lydtryksniveau[12], men ved den syntetiske /ba/ havde de ikke problemer med at høre.

[12] Den blev præsenteret for dem ved niveau 100 dB nHL

B3 fik den syntetiske /ba/ præsentret ved 80 dB nHL på begge ører. B2 fik den syntetiske /ba/ præsenteret ved 100 dB nHL, og efterfølgende fortalte det var meget højt. Det var også tydeligt at se en reaktion på støjniveaukurverne på skærmen, og på B2, som indtil da havde været meget afslappet, tæt på søvnstadiet, men her vågnende testpersonen op og flyttede på sig. Ved testningen af B3, blev der så taget højde for at den syntetiske /ba/ er højere end de optagede sproglige enheder.

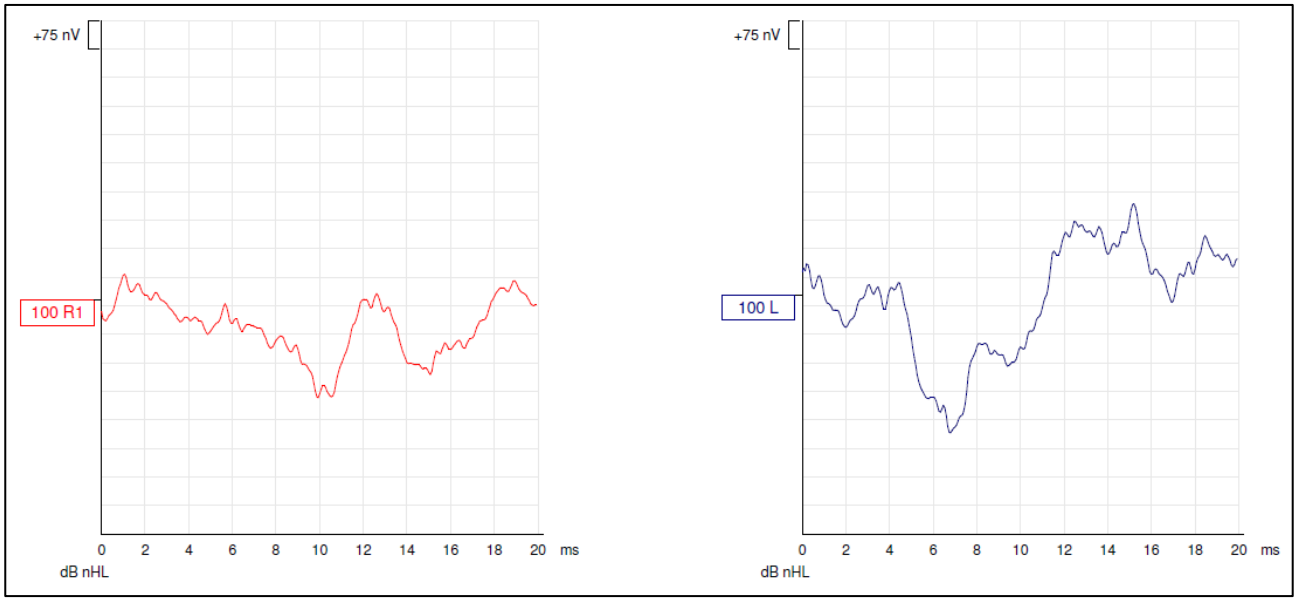
/Ga/ og /da/ viser sig at ligne det som ses hos testgruppe A, og toppene er forholdsvis tydelige, dog er /da/ hos B1 på venstre øre og B3 højre øre noget afvigende i deres respons. Der ses hos B2 på venstre øre nogle markant tydelige toppe for alle tre sproglige enheder mellem 9-13 ms, som kan ses på figur 12, hvor der er responset for /ga/. B2's DS % er på venstre øre i normalområdet, mens det højre øre er 25 %[13]. Bilag 30 viser B2's klik ABR, og her ses sammen tendens til venstre øre er i normalområdet, mens højre øres respons er tvivlsomt.



Figur 12 - B2 respons /ga/. Se bilag 27 for yderligere detaljer for kurven

Responserne for B3 viser sig at være mindre tydelige med toppene i forhold både til B1 og B2 samt til testgruppe A's, som fremgår af figur 13, hvor B3's respons for /ga/ ses.

[13] Udregnet på baggrund af 25 ord



Figur 13 - B3 respons fra /ga/. Se bilag 31 for yderligere detaljer for kurven.

8.1.4 Testgruppe B, hjernestammeaudiometri med klik

Der viser sig et klart billede af testgruppe B's klik ABR, som et rent respons. Der ses en let forsinkelse af responset ved B1, hvor det på begge øre er på 9 ms, men responset for højre og venstre er symmetrisk. For B2 og B3 er der tale om en asymmetri mellem ørene. Klik responset for B2 har på venstre øre et normalt respons, mens det er tvivlsomt om der er respons på højre øre, responset kan ses på bilag 30. B3's respons af klik ses på bilag 34 og her ses det venstre øres respons ud til at mangle JIV, mens det højre øre er helt normalt. Asymmetrien i klik responset kan skyldes den forskel B2 og B3 har i deres DS % eller om det skyldes noget andet vil ikke blive nærmere undersøgt i dette studie.

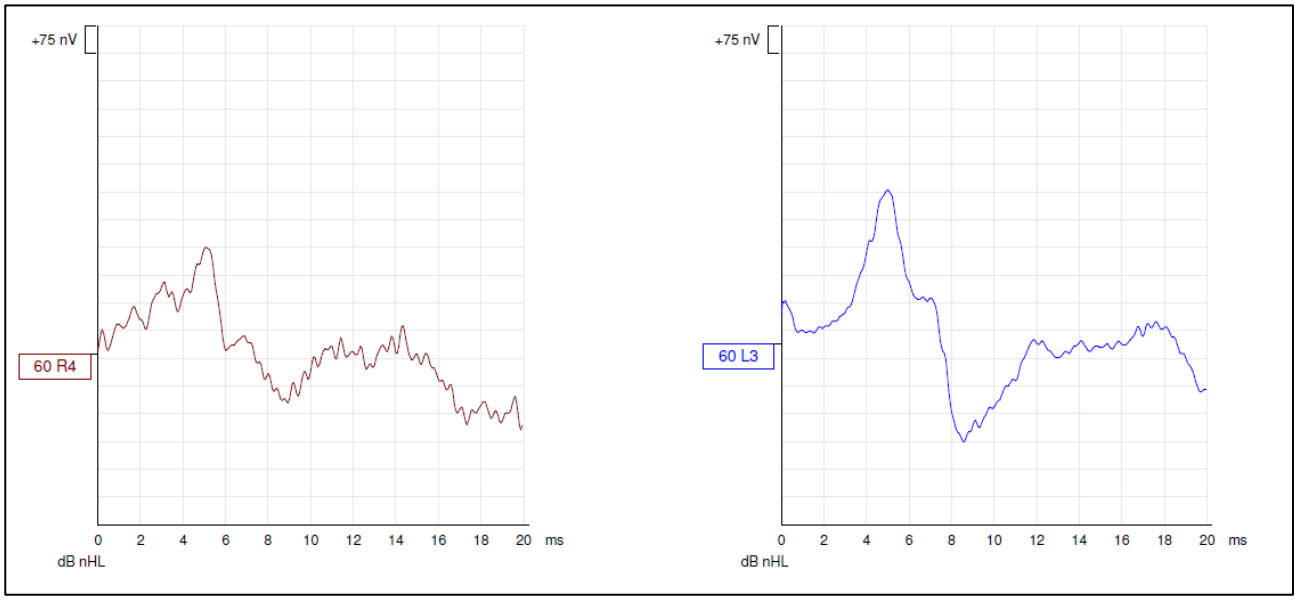
8.1.5 Syntetisk /ba/

Det syntetiske /ba/ er en stimulus med en duration på 170 ms, og afspilles med en mandestemme. Antallet af gentagelser pr. sekund er fastholdt til de 11.3 og der er ligeledes fastholdt 2000 sweeps. Det vil sige forskellen mellem det syntetiske /ba/ og den sproglige enhed /ba/ er, hvordan de er frembragt, og deres duration. Der viser sig nogle mere rene responser ved det syntetiske /ba/, forstået på den måde, der er færre toppe/dale, end som ved responserne til de tre sproglige enheder.

Ved begyndelsen af analysen af /ba/, var det tydeligt at se 2 kurver fra testgruppe A var anderledes end de resterende. Ved nærmere undersøgelse af responserne og tilhørende oplysninger omkring dem, var forklaringen på de anderledes kurver, at der er tale om responser til en stimulus med et syntetisk /ba/. Som følge af

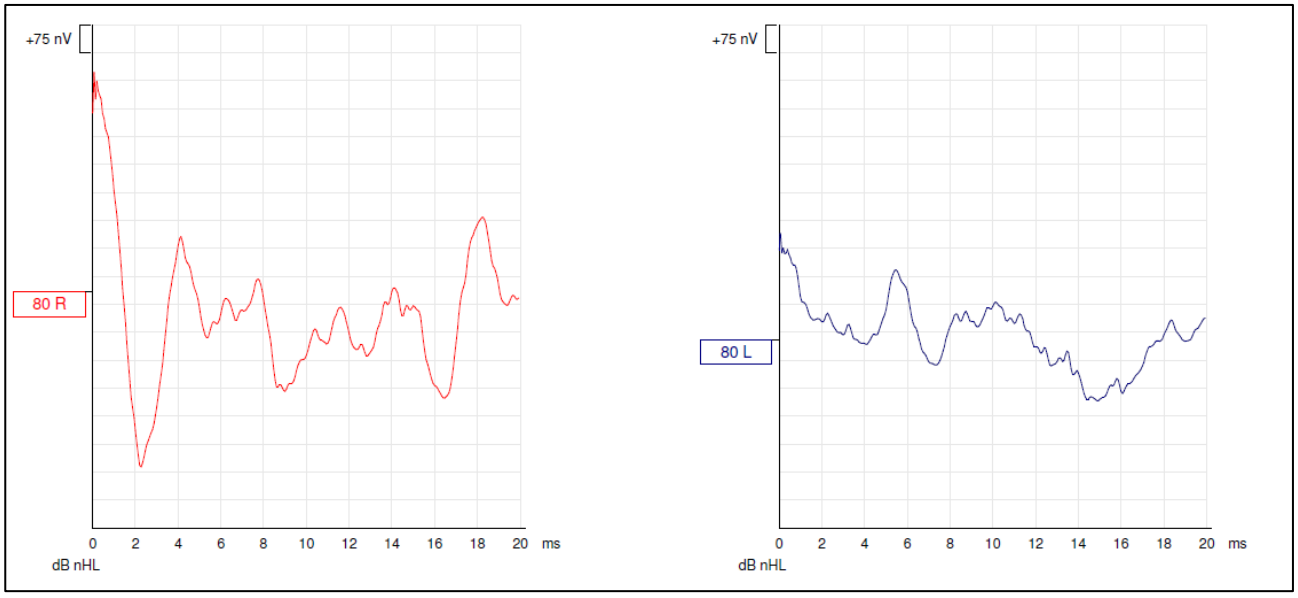
denne tydelige ændring på responskurverne, blev det derfor interessant at undersøge om det vil give samme respons i testgruppe B.

Der er foretaget en test-retest[14] af den syntetiske /ba/, som ses på bilag 35, hvor det dog ikke er muligt at lægge kurverne ovenover hinanden og så kun se én kurve. Der er stadig nogle afvigelser og en usikkerhed. Ved at se på forskellen mellem responserne for testgruppe B's til /ba/ og det syntetiske /ba/ viser der sig at være en forskel i responserne. Der viser sig nogle klare træk mellem alle kurverne i forhold til toppene, for begge testgrupper. På figur 14 ses responskurven for syntetisk /ba/ for A2 og figur 15 viser responset for B3, hvor der ses lignede træk selvom den ene er høreapparatsbruger. På figur 15, ses der stadig en asymmetri, som der også ses ved B3's klik ABR. Figur 14 og 15 indikerer hvor svært det kan være at fastslå hvilken top, der angiver respons, støj eller artefact måling.



Figur 14 - A2 respons for syntetisk /ba/. Se bilag 36 for yderligere detaljer for kurven

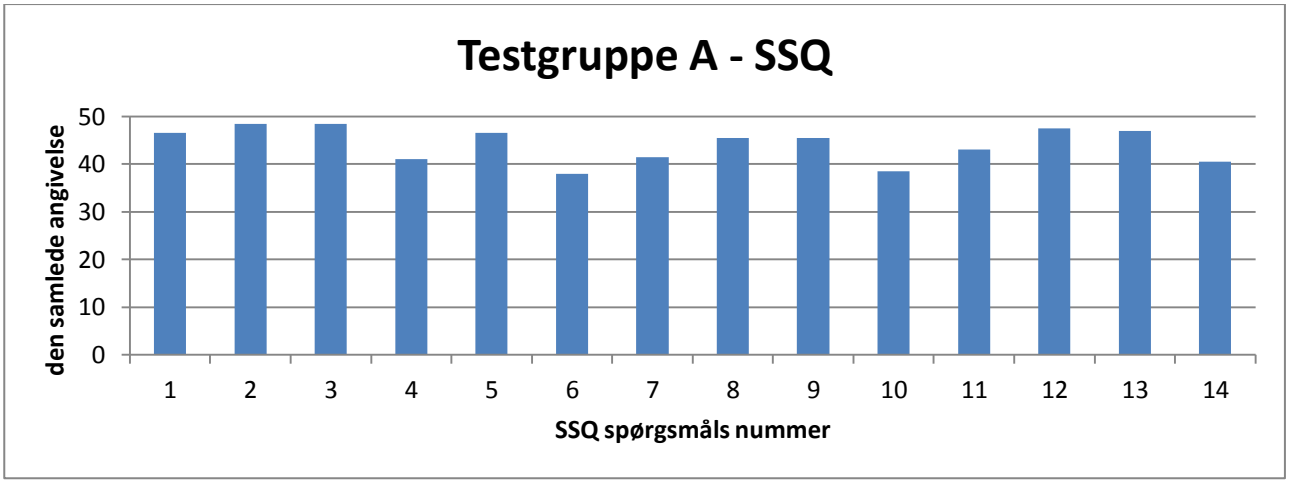
[14] Her er den tilladte indre støjniveau grænse forhøjet til 80 µV, da ved en grænse på 40 µV viste det sig at der var over 20 % afvisning. Det er også derfor der er foretaget 3 test-retest efterfølgende hinanden.



Figur 15 - B3 respons for syntetisk /ba/. Se bilag 43 for yderligere detaljer for kurven

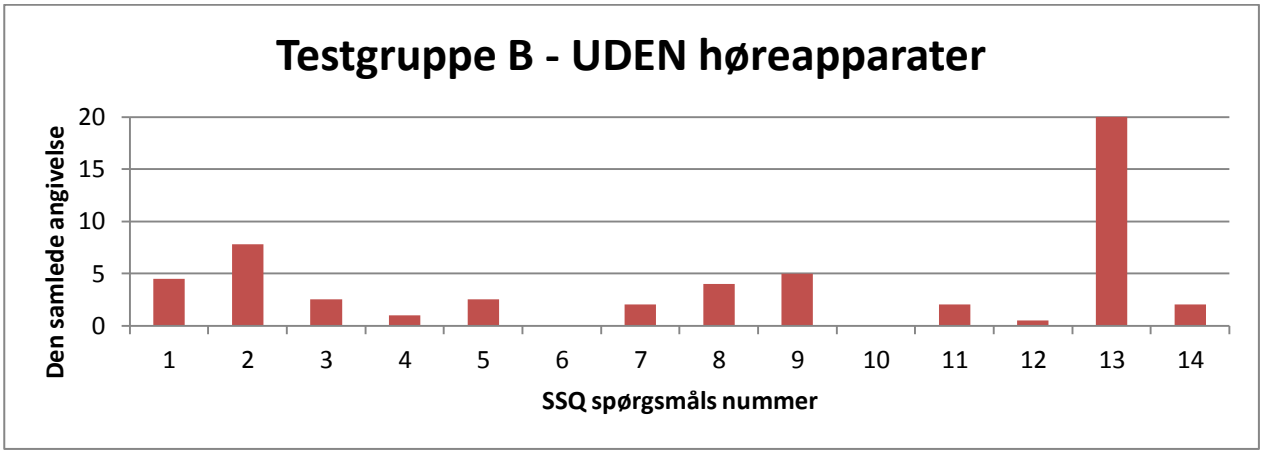
8.2 Speech, Spatial and Qualiteis of Hearing scale

Testgruppe A's besvarelser af SSQ-skemaet, som ses på tabel 2, er som forventet tæt på den samlede maksimale angivelse. Dog ses der ved spørgsmål 6 og 10 en noget lavere samlet værdi. Begge spørgsmålene har at følge med i flere samtaler på en gang, som omdrejningspunkt. Der ses at A3 på mange af spørgsmålene vurdere sin hørelse dårligere end de fire andre har gjort. Men generelt for alle fem besvarelser ligger deres score i den høje ende, hvilket også var forventet. A3's DS % er i normalområdet, hvilket dermed ikke ville betyde angivelsen skulle være lavere end resten af testgruppe A.



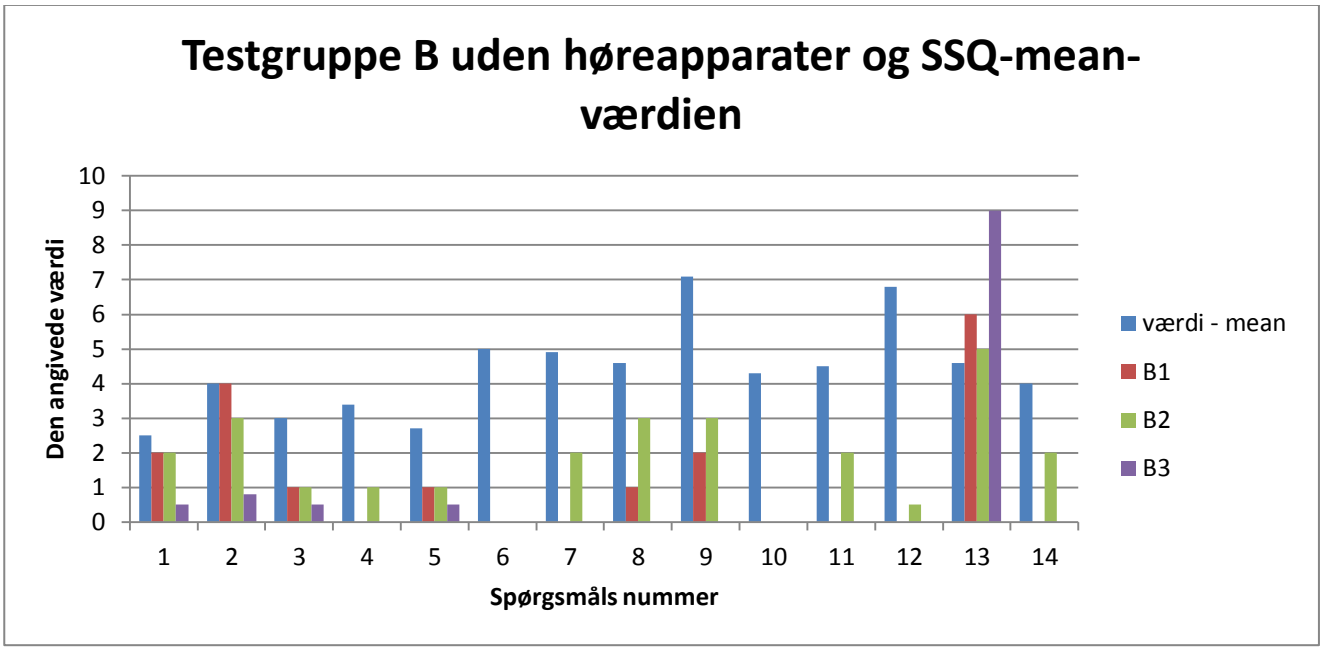
Tabel 2 – SSQ behandling af testgruppe A

Ved besvarelserne fra testgruppe B, når der ikke anvendes høreapparater, som ses på tabel 3, er den tydelige tendens der bliver scoret meget lavt på skalaen, med en enkelt undtagelse. Det er spørgsmålet 13 om telefonsnak, hvor testgruppe B scorer 20 ud af 30 mulige. Ellers bliver der scoret under 10 ud af 30 mulige ved de restende 13 spørgsmål. Der kan være flere årsager til hvorfor netop telefonsnakken uden høreapparater scorer højt, blandt andet kan være den metode testpersonerne altid har talt i telefon på, det er uden høreapparater testpersonerne finder det mest naturligt at høre telefonsamtale, for at undgå feedback eller at øret bliver klemt mellem høreapparat og telefonrør. Der er ikke blevet spurgt yderligere ind til deres valg af telefoner eller om de justerer meget i lydstyrken på telefonen under samtalen. Det er dog meget i øjenfaldende at telefonsamtalen uden høreapparater kan score så højt. Scoren ved spørgsmål 6 og 10 er som ved testgruppe A lavere end de andre, her angiver testgruppe B at de ”slet ikke” kan følge med i hvad der bliver sagt.



Tabel 3 – SSQ behandling af testgruppe B uden høreapparater

Ved at sammenligne testgruppe Bs angivelse med Gatehouse & Noble (2004), kan der ses en afvigelse på mange af spørgsmålene. Som ved testgruppe A er det også spørgsmål 6 og 10 som skiller sig ud. Det eneste spørgsmål hvor testgruppe B ligger over mean-værdien er ved brugen af telefon, hvor der ikke er baggrundsstøj, og det er alle tre besvarelser i testgruppe B som er over mean-værdien.



Tabel 4 – SSQ behandling, testgruppe B uden høreapparater og meanværdien fra Gatehouse & Noble (2004)

9. Diskussion

Undervejs i processen blev, der ved en fejl fundet frem til hvilken betydning stimulustypen har for, hvordan responset bliver. Men hvor stor indflydelsen er, er ikke undersøgt nærmere i dette studie. Det viste sig stor forskel på om der er benyttet et ægte talesignal eller et syntetisk fremstillet talesignal. Man kan spørge om man vil være sikker på at få et tydeligt respons, eller vil man arbejde med et virkelighedstro signal, som giver et mere uklart respons? Generelt set er det auditive system sensitivt, men i forhold til de anvendte sproglige enheder /ga/, /da/ og /ba/ kan det vise sig, der er en fejlmargen i dem. De anvendte stimuli var tiltænkt at ligne den almindelige kommunikation. I den almindelige kommunikation bruges begge ører til at lytte med, men i dette studie er hvert øre blevet målt og analyseret enkeltvis. Hvis man skulle lave testen igen, kunne det være spændende at undersøge om det har en forskel på latenstiden om der testes mono- eller binaralt. Ligeledes kunne det være spændende at undersøge nærmere, hvilken betydning signalets karakter har på responset i forhold til det, som blev opdaget i dette studie omkring et ægte eller syntetisk signal.

B2 og B3 nævnte, de ikke var i stand til at høre nogen af de tre sproglige enheder, men til trods for det, er der kommet et respons, lignende de andres respons. Betyder det, at det der subjektivt ikke vurderes hørt faktisk er hørt, eller er det med til at skabe forvirring i signalbehandlingen? I dette studie var formålet at undersøge sammenhængen mellem diskriminationsscoren og latenstiden, og dermed ikke et ønske om at lave en tærskelfastlæggelse af personens hørekurve. Jeg tror, de fleste kender at man bliver usikker på om man har hørt

hvad der bliver sagt, men det viser sig alligevel efterfølgende man har hørt det, og det kan være det B2 og B3 oplevede med de tre sproglige enheder. Vil man derfor kunne adskille den subjektive opfattelse af taleforståelsen og foretage en objektiv måling? Her vil mere forskning på området have sin berettigelse. For på hvilken måde vil der på baggrund af en objektiv måling kunne kompensere for den subjektive opfattelse af om talen er hørt eller ikke hørt.

Dette pilotprojekt er blevet gennemført med fast antal sweeps, en kort duration og en ISI på under det anbefalede, samt stimuli var ægte tale. Alle valg har haft betydning for responserne, men hvilke ændringer vil en længere ISI, flere sweeps og en længere duration have? Det vil være spændende at undersøge, hvilken betydning de enkelte elementer har på responset. Det er tre parametre, som er afgørende for responset. Det viste sig ved databehandlingen at typen af stimulus har en stor betydning for responset, om der er tale om ægte tale eller syntetiske fremstillet tale.

Der blev i dette studie fravalgt at komme med angivelser af hvilke toppe og dale er hvilke, dette er gjort da dels materialet er meget usikkert, dels da jeg ikke har en tilstrækkelig erfaring med arbejde med cABR måling og dermed angive hvilke toppe og dale har hvilket responsnummer. Desuden er der et ønske om, at der udarbejdes en analysemodel som standard, for det kan anvendes som et klinisk redskab (Skoe *et al*. 2011).

Testgruppe B fik foretaget en klik ABR, men det blev ikke gjort på testgruppe A's deltagere. Dette fravalg er gjort med to begrundelser. Det første var den samlede testtid for hver person, det måtte ikke blive en for lang testsession, for deltagerene deltog frivilligt. Og den anden begrundelse er den forskel som er på et klik og en cABR, vil det betyde at man kan anvende klik som reference for hvor normalområdet er? Man kunne med fordel have testet testgruppe A med en klik ABR, for at se om de har normale responser på en ABR.

Der blev til dette studie anvendt den svenske talebanan, til at angive i hvilket frekvensområdet konsonanterne er beliggende. Det betyder derfor den samlende fundamental frekvens er uvis i dette studie. Det kan have betydning for hvilken responstid, der kan forventes i forhold til teorien omkring af Von Bekésky (Pickles, 2013).

10. Konklusion

Formålet med dette studie var at undersøge om det var muligt at se forsinket respons ved en cABR hos personer med en lav DS %, det er tendenser der peger i retning af det. Hos testperson B2 var det muligt at se en forskel i responstider, hvor det øre med normal DS % lignede de normalhørendes, mens det højre øre med en meget lav DS % viste et mere uklart respons. Det har dog på baggrund af dette studie ikke muligt at fastslå en lav DS % er lig med forsinkede responstider, da cABR materialet er for smalt. Det er en test som er lavet

på tre personer, og den er udført én gang pr. person, der har dog ikke været mulighed for at udvide testgruppen, grundet specialetiden.

Det andet undersøgelsesspørgsmål, om det var muligt at se en korrelation mellem den forventede forsinkede latenstid med de ord, der er blevet scoret forkert i diskriminationsscore testen er ikke blevet undersøgt, og derfor er det ikke muligt at konkludere på det. Grunden til det ikke er undersøgt er fordi det viste sig ikke at være muligt at få ordlisterne med korrekte og forkerte ord for testgruppe B's diskriminationsscore test. Ved det ikke har været muligt at foretage analyse på dette område, viser det studie at der er tendens til at der kan måles for latenstiderne om der er en lavere DS %, men om der er sammenhæng mellem DANTALE og cABR er endnu uvist. Det kunne have været spændende at undersøge, om testgruppe B havde forkerte DANTALE ord begyndende med /ga/, /da/ eller /ba/, eller om der er et mønster i hvilke deres svares forkert i forhold til de tre sproglige enheder.

Den subjektive opfattelse af diskriminationsevnen viste hos testgruppe B ud fra SSQ-spørgeskemaet en meget lav score. Med undtagelse af ét spørgsmål var de 13 andre under mean-værdierne. Om den subjektive opfattelse kan måles med en objektiv analyse af respons målt på hjernestamme niveau er ikke til at afvise eller bekræfte grundet den usikkerhed, som responser fra cABR målinger har givet. Det giver en indikation af hvordan høreapparatsbrugeren selv opfatter sin evne til at følge med i samtalen på tomandshånd eller med flere, i rolige omgivelser eller med baggrundsstøj. Det er muligt på baggrund af dette studie at udlede et talesignal er komplekst opbygget og det er en kompleks bearbejdning som hjernen fortager af signalet. Forståelsen af tale er grundessensen af kommunikation, og dette studie bekræfter betydning optimale lydlige forhold har for høreapparsbrugerenes subjektive opfattelse af kommunikation, der foregår.

11. Perspektivering

I dette studie har der været forsøgt at tage forbehold for forskellen på mænds og kvinders stemmer, ved at begge talere ved undersøgelserne var kvinder. Ved den syntetiske /ba/ er det en mands stemme, det er der ikke blevet analyseret nærmere på, men det vil være noget som vil være oplagt at gøre, om stemmen har en indflydelse på forståelsen og latenstid.

Ved at testgruppe B udfyldte SSQ-spørgeskemaet i forhold til om de anvender høreapparater eller ikke, viser det den forskel om høreapparater giver, men at et høreapparat ikke betyder at man vil komme på niveau med testgruppe A. Samtidig viser studiet også selvom personerne anvender høreapparater, opfatter de forsat problemer med at følge med i kommunikationen. Det er en problemstilling, som forsat kræver mere viden for at kunne komme nærmere en fuldstændig kompensering ved brug af høreapparater.

Det kunne være spændende at lave pilotprojektet igen, men denne gang hvor der anvendes en længere duration end 75 ms. For at undersøge hvilken betydningen af duration har på latenstiden, og om det kan betyde, der kan opnås en reproducerbarhed. Ligeledes vil et studie med fokus på ægte tale versus syntetisk tale være et spændende forskningsområde at tage fat på. Al kommunikation er baseret på ægte tale, så det vil derfor være grundlæggende at testmaterialet er så virkelighedstro som muligt. For hvilken effekt vil det have, hvis testsituationen viser en høreapparatsbruger klarer sig perfekt, mens det ikke forholder sig sådan i virkeligheden. Det gør sig også gældende modsat, at testsituationen ikke skal vise et dårligere billede end hvad der sker i virkeligheden. Hvordan vil der kunne udarbejdes tests, som tester det som skal undersøges samtidig med at de er virkelighedstro?

Det kunne være spændende at lave testene igen, hvor der er muligt at undersøge om der er en sammenhæng mellem de forkerte ord i diskriminationsscore testen og latenstiden for cABR målingen. Endvidere kunne det være spændende at se om det er muligt at lave cABR målinger på mere højfrekvente sproglyde, som er en del af kommunikationen, for at som om det er muligt og hvordan det auditive system behandler den type af information.

Et redskab jeg har savnet, har været en dansk model af talebananen. I studiet har der været anvendt en norsk og svensk talebanan. Der er både ligheder mellem de nordiske sprog, men der er også forskelle, derfor er det en tilnærmelse af i hvilket frekvensområdet konsonanterne er beliggende, som er gjort i studiet her.

12. Litteraturliste

12.1 Bøger

- Burkard *et al*. (2007). ”*Auditory evekod potentials basis princeples and clinical application”*. Wolters Kluwe| Lippincott, Willians & Wilkins. The point. 2007.
- Christensen, R.,Z. & Christensen, L. (2009) ”*Dansk grammatik”*. Syddansk universitetsforlag. 2.udgave 2009. side 15-26.
- Gelfant, A. S (2009). ”*Essentials of Audiology”* Third Edition 2009. Thime
- Grønnum, N (2007). *”Rødgrød med fløde”*. Akademisk forlag 2007.
- Jakobsen, H.G. & Skyum-Nielsen, P (2010). ”*Dansk sprog – en grundbog”*. 2. udgave, 2. oplæg. Schønbergs forlag. 2010. Side 218-238.
- Pickles, J.O. (2013). ”*An introduction to the physiology of hearing”* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.
- Zemling, R., W (2011). ”*Speech and Hearing Science anatomy and psysiology”*. 4th Edition 2011. Pearson

12.2 Artikler

- Akhoun *et al*. (a) (2008). ”*The temporal relationship between speech auditory brainstem responses and acoustic pattern of the phoneme /ba/ in normal-hearing adults”*. Clinical Neurophysiology 119 (2008) 922-933. 2007 Internationsal Federation of Clinical Neurophysiology
- Akhoun *et al*. (b) (2008) ”*Speech auditory brainstem responses (speech ABR) characteristics depending on recordin conditions, and hearing status – An experimental parametric study”*. Journal of Neuroscience Methods 175 (2008) 196-205.
- Chandrasekaran & Kraus, 2010 ”*The scalp-recorded branstem response to speech: Neural origins and plasticity”*. Psychophysiol 2010; 47: 236-246
- DAS (2005), Dansk Akustik 1955-2005. Udgivet af Dansk Akustisk Selskab til 50 års jubilæet, januar 2005.
- Elberling *et al*. (2008) *”Auditory branstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects”*. J. Acoust. Soc. AM 124 (5), November 2008
- Elberling *et al*. (1989) ”*DANTALE: A NEW DANISH SPEECH MATERIAL”*. 1989, Scand Audiol 18: 169-175.
- Gatehouse & Noble (2004). ”*The Speech, Spatial and Qualites of Hearing Scala (SSQ)”*. International Journal of Audiology 2004; 43:85-99

- Greenburg, S (1980). ”*Temporal neural coding of* p*itch and vowel quality”* UCLA working papers in phonetics Number 52. December 1980.
- Hecox & Burkard (1982) ”*Developmental dependencies of the human brainstem auditoty evoked response”* 0077-8923/82/0388-0538 S1.75/0 (c) 1982, NYAS
- Hoedt *et al.*, (2006) ”*Vejledning i udredning af høreproblemer hos voksne*”. August 2006
- Hornickel *et al.*, (2009) ”*Subcortical differentiation of stop consonants relates to readin and Speech-in-noise perception”* PNAS, August 2009, vol 106 no 31, 13022-13027
- Johnson *et al*. (2008) ”*Brainstem encoding of voiced consonant-vowel stop syllables”* Clinical Neurophysiology 119 (2008) 2623-2635. 2008 International Federation of Clinical Neurophysiology
- Neely *et al*. (1988) *”Latency og audotory brainstem responses and otoacoustic emissions using tone-burst stimulu”* J. Acoust. Soc. AM 83 (2), February 1988.
- Russo *et al*. (2004) ”*Brainstem responses til speech syllables”* Clinical Neurophysiology 115 (2004) 2021-2030. 2004 International Federation of Clinical Neurophysiology
- Skoe *et al*. (2011). “*Cross-phaseogram: Objective neural index of speech sound differentiation,”* J. Neurosci. Methods 2011 March 30; 196(2), 308-317.
- Skoe & Kraus (2010). ”*Auditory Brain Stem Response to Complex Sounds: A Tutorial”* Ear & Hearing 0196/0202/10/31+3-0001/0. 2010 By Lippincott Williams & Wilkins.
- Song *et al.*, (2011). *”Test-Retest Reliability of Speech-Evoked Auditory Brainstem Responses in Young Adults”* . Clin Neurophsyiol. 2011 February; 122 82): 346-355
- Song *et al.*, (2010). ”*Test-retest reliability of the speech-evoked auditory brainstem response”.* Clinical Neurophysiology 122 (2011) 346-355. 2010 International Federation of Clinical Neurophysiology
- Spoendlin H (1979). ”*Sensory neural organization of the cochlea**”. The Journal of Laryngology and Otology September 1979. Vol 93. pp. 853-877
- Wagemann, P (2006) ”*Supporting sensor transduction: cochlear fluid homeostasis and the endocochlear potential”* J. Physiol 576.1 (2006) pp. 11-22.

12.3 Kilder i andre kilder

- Chandrasekaran and Kraus (2010). ”*The scalp-recorded brainstem response to speech: neural origins and plasticity”.* Psychophysiology 2010; 47: 236 -46 i Song *et al.*, (2010). ”*Test-retest reliability of the speech-evoked auditory brainstem response”.* Clinical Neurophysiology 122 (2011) 346-355. 2010 International Federation of Clinical Neuro-physiology
- Cone-Wesson *et al*., (1987). ”*Electrophysiologic assessment of auditory pathways in high-risk infants”.* Int J Pediatr Otorhinolaryngol 1987; 14: 203-14 i Song *et al*., (2011) *”Test-Retest Reliability*

of Speech-Evoked Auditory Brainstem Responses in Young Adults" . Clin Neurophsyiol. 2011 February; 122 82): 346-355

- Dallos, P (1988). "*Cochlear neurobiology: Revolutionary developments"* ASHA, 30, 50-56. 1988 i Gelfant (2009) "*Essentials of Audiology"* Third Edition 2009. Thime
- Davis, H (1983). "*An active process in cochlear mechanics".* Hearing Research, 9, 79-90. 1983 i Gelfant (2009) "*Essentials of Audiology"* Third Edition 2009. Thime
- Erulkar (1972). "*Compartive aspects of sound localization".* Physiol. Rev. 52: 237-359 i Greenburg, S (1980). "*Temporal neural coding of* p*itch and vowel quality"* UCLA working papers in phonetics Number 52. December 1980.
- Hall, (2006) "*New Handbook of Auditory Evoked Responses".* Boston: Allyn and Bacon i Skoe & Kraus (2010). "*Auditory Brain Stem Response to Complex Sounds: A Tutorial"* Ear & Hearing 0196/0202/10/31+3-0001/0. 2010 By Lippincott Williams & Wilkins.
- Hall (2006) "*New handbook for Auditory Evoked Responses"* Boston: Allyn & Bacon 354 i Gelfant (2009) "*Essentials of Audiology"* Third Edition 2009. Thime
- Harrison and Howe, (1974a) "*Anatomy of descending auditory system (mammalian)".* IN: Keidel, W.D., Neff W.D. (Eds), Handbook of Sensory Physiology vol. 5/1. Springer, Berling. Pp 363-388 i Pickles, (2013). "*An introduction to the physiology of hearing"* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.
- Hood, 1998. "*Clinical applications og the auditory brainstem response".* San Diego: Singular Pub. Group; 1998 i Skoe *et al*. (2011). "*Cross-phaseogram: Objective neural index of speech sound differentiation,"* J. Neurosci. Methods 2011 March 30; 196(2), 308-317
- Jacobsen (1985). "*The auditory brainstem response"*. San Diego: College Hill Press; 1985 i Song *et al*., (2011) *"Test-Retest Reliability of Speech-Evoked Auditory Brainstem Responses in Young Adults"*. Clin Neurophsyiol. 2011 February; 122 82): 346-355
- Martin *et al*., (1997) "*The effects of decreased audibility produced by high-pass noise masking on cortical event-related potentials to speech sound /ba/ and /da/".* J Acoust Soc Am 1997; 38:231-49 i Johnson *et al*. (2008) "*Brainstem encoding of voiced consonant-vowel stop syllables"* Clinical Neurophysiology 119 (2008) 2623-2635. 2008. International Federation of Clinical Neurophysiology
- McGee *et al*., (1996) "*Acoustic elements of speechlike stimuli are reflected in surface recorded responses over guinea pig temporal lobe".* J Acoust Soc Am 1996;99:2606-14 i Johnson *et al*. (2008) "*Brainstem encoding of voiced consonant-vowel stop syllables"* Clinical Neurophysiology 119 (2008) 2623-2635. 2008. International Federation of Clinical Neurophysiology
- Moore (1987) "*The human auditory brainstem as a generator of auditory evoked potentials"* Hearing Research, 29, 33-43 354 i Gelfant (2009) "*Essentials of Audiology"* Third Edition 2009. Thime

- Møller (2007). ”*Neural generators for auditory brainstem evoked potentials”* IN Burkard RF, Don M, Eggermont JJ (Eds.): Auditory Evoked Potentials: Basic Principles and Clinical Applications. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 336-354 i Gelfant (2009) ”*Essentials of Audiology”* Third Edition 2009. Thime
- Møller & Janetta (1985) ”*Neural generators of the auditory brainstem response”* in Jacobson JT (Ed.): *”The Auditory Brainstem Response”.* San Diego: College Hill, 13-31 354 i Gelfant (2009) ”*Essentials of Audiology”* Third Edition 2009. Thime
- Møller and Jannetta, (1985). ”*Neural generators of the auditory brainstem responses”* IN: Jacobsen J, editor. ”*The auditory brainstem response”.* San Diego, CA: Collega Hill Press; 1985. p 13-32 i Song *et al.,* (2010). ”*Test-retest reliability of the speech-evoked auditory brainstem response”.* Clinical Neurophysiology 122 (2011) 346-355. 2010 International Federation of Clinical Neurophysiology
- Palmer & Russell, (1986) ”*Phase-locking in the cochlear nerve of the guinea-pig and its relation to the receptor potential of inner hair-cells”.* Hear Res 24, 1-15 i Pickles, (2013), ”*An introduction to the physiology of hearing”* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.
- Piction, 2010. ”*Human auditory evoked potentials”.* San Diego, CA: Plural Publishing Inc.; 2010 i Skoe *et al*. (2011). “*Cross-phaseogram: Objective neural index of speech sound differentiation,”* J. Neurosci. Methods 2011 March 30; 196(2), 308-317.
- Recio-Spinoso *et al*., (2005) ”*Wiener kernel analysis of responses to noise of chinchilla auditory-nerve fibre”*. J Neurophysiol 93, 3615-3634 i Pickles, (2013). ”*An introduction to the physiology of hearing”* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.
- Rudell (1987) ”*A fiber trat model of auditory brainstem responses”* Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 67, 53-62 354 i Gelfant (2009) ”*Essentials of Audiology”* Third Edition 2009. Thime
- Russell & Sellick, (1978) ”*Intracellular studies of hair cells in the mammalian cochlea”.* J Physiol 284, 262-290 i Pickles, (2013) ”*An introduction to the physiology of hearing”* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.
- Scherg & vonCramon (1985). ”*A new interpretation of the generators of BAEP waves I-V: Results of a spatiotemporal dipole model”*. Electroencephalographey and Clinical Neurophysiology, 62, 290-299 354 i Gelfant (2009) ”*Essentials of Audiology”* Third Edition 2009. Thime
- Schuknecht, H.F. (1960) ”*Neuroanatomical correlates of auditory sensitivity and pitch discrimination in the cat”* IN: Rasmussen, GL., Windle, W.f (eds), Neural Mechanisms of the Auditory and Vestbular systems (pp76-90). Thomas, Springfield i Pickles, (2013). ”*An introduction to the physiology of hearing”* 4th edition, Brill. Leiden, Boston 2013.

- Shannon *et al.*, (1995). ”*Speech recognition with primarily temporal cues”.* Science 1995270:303-304. [PubMed:7569981] i Skoe *et al*. (2011). “*Cross-phaseogram: Objective neural index of speech sound differentiation,”* J. Neurosci. Methods 2011 March 30; 196(2), 308-317.
- Steinschneider *et al*., (1993). ”*Temporal encoding of phonetic features in auditory cortex”. Ann NY Acad Sci 1993; 682:415-7* i Johnson *et al*. (2008) ”*Brainstem encoding of voiced consonant-vowel stop syllables”* Clinical Neurophysiology 119 (2008) 2623-2635. 2008. International Federation of Clinical Neurophysiology

12.4 Hjemmesider

- http://www.horselboken.se/faktadel/horselmatning/talbananen/ - den 19.4.2016
- http://www.sansetap.no/voksne-horsel/om/nedsatt-horsel/audiogram/talebanan/ - den 19.4.2016