

10016, 10027

## Test-Retest pålitelighet av TEN(HL)- testen på normalthørende:

- En kvantitativ studie av unge og eldre mennesker med maskerte TEN(HL)-terskler

Bacheloroppgave i Audiologi

Mai 2020



10016, 10027

## **Test-Retest pålitelighet av TEN(HL)- testen på normalthørende:**

- En kvantitativ studie av unge og eldre mennesker med maskerte TEN(HL)-terskler

Bacheloroppgave i Audiologi  
Mai 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for medisin og helsevitenskap  
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



Kunnskap for en bedre verden



Bacheloroppgave i Audiologi

**Test-Retest pålitelighet av TEN(HL)-testen på normalthørende:**

- En kvantitativ studie av unge og eldre mennesker med maskerte TEN(HL)-terskler

---

Test-retest repeatability with the TEN(HL) test using normal hearing subjects:

- A quantitative study of young and older people with masked TEN(HL)-thresholds

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Fakultetet for medisin og helsevitenskap (MH)

Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap (INB)

Studieprogram for audiologi (AUD)

BAU2017

**Kandidatnummer 10016 og 10027**

05.05.2020

## Sammendrag

Hensikt: Målet med studien var å undersøke korttids test-retest samsvar for TEN(HL)-testen for å avdekke normal variasjon mellom sesjoner, hvilke effekter TEN(HL)-nivået hadde på resultatene, og om man fant signifikante forskjeller hos aldersgrupper og mellom frekvenser.

Metode: Deltakerne besto av 19 normalthørende voksne i alderen 20-30 år (11 kvinner og 8 menn) med en gjennomsnittsalder på 24,3 år, og 17 normalthørende i alderen 60-80 år (10 kvinner og 7 menn) med en gjennomsnittsalder på 65,2 år. Deltakerne ble screenet med rentoneaudiometri og tympanometri. TEN(HL)-testen ble utført i to sesjoner à 20 minutter hver med en pause på minimum 10 minutter mellom sesjonene. Det ble testet på frekvensene fra 0.5 kHz til 4 kHz, og ved 30, 50 og 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Absolutt test-retest differanse ble deretter utregnet med bakgrunn i TEN(HL)-tersklene.

Resultat: Resultatene viste godt test-retest samsvar med en gjennomsnittlig absolutt differanse på 1,23 dB (20-30 år) og 1,18 dB (60-80 år). Det ble funnet tendens til økning av gjennomsnittlig differanse som effekt av nivå hos den eldre aldersgruppen, men ikke like stor hos den unge aldersgruppen. Nivået på maskeringen påvirket også TEN(HL)-tersklene som viste høyere verdier relativt til TEN(HL) ved økning av nivå hos aldersgruppen 60-80 år, men hos aldersgruppen 20-30 år var TEN(HL)-tersklene mer stabile. Denne trenden var delvis synlig i standardavviket for terskler. Det laveste TEN(HL)-nivået anvendt (30 dB HL/ERB<sub>N</sub>) viste lavest test-retest differanse og gjennomsnittlig terskel hos begge aldersgruppene. Aldersgruppen 20-30 hadde få terskler mer enn 2 dB over det nominale TEN(HL)-nivået i motsetning til 60-80 aldersgruppen hvor dette forekom oftere.

Konklusjon: Reproduserbarheten var svært god hos begge aldersgruppene med gjennomsnittlig differanse mindre enn ett audiometrisk trinn (2 dB). Større spredning i maskerte terskler fant sted ved økning av TEN(HL)-nivå hos begge aldersgruppene. Større differanse ved økning av TEN(HL)-nivå fant kun sted hos den eldre aldersgruppen (60-80 år).

## Abstract

Purpose: The aim of this study was to investigate the short-term test-retest repeatability of the TEN(HL)-test in order to map normal variations between sessions, effects of TEN(HL) level on the results, and whether significant differences were found in individual age groups and between frequencies.

Method: Participants consisted of 19 normal hearing adults between the ages of 20 and 30 years (11 women and 8 men) with an average age of 24,3 years, and 17 normal hearing adults between the ages of 60 and 80 years (10 women and 7 men) with an average age of 65,2 years. They were screened with pure-tone audiometry and tympanometry. TEN(HL) testing was performed in two sessions of approximately 20 minutes each, with a break of minimum 10 minutes in between. Masked thresholds were found from 500 to 4000 Hz at TEN(HL)-levels 30, 50 and 70 HL/ERB<sub>N</sub>. Absolute test-retest difference was calculated from the masked thresholds obtained.

Results: The results showed a good test-retest compliance with an absolute average difference of 1,23 dB (20-30 years) and 1,18 dB (60-80 years). A tendency was found for the increase of difference as effect of intensity with the 60-80 age group, but not as much in the 20-30 age group. The level of masking affected the TEN(HL) thresholds by getting a higher threshold according with the increase of intensity at the 60-80 age group, meanwhile at the 20-30 age group the thresholds were more stable. This tendency was also apparent with the standard deviations. The results from testing at 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> showed the lowest average test-retest difference at both age groups. The 20-30 age group had very few thresholds above 2 dB relative to the nominal TEN(HL)-level, unlike the 60-80 age group where this occurred more often.

Conclusion: The repeatability was considered very good at both age groups with mean difference less than the audiometric step size (2dB). Greater spread in masked thresholds occurred by increasing the TEN(HL)-level at both age groups. Greater differences when increasing the TEN(HL)-level occurred only at the 60-80 age group, whereas the 20-30 age group did not have the same difference.

# Innholdsfortegnelse

<b>1. Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Temaavgrensning og problemstilling	2
1.2 Begrepsavklaring	3
<b>2. Bakgrunn/teori</b>	<b>3</b>
2.1 Cochlea	3
2.2 Hårceller og hørselstap	4
2.3 Cochlear dead regions	4
2.4 Off-frequency lytting	5
2.5 Psykoakustiske tuning kurver	5
2.6 TEN-test	6
2.7 Test-Retest forskning på PTC og TEN(HL)-test	7
2.8 Hvorfor normalthørende?	8
2.9 Eldre personer	9
<b>3. Metode</b>	<b>10</b>
3.1 Valg av metode	10
3.2 Deltakere	10
3.4 Utstyr	12
3.5 Fremgangsmåte/gjennomføring	12
3.6 Pilot-testing	13
3.7 Behandling av resultater	13
<b>4. Resultater</b>	<b>13</b>
4.1 TEN(HL)-Terskler for 20-30 år gruppen	14
4.2 TEN(HL)-Terskler for 60-80 år gruppen	15
4.3 Test-Retest Differanse	17
<b>5. Diskusjon</b>	<b>19</b>
5.1 Maskerte terskler	20
5.2 Differanse	21
5.3 Effekten av økt intensitet	22
5.4 Kognisjon og alder	22
5.5 Uventede høye terskler	23
5.6 Resultatenes betydning for bruken av TEN(HL)-testen	23
<b>6. Metodekritikk</b>	<b>24</b>
6.2 Pilot	25
6.3 Deltakere	25
6.4 Uforutsette hendelser	25
6.5 Testere	26
6.6 Forhold og testmiljø	27
<b>7. Konklusjon</b>	<b>28</b>
<b>8. Litteraturliste</b>	<b>29</b>
<b>9. Vedlegg</b>	<b>32</b>



## 1. Innledning

*Cochlear Dead Regions* (CDR) har vært et begrep i audiologien i over 15 år. Det er gjort mye forskning på betydningen av en slik cochleær skade på persepsjon av lyd, og effekten av forsterkning i en død region. En CDR er et område på basilarmembranet med få, eller ingen fungerende indre hårceller eller auditive nevroner (Moore & Glasberg, 1997). Dette området er da i all hovedsak dødt med tanke på videreformidling av auditive signaler til cortex (Gelfand, 2016, s. 61-62).

CDR kan ikke diagnostiseres ved bruk av vanlig rentoneaudiometri da denne testen ikke er godt nok egnet til å oppdage døde regioner. Derfor har det blitt utviklet spesialtester, og en av disse testene er tatt i bruk klinisk da den er enkel og rask i bruk. Denne testen er basert på *Threshold Equalizing Noise*, og er kalibrert i dB HL-forkortet TEN(HL). TEN(HL)-testen er en test med tonedeteksjon hvor den spesielt utviklede TEN(HL) brukes som maskeringsstøy. Denne maskeringsstøyen er konstruert slik at personer med en CDR vil få en forhøyet terskel i forhold til personer med intakte indre hårceller ved frekvensen som testes (Moore, Glasberg & Stone, 2004). Det er denne testen som vil være gjenstand for nærmere fokus i denne oppgaven.

Å utrede for CDR er viktig da det finnes indikasjoner på at høreapparatforsterkning i en død region kan virke kontraproduktivt for taleoppfattelsen, og bør dermed unngås eller programmeres bedre, og tilpasses den/de døde regionene (Vickers, Moore & Baer, 2001; Vinay & Moore, 2007b, 2008; Cox, Alexander, Johnson & Rivers, 2011). Det blir da viktig å kartlegge eventuelle døde regioner i de tilfellene der man mener det kan forekomme.

Det viser seg at døde regioner er hyppig forekommende hos hørselshemmede. Vinay & Moore (2007a) fant at i hele 59% av tilfellene hvor en terskel var over 70 dB, var det i realiteten en død region ved den aktuelle frekvensen. Ved å teste 556 ører viste de at jo høyere høretersklene er, jo større er sjansen for at det er snakk om en CDR ved den aktuelle frekvensen. Gitt den hyppige forekomsten og konsekvensene av valg av forsterkning, burde det å påvise døde regioner være av stor interesse for et fagmiljø hvis hovedmål er å forsøke å tilrettelegge for at hørselshemmede får et høyere funksjonsnivå.

## 1.1 Temaavgrensning og problemstilling

TEN(HL)-testen er en relativt ny test i det audiologiske miljøet, da den nåværende versjon ble ferdigstilt i 2004. På denne tiden er det blitt gjort en del studier for å undersøke testens diagnostiske sikkerhet, samt bruksområde. I nevnte studier har det vært fokus på deltakere med sensorineurale hørselskader, og å finne nøyaktigheten av identifisering av døde regioner. Vinay & Moore (2007c) viste blant annet at pasienter med auditiv nevropati (AN) fikk høye maskerte terskler ved testing av TEN(HL)-testen. Dette betyr at TEN(HL)-testen også kan ha andre diagnostiske bruksområder enn kun CDR-deteksjon.

Det har ikke blitt gjort noen stor omfattende undersøkelse rundt normalverdier innenfor TEN(HL)-testen tidligere, men det ble gjort en undersøkelse med 15 deltakere med normal hørsel, hvor det ble testet ved 60 dB under utviklingen av testen (Moore et al., 2004). Vinay, Hansen, Raen og Moore (2017) testet en gruppe med 29 normalthørende i alderen 20-30 år, hvor det ble testet på 30, 50 og 70 dB HL. Hensikten med å bruke normalthørende var at man ønsket å se på hvordan TEN(HL)-testen oppfører seg i det man kaller naturtilstand.

Normalthørende personer er ikke påvirket av bredere auditory filters (se kap. 2.1) og andre typiske faktorer man ser hos hørselshemmede som kan tenkes å påvirke terskler og effektiv maskering.

Grunnen til at temaet er relevant for det audiologiske miljøet er for å skaffe en bredere forståelse av hvordan normalverdiene til en TEN(HL)-test ser ut. Ved å vite hvordan normalverdier ser ut, er det enklere å forstå når resultatene avviker fra normalen. For normalthørende forventes det at terskler ved TEN(HL)-testen er lik det nominale nivået på maskeringsstøyen, mens det ved en CDR forventes at tonen ikke er hørbar før den er minst 10 dB over dette nivået (Moore et al., 2004). Det betyr at det er et område på opptil 10 dB mellom normalnivået og funn av CDR. Moore, Huss, Vickers, Glasberg & Alcántara (2000) skriver at personer med diverse sensorineurale hørselstap kan ha opphøyde terskler som befinner seg i dette mellomområde. Det ble eksempelvis funnet opphøyde terskler i dette området hos normalthørende personer med tinnitus, så det kan tenkes at TEN(HL)-testen kan indikere en form for tidlig neural eller cochleær skade hos personer som har et normalt audiogram (Buzo & Carvallo, 2014). For at det da skal være mulig å skille slike tilfeller fra personer uten skader, er det en forutsetning at normalverdiene for testen ligger nært nivået på TEN(HL) slik at det blir en tydelig grense mellom normale og unormale resultater. Resultatene må også være reproducerbare. Dette er det vi ønsker å finne ut av i denne

bacheloroppgaven. Ved å teste TEN(HL)-testen på normalthørende mennesker i to forskjellige aldersgrupper ønsker vi å få en bredere forståelse av normaldataen til TEN(HL)-testen.

**Problemstillingen lyder som følger:** Hvor stor variasjon er det mellom test og retest resultater med TEN(HL)-testen hos unge og eldre normalthørende?

## 1.2 Begrepsavklaring

Siden to forskjellige aldersgrupper deltar i dette forskningsprosjektet kommer vi til å omtale aldersgruppen på 20-30 år som *unge/ynge* og aldersgruppen 60-80 år som *eldre*. Begrepet *differanse* blir også brukt ofte i teksten. Det begrepet blir alltid å omhandle differansen mellom test-retest resultatene. Ved bruk av ordet *TEN(HL)-nivå* menes maskeringsnivå.

## 2. Bakgrunn/teori

### 2.1 Cochlea

Cochlea er det organet hvor lydbølger blir omgjort til elektriske nerveimpulser som tolkes av hjernen og omgjøres til det vi forbinder med hørsel. Det cortiske organet består blant annet av hårceller som hviler mot basilarmembranen (Møller, s. 11-17, 2013). Når ørebenskjeden presser mot det ovale vinduet skapes det bølger som beveger seg gjennom cochlea. Bølgene dannes på basilarmembranen. Spesifikke områder i cochlea tilsvarer diverse frekvenser, så når basilarmembranen beveger seg på gitte områder vil signalene bli omgjort til neural aktivitet som sendes videre til hjernen. Denne oversettelsen skjer i Cortis organ, som sitter på toppen av basilarmembranen og inneholder de indre hårcellene i cochlea. Ved lydstimuli og bevegelse på basilarmembranen beveger hårcellene seg og omgjør lydbølgene til neurotransmittere som sendes til hjernen for tolkning (Gelfand, 2016, s. 45-49).

Et signal som ankommer basilarmembranen som blir påvirket av funksjonene i cochlea før det sendes videre i hørselssystemet. Signalet filtreres gjennom auditory filters, som bestemmer hvor mye energi som skal slippe gjennom fra hvert frekvensområde. Hvis flere signaler havner i det samme auditory filteret vil det påvirke hverandre ettersom frekvensene bidrar til energi i de samme områdene. Nevnte funksjoner blir da svært sårbare hvis det oppstår skader i cochlea, og vi skal senere redegjøre for hvordan dette kan påvirke hørselen.

## **2.2 Hårceller og hørselstap**

To kjente og høyt forekommende faktorer som kan føre til slitasje og skader på hårcellene, er støyeksposering og økende alder, som begge fører til en type sensorineuralt hørselstap hvor skaden ligger i cochlea. Man deler ofte denne type hørselstap inn i nerveskader eller skade på hårcellene (Gelfand, 2016, s. 137-138,). Det finnes to typer hårceller, indre hårceller og ytre hårceller, og disse har fått navnet etter hvor på basilarmembranen de er plassert. Det finnes ca. 3500 indre hårceller og 12000 ytre hårceller, og alle er som nevnt sårbare mot skader, og kan ikke regenereres hvis de først blir skadet. Ofte er det de ytre hårcellene som blir skadet først (Gelfand, 2010, s. 34-35; Gelfand, 2016, s. 49-50). Hårcellene har ulike funksjoner, og de ytre hårcellene har til oppgave å forsterke og konsentrere lydbølgene langs basilarmembranen. På denne måten sørger disse blant annet for god hørbarhet og frekvensselektivitet. De indre hårcellene fanger opp nevnte koder og sender deretter signalene videre til hjernen som dekode og gjør den neurale aktiviteten om til lyd slik vi kjenner den (Møller, 2013, s 17). Ettersom de to hårcelletypene har forskjellige funksjoner, er det dermed viktig hvilke av de to typene som blir skadet når man snakker om hårcelleskader.

Skade på de ytre hårcellene kan ikke gi større hørselstap enn ca. 50dB i lave frekvenser og 65dB i høye frekvenser, og et hørselstap større enn dette vil mest sannsynlig komme fra de indre hårcellene. Dermed vil høreterskler som er cochleære over 50dB i bassen og 65dB i diskanten ofte kunne kobles til de indre hårcellene og en eventuell patologi der (Moore, 2001, s. 3). Skadelig støypåvirkning vil som regel gå utover de ytre hårcellene, og så etter hvert over på de indre, da disse er mer robuste enn de ytre. Vinay og Moore (2007c) skriver at hvis et audiogram viser et fallende sensorineuralt hørselstap hvor tersklene er 70 dB eller mer, kan man mistenke CDR.

## **2.3 Cochlear dead regions**

CDR blir ofte definert som et eller flere steder i cochlea hvor de indre hårcellene er så skadet eller nedslitte at det ikke lenger er mulig å sende informasjon videre. En slik slitasje påvirker også synapsene mellom hårcellene og de auditive nevronene, som igjen fører til at lyden ikke når auditive cortex (Moore, 2001; Summers, 2004; Taylor og Mueller, 2017, s. 184). Spesielle frekvenser blir da vanskelige å oppfatte for pasienten fordi et stimuli ikke blir ordentlig hørt. Cochlea er kortikal og hver frekvens har hver sin plassering med tilhørende neuroner. CDR

kan finnes i områder i cochlea som håndterer bassen, midtfrekvensene og de høyfrekvente delene. Man kan ha ett eller flere områder med ødelagte indre hårceller (Moore, 2001). Hvor i cochlea de døde regionene oppstår, er avhengig av hørselstapet, men Vinay og Moore (2007a) viste at det var høyest forekomst i den basale delen av cochlea, hvor de høyfrekvente lydene blir registrert. CDR kan skyldes bruk av ototoksiske medisiner, støyeksponering eller genetiske årsaker. Det er usikkert hva prevalensen på CDR er, men Taylor og Mueller (2017, s. 186) fant at tallene varierer mellom 30% til 80%, mens Vinay og Moore (2007c) oppgir at prevalensen er på ca. 50% av de med fallende sensorineurale hørselstap. Forekomsten er observert i alle aldre.

## **2.4 Off-frequency lytting**

Off-frequency lytting er et fenomen hvor cochlea likevel fanger opp lyder som den døde regionen skulle kodet. Hos mennesker med CDR oppstår off-frequency lytting fordi det er få eller ingen fungerende hårceller i det området av basilarmembranen hvor registrering av lyd skulle foregå, men de nærliggende friske hårcellene i cochlea som egentlig er ansvarlig for et annet frekvensområde fanger opp basilarmembranens vibrasjoner i stedet. For eksempel vil det ved testing av en 2000 Hz-tone i forbindelse med rentoneaudiometri kunne bli oppfattet en lyd av personen som blir testet. De friske nærliggende indre hårceller som er ansvarlig for for eksempel 1800 Hz-området i cochlea, vil da fange opp vibrasjonene på basilarmembranen der de døde regionene ikke er i stand til å gjøre dette (Moore, 2001, s. 2; Gelfand, 2016, s. 290). Dette kan føre til at man oppnår terskler ved den gjeldende testfrekvensen likevel (Gelfand, 2016, s. 289-290). Derfor må CDR diagnostiseres med spesialtester, som måling av psykoakustiske tuning kurver og TEN-test som det nå skal gjøres rede for.

## **2.5 Psykoakustiske tuning kurver**

Måling av psykoakustisk tuning kurver (PTC) kan benyttes til å utrede for CDR (Moore, 2001, s. 8; Zhang, Dorman, Gifford & Moore, 2014). Her brukes smalbandsstøy og en rentone som testmateriale. Rentonen avspilles ved et fast volum ved en testfrekvens i område man ønsker å teste for CDR. Smalbandsstøyens flyttes gjennom frekvensplanet og kurven viser det volumet som kreves for at smalbandsstøyen skal klare å maskere rentonen. Dette danner en karakteristisk V-form hvor tuppen av v'en vil ligge nærmere rentonefrekvensen hos personer med normal hørsel (Moore, 2001, s. 8; Markessis, Nasr-Addine, Colin, Hoonhorst, Collet,

Deltenre, Munro & Moore, 2009; Zhang et al., 2014). Å måle PTC blir generelt sett på som gullstandarden for å mest nøyaktig identifisere CDR, men denne målingen er tidkrevende, og er derfor lite egnet til klinisk bruk (Greenwood, 1971; Kluk og Moore, 2005).

## 2.6 TEN-test

TEN-testen fungerer på en litt annen måte enn PTC-målinger, og er i dag den mest utbredte testen som enkelt kan gjennomføres klinisk for å stille diagnose og vurdere omfanget av de døde regionene (Moore, 2001, s. 11). I prinsippet er denne testen lik rentoneaudiometri, men det testes med maskeringsstøy ipsilateralt i stedet for kontralateralt (Jacob, Fernandes, Manfrinatio & Íorio, 2006) og man tester i 2 dB trinn i motsetning til ved rentoneaudiometri hvor man tester i 5 dB trinn. Støyen som brukes er utviklet slik at normalthørende vil få rentonetersklene sine maskert ved samme lydnivå som man avspiller maskeringsstøyen, og testen har derfor fått navnet threshold equalizing noise-test (Moore et al., 2000, s. 207). Lydnivåene testen utføres på har fått betegnelsen dB HL/ERB<sub>N</sub>. ERB står for equivalent rectangular bandwidth og beskriver lydtrykket i et auditory filter som om det hadde hatt rektangulær form (Moore, 2007, s. 55) og ERB<sub>N</sub> er gjennomsnittsverdien av ERB for unge personer med normal hørsel målt ved moderat lydstyrke (Moore, 2013, s. 76). Grunnen til at dB HL/ERB<sub>N</sub> blir brukt som betegnelse er fordi et støybånd med en bredde lik ERB<sub>N</sub> omtrentlig vil maskere en rentone når støyen og rentonen har samme lydnivå ved 1000 Hz (Moore, Killen & Munro, 2003, s. 466).

TEN-testen fungerer slik at man sender inn en tone for å sette basilarmembranen i bevegelse slik at de indre hårcellene skal sende lyden videre til hjernen. Der det eventuelt finnes døde regioner vil tonen sette basilarmembranen i bevegelse og tonen vil være sterk nok til at sidefrekvensene fanger opp lyden. Vibrasjonene i de andre frekvensområdene vil være svakere på dette punktet enn de normalt sett ville vært om tonen var ment å sendes dit. Det vil si at det skal mindre lydstyrke til for å maskere den reduserte responsen fra off-frequency lyttingen. Hvis tonen skal høres over maskeringsstøyen må rentonens styrke økes, og dette er prinsippet TEN-testen bygger på. Om tonen er markant høyere enn maskeringen indikerer dette en død region (Moore et al., 2004, s. 207). Når man skal tolke resultatene er det to ting som kan bekrefte døde regioner, og kriteriene for en død region på en bestemt frekvens blir indikert med en maskert TEN(HL)-terskel som ligger 10 dB over rentoneaudiometri-terskelen og 10 dB over det nominelle støynivået til TEN(HL) (Moore, 2004; Zhang et al., 2014).

Den første TEN-testen ble tatt i bruk i år 2000. Da testen først kom var den kalibrert for SPL, og man kunne bruke den på testfrekver mellom 250-10000 Hz. Det var flere ulemper med den første utgaven av testen, blant annet at verdiene var oppgitt i SPL. Fordi rentoneaudiometri normalt blir utført i dB HL, måtte man utføre en ny rentoneaudiometri i dB SPL for å kunne sammenligne de umaskerte og maskerte tersklene. På grunn av dette var det mulig å teste frekvensene mellom 250 til 10000 Hz da maskeringsstøyen var bred nok til å dekke et så stort spekter, noe som førte til høy opplevd lydstyrke for personen som ble testet. Av den grunn var det ikke sikkert at man kunne benytte sterkere intensitet enn 80 dB/ERB<sub>N</sub>. I 2004 kom TEN-testen kalibrert i dB HL, og man slapp dermed å foreta en ny rentoneaudiometri for å finne en umaskert høreterskel før man gjennomførte TEN-testen. I tillegg endret man på støybandet til å omfatte 345-6500 Hz, noe som førte til at problemet med høy lydstyrke ble bedre og man kunne dermed teste på høyere nivåer. Ettersom man begrenset båndbredden kunne man nå kun teste på frekvensene 500-4000 Hz (Moore et al., 2004).

Både TEN(SPL) og den nåværende TEN(HL) er mindre tidkrevende enn PTC-måling (Moore, 2001, s. 8; Zhang et al., 2014) og gjør seg dermed bedre klinisk. Det anslås at det tar fem minutter å teste alle syv frekvenser på ett øre per testnivå (Moore et al., 2004). Gyldigheten av TEN-testen har blitt undersøkt ved å sammenligne resultatene med de resultatene som ble gitt ved PTC-testing (Cox et al., 2011). Det diagnostiske kriteriet for en død region er altså godt dokumentert og derfor lite debattert.

## **2.7 Test-Retest forskning på PTC og TEN(HL)-test**

Selv om de diagnostiske kriteriene er godt dokumentert, er det imidlertid et spørsmål om resultatene er reproducerbare eller om det er store avvik mellom målinger. Store avvik kan knytte usikkerhet til diagnostiseringen.

Pepler, Munro, Lewis og Kluk (2014) har test-retestet både TEN(HL) og PTC for å sjekke blant annet påliteligheten til testene og om resultatene fra disse gir like grunnlag for diagnostisering. 47 høreapparatbrukere gjennomførte PTC-testen med maskering på 40 eller 50 dB, alt ettersom hvor stort hørselstap de hadde. Test-retestingen foregikk etter hverandre, med en pause i mellom. PTC-testen viste sammenfallende resultater hos alle subjektene på test og retesten. Malicka, Munro og Baker (2009) testet PTC på 12 normalthørende barn i skolealder 7-10 år, ved testfrekvensene 1000 og 4000 Hz og med maskering og tonestimuli på 10 dB. En kontrollgruppe på 5 personer i alderen 25-32 år ble også brukt. Malicka et al.

(2009) fant at det var samsvar mellom test-retest, men at det hos barna var en større differanse mellom test-retest. Det viste seg at PTC var raskere til å diagnostisere døde regioner enn det TEN(HL)-testen var.

Det har tidligere blitt gjennomført flere studier av reproduserbarheten av TEN-terskler hos hørselshemmede, der fokuset har vært om diagnosen blir endret ved retest. Cairns, Frith, Munro og Moore (2007) testet to grupper, hvor den ene gruppen bestod av 15 tenåringer med alvorlig hørselstap, og den andre gruppen bestod av 20 eldre mennesker med hørselstap forenlig med presbycusis. Samtlige ble retestet innen fem dager. Det viste seg at den klare majoriteten av ørene som fikk endret diagnose fra død-region til ikke-død region ved retest, var de som bare akkurat oppfylte CDR-kriteriene ved en isolert frekvens. Samsvaret mellom test og retest var for øvrig svært god. De samme erfaringene fant også Markessis et al. (2009) med sine studier hvor 23 hørselshemmede voksne ører rapporterte at i 91% av tilfelle var diagnosen uendret ved retest som ble utført påfølgende dag. Vinay et al. (2017) testet to grupper normalthørende, hvor den ene gruppen bestod av 29 testpersoner mellom 20 og 29 år, og den andre gruppen bestod av 8 testpersoner mellom 41 og 58 år. Gjennomsnittet på test-retesten lå opptil 0 dB for alle testfrekvensene og alle tre nivåene på begge ørene, på begge aldersgrupper. Dog lå tersklene på +2 dB HL på 3000 og 4000 Hz, noe Vinay et al. (2017) diskuterte om burde vært med i kalibreringen av testen. Likevel viste det seg at test-retest-påliteligheten var god. Pepler et al. (2014) fant også en god test-retest sammenheng da de testet 47 høreapparatbrukere for døde regioner hvor 97% fikk stilt samme diagnose under test og retest.

Foreløpige konklusjon er dermed at TEN(HL)-testen gir resultater med stor grad av reproduserbarhet hva diagnose angår. Er dette også tilfelle hvis man ser på reproduserbarheten av de maskerte tersklene hos normalthørende?

## **2.8 Hvorfor normalthørende?**

Fra tidligere studier har man funnet ut at man kan forvente 10 dB høyere terskel enn absolutt terskel, og 10 dB over TEN-nivået hvis pasienten har CDR eller AN (Vinay & Moore, 2007b). Det antas at normalthørende personer har maskerte terskler som er lik TEN-nivået (Moore et al., 2004).



Det er tidligere blitt testet personer med normal hørsel og tinnitus, for å se deres testresultater opp mot normalthørende uten tinnitus. Buzo og Carvallo (2014) fant her en signifikant forskjell fra spesielt 1000 Hz og oppover. Subjektene med tinnitus fikk plassert sin tinnitus i disse områdene gjennom pitch matching. Tinnitusgruppen opplevde mer effektiv maskering enn kontrollgruppen med støy utenfor rentonens frekvens (Buzo & Carvallo, 2014). Det er tidligere indikert at tinnitus ofte oppstår som en følge av skade eller endringer i cochlea eller nervebanene (Møller, s. 95, 2011; Henry, Roberts, Caspary, Theodoroff & Salvi, 2014), og skadene er i mange tilfeller usynlige ved vanlig rentone, men viser seg ofte ved diverse spesialtester (Henry et al., 2014).

Resultatene kan tyde på at tinnitusgruppen kan være påvirket av bredere auditory filters som følge av skade på de ytre hårcellene og en til dels svekket funksjonsevne hos de indre, selv om de har normale høreterskler (Buzo & Carvallo, 2014). Med tanke på studien nevnt ovenfor er det mulig å anta at TEN(HL)-testen kan avdekke tidlig skade i det perifere hørselssystemet ved å vise forhøyede terskler hos personer med normalt audiogram. For å kunne muliggjøre en bedre oversikt må normale terskler ved TEN(HL)-testen defineres klarere enn hva som er tilfellet til nå, og videre forskning er nødvendig for å få sikrere resultat og kunnskap.

## **2.9 Eldre personer**

Per i dag finnes det ikke normativ data for TEN-testen hos normalthørende eldre mennesker fordi det er kun testet på grupper med hørselsproblematikk. For å få en større forståelse av testens pålitelighet og bruksområde er forskning på normalthørende eldre noe som mangler for å gi større kunnskap om testen. Den eldste personen som er dokumentert testet, er 58 år og hadde normal hørsel (Vinay et al., 2017). Vedkommende deltok i en liten gruppe på 8 deltakere hvor alderen spredte seg fra 41-58 år, og det er derfor ønskelig å teste en større gruppe med mennesker for å få en bredere og mer pålitelig gruppe.

Presbycusis er ofte utbredt hos eldre personer, og dette fører i stor grad til et høydiskant cochleært hørselstap (Gelfand, 2016, s. 169). Presbycusis forårsakes blant annet av degenerering av celler som skjer av seg selv når kroppen eldes, og vil gå utover hørselen og taleforståelsen. Vil denne gradvise endringen i hørselsbanene kunne sees på TEN(HL)-resultater selv om hørselen er tilsynelatende god? For å vite hva som er unormalt er man nødt

til å vite hva normalen er, og mer forskning på temaet vil kunne hjelpe å kalibrere testen og hvordan tersklene er hos eldre personer.

### 3. Metode

#### 3.1 Valg av metode

Den mest hensiktsmessige metoden for å kunne svare på problemstillingen, var en kvantitativ metode, fordi den gir målbare og tallfestede verdier som man kan gjøre utregninger av (Dalland, 2014, s. 112-113). Skal man undersøke normal variasjon for en populasjon, og påliteligheten til en test over flere sesjoner, er man nødt til å utføre testen på lik måte to ganger på samme subjekt med et gitt tidsintervall.

#### 3.2 Deltakere

To deltakergrupper på totalt 46 personer ble testet. Den ene gruppen bestod av 20 deltakere (12 kvinner og 8 menn) hvor alle var mellom 20 og 30 år (gjennomsnittsalder = 24,3 år, standardavvik = 2,94 år). Den andre gruppen bestod av 26 deltakere (16 kvinner og 12 menn) hvor alle var mellom 60 og 80 år (gjennomsnittsalder = 65,2 år, standardavvik = 5,69 år).

Deltakerne ble rekruttert blant medstudenter, i forfatternes omgangskrets, utlysning på facebook.com, samt utlysning på NTNU sine interne kommunikasjonsplattformer.

Av opprinnelig 92 ører ble 24 ører diskvalifisert da de ikke bestod screeningtesten enten bilateralt eller unilateralt. Fire testpersoner i aldersgruppen 60-80 år bestod kun screeningen på ett øre og disse er likevel tatt med i testen da det var to høyre-ører og to venstre-ører som var innenfor våre kriterier. Totalt ble det dermed testet 68 ører. 1 person i aldersgruppen 20-30 ble ekskludert, mens 9 personer i aldersgruppen 60-80 ble ekskludert.

Studiens hensikt var å undersøke testresultatene hos normalthørende, og hadde foruten alder kun inklusjonskriterier basert på audiologiske kriterier, som rentoneterskler, tympanometri og sykdomshistorie. Alle deltakerne som gikk videre til testing oppfylte disse kriteriene, og kan dermed klassifiseres som en del av den normalthørende befolkningen. Mange av deltakerne var eksterne testpersoner, enten tilknyttet NTNU, eller bekjente av bekjente. Derfor er det også en videre gruppe mennesker som er testet enn om vi hadde søkt innad i en intern sirkel.

### 3.3 Inklusjonskriterier

Det ble satt noen kriterier for deltakerne som skulle være med på forskningen. Vi testet to forskjellige aldersgrupper og kriteriet som ble satt for alder var mellom 20-30 år og 60-80 år. Vi testet disse spesifikke aldersgruppene fordi vi vil bruke testobjekter med ferdig modnet auditivt system, samt for å sjekke normaldata opp mot eldre personer (60-80 år) med normal hørsel.

Otoskopi ble gjennomført i starten av undersøkelsen for å finne ut om det var åpen øregang inn til trommehinnene, samt for å se etter eventuell patologi. Ingen testdeltakere ble ekskludert på grunn av for mye cerumen eller patologi i øregangen.

Tympanometri ble utført for å kunne bekrefte normal funksjon i mellomøret. Alle testdeltakerne hadde tympanogram av typen A, As eller Ad hvis man legger Gelfand (2016, s. 188) og DeRuiter & Ramachandran (2017, s. 36) sine verdier og kategorisering av tympanogram til grunn. Med andre ord vil det si at alle deltakerne hadde normalt mellomøretrykk, luftfylte mellomøre og en bevegelig nok trommehinne. Ingen ble utelukket fra testingen på grunnlag av tympanometrien, men tanken var å utelukke testpersoner med tympanogram type B eller C, da disse indikerer væske i mellomøret, undertrykk eller annen patologi.

I tillegg ble rentoneaudiometri utført i henhold til gjeldende norsk metodikk som er samsvarende med internasjonale standarder og er en modifisert versjon av Hughson-Westlake-metoden (Gelfand, 2016, s. 113). Tersklene for normale høreterskler ble satt til  $\leq 25$  dB HL på frekvensene 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 og 4000 Hz, noe som samsvarer med Gelfand (2016) sine verdier for normal hørsel. Pasienter som kun hadde godkjente verdier på ett øre ble også med videre i studiene og fungerende øre ble testet.

Spørreskjemaet ble kun benyttet for å kartlegge informasjon som kunne tenke seg å være relevant for resultatene, informasjonen vi samlet inn ga oss en mulighet til å snakke om mulig patologi og hvordan resultatene kunne bli påvirket. Ingen ble ekskludert fra studien på grunnlag av hva de svarte på spørreskjemaet.

### 3.4 Utstyr

Til rentoneaudiometri og TEN(HL)-testing ble det benyttet Otometrics Astera audiometer med TDH-39 hodetelefoner. Audiometeret ble valgt på grunnlag av at det var ett av to mulige audiometer, og Otometrics Astera audiometeret var det best kalibrerte. Audiometeret er kalibrert i henhold til ISO 389. Tympanometri ble gjort med GSI TymStar Pro. Otoskopi ble utført med håndholdt otoskop.

### 3.5 Fremgangsmåte/gjennomføring

All testing av deltakere ble gjort i perioden januar-mars 2020 ved studieprogram for audiologi sine fasiliteter ved fakultet for medisin og helsevitenskap, NTNU. TEN-testen ble testet på frekvensene 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 og 4000 Hz. 750 Hz ble ikke testet på alle deltakerne og dermed ekskludert fra resultatene (se kapittelet 6.4 metodekritikk). Samtlige av frekvensene ble testet på et mildt, moderat og høyt nivå, henholdsvis 30, 50 og 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> (Moore et al., 2004). Det laveste TEN(HL) nivået som ble benyttet, 30 dB HL/ERB<sub>N</sub>, var hørbart nok for alle deltakerne som var innenfor de audiometriske kravene som vi satt på forhånd. 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> ble testet fordi lydnivået er ganske høyt, men ikke høyt nok til at det er skadelig for hørselen ettersom lydstyrken kun er aktiv i korte øyeblikk av gangen (Vinay et al., 2017). Testen ble utført med bruk av 2 dB-trinn, samstemt med Moores et al. (2004) anbefalte prosedyre for å få så nøyaktige terskler som mulig.

I gjennomføringen ble deltakerne først bedt om å skrive under på et samtykkeskjema, før vi deretter utførte otoskopering, tympanometri, audiometri og TEN(HL)-test i den rekkefølgen.

Under TEN(HL)-testingen startet vi med å presentere stimuli 10 dB over TEN(HL) nivået, slik at stimulien var godt hørbar hos deltakerne. Stimulien ble deretter senket med 4 dB av gangen helt til deltakeren ikke kunne høre stimulien lenger. Videre økte stimulien med 2 dB helt til den var hørbar hos deltakeren igjen. Denne metoden ble utført helt til det var oppfattet tre konsekvente responser på det laveste dB-nivået som ble presentert. Det nivået som responsen ble registrert på, ble satt som terskel. I testsituasjonen ble det utført randomisering av rekkefølgen på testfrekvensene og TEN(HL)-nivået slik at testen skulle fremstå mest mulig uforutsigbar, og for å unngå utmattelse og tretthet på de samme frekvensene ved samme lydstyrke hos flere av deltakerne.

Forfatterne hadde faste oppgaver under testingen av deltakerne. Én hadde ansvar for utføring av otoskopering, tympanometri, pasientinstruksjon og notering av data, mens den andre hadde

ansvar for å utføre audiometri og TEN(HL)-test, samt retest. Dette ble gjort for å få mest mulig lik testing slik at det skulle bli minst mulig variasjon i resultatene. Under testing av både rentoneaudiometri og TEN(HL) ble terskler registrert og kontrollert fortløpende av testassistent. For å unngå *temporary threshold shift* (Dillon, 2012, s. 332) som følge av støyeksponering ble test/retest utført ved samme anledning. Mellom test/retest ble det gitt minst ti minutters pause til deltakeren. I gjennomsnitt ble det brukt omtrent 60 minutter per deltaker.

Ingen av deltakerne mottok noen form for betaling for sin deltakelse. Forskningsprosjektet er godkjent av regional etisk komité.

### **3.6 Pilot-testing**

Før testingen av testdeltakere ble satt i gang, ble en pilot-test gjennomført for å merke seg tidsbruk, se hvordan det i sin helhet ville utføres og hvordan testen vil føles for testdeltakerne samt kunne endre på utførelsen eller noe annet som skulle trenge. Etter gjennomføringen fikk testdeltakeren mulighet til å gi sitt overordnede inntrykk av hele prosessen. Basert på tilbakemeldingene og det faktum at man så at tersklene i snitt var tilsynelatende like gode når man gjentok testen, ble det fastslått at tre nivåer var gjennomførbart med tanke på tidsbruk og deltakernes konsentrasjonsevne. Deltakeren i pilot-gjennomføringen var audiologistudent.

### **3.7 Behandling av resultater**

Alle deltakerne ble registrert med et deltakernummer, alder, kjønn og screeningresultater. All databehandling ble utført i Microsoft Excel. Det ble regnet ut gjennomsnitt og standardavvik for alle deltakernes resultater i de respektive aldersgruppene, både sammenlagt for alle testfrekvenser og sammenlagt for alle TEN(HL)-nivåer. Det ble også regnet ut gjennomsnitt og standardavvik for differansen mellom test og retest i de respektive aldersgruppene. Det ble utført en paret t-test for å se om det var statistiske forskjeller mellom resultatene for test og retest. Signifikansnivået ble satt til  $< 0,05$ .

## **4. Resultater**

I påfølgende kapittel vil resultater i form av maskerte TEN(HL)-terskler for både test og retest presenteres. Først vil vi ta for oss testresultater for gruppen 20-30 år, og deretter gruppen 60-80 år. Til sist blir differansene mellom test og retest presentert.

#### 4.1 TEN(HL)-Terskler for 20-30 år gruppen

Tabell 1 viser gjennomsnitt av aldersgruppens TEN-terskler ved de forskjellige

testfrekvensene, samt standardavvik, og høyeste og laveste terskel fra test og retest for alle testede nivåer. Når man undersøker verdiene i tabell 1 ser man at gjennomsnittlig terskel for både test og retest for de to laveste nivåene ligger under eller er likt TEN(HL)-nivået ved samtlige testfrekvenser, og at laveste verdi var 6 dB under maskeringsstøyen, og høyeste verdi var 2 dB over TEN(HL)-nivå hos den yngste gruppen. Antall målte terskler for denne gruppen er til sammen 684.

Terskler som var 2 dB over TEN(HL)-nivåene ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> var sjeldne med en hyppighet på henholdsvis 3,2% og 4,9% av alle 684 godkjente terskelmålinger. For tersklene ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> var gjennomsnittet litt høyere enn maskeringsnivået ved flere testfrekvenser. Analysen viser at 5,2% av alle 684 målinger hadde terskler på 4 dB HL over dette TEN(HL)-nivået, 1,1% hadde 6 dB over og 0,2% hadde 8 dB over.

**Tabell 1:** Viser gjennomsnittlig terskel og standardavvik (S. D.), samt laveste og høyeste registrerte terskel for test og retest ved alle nivåer. 20-30 år.

Frekvens (Hz)		30 dB HL/ERB <sub>N</sub>				50 dB HL/ ERB <sub>N</sub>				70 dB HL/ ERB <sub>N</sub>			
		Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.	Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.	Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.
500	Test	28,36	1,85	24	32	48,00	1,80	44	52	67,78	1,78	64	72
	Retest	28,42	1,74	26	32	47,47	1,89	44	52	67,57	1,55	64	70
1000	Test	28,00	1,80	24	32	48,47	1,76	44	52	69,26	1,76	66	74
	Retest	28,10	1,73	26	32	48,52	1,89	44	52	68,94	2,16	64	74
1500	Test	28,10	1,60	26	32	48,84	1,44	46	52	69,26	2,29	64	74
	Retest	28,36	1,66	26	32	48,84	1,65	46	52	69,21	2,05	66	74
2000	Test	28,00	1,92	24	32	48,36	1,96	44	52	69,42	2,02	66	76
	Retest	27,84	1,70	26	32	48,21	1,37	46	52	69,68	2,20	64	76
3000	Test	28,42	1,86	24	32	48,78	1,57	44	52	71,21	2,65	66	78
	Retest	28,31	1,57	24	30	48,73	1,63	46	52	71,15	2,26	66	76
4000	Test	28,05	1,82	24	32	49,00	1,84	44	52	70,89	2,89	66	76
	Retest	27,73	1,81	24	32	48,47	1,94	46	52	70,31	2,96	66	78

Resultatene viste en trend i økning av gjennomsnittlig terskel i forhold til TEN(HL)-nivå når intensiteten på maskeringen steg. Dette var til en viss grad synlig mellom 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub>, men mer utpreget mellom 50 og 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> med en økning av gjennomsnittlig terskel relativt til nivå/ERB<sub>N</sub> på 1 dB. Verdiene viste også at standardavviket økte med TEN(HL)-nivå fra et gjennomsnitt på 1,76 og 1,73 dB ved 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> til 2,21 dB ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>.

Det viste seg også å være trender knyttet til testfrekvenser ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> hvor gjennomsnittlig terskel økte med frekvens. Det var en økning fra et gjennomsnitt på 67,67 dB HL for test og retest ved 500 Hz, til et gjennomsnitt på 70,60 dB HL ved 4000 Hz. Denne økningen fulgte frekvensene gradvis med unntak av ved 3000 Hz hvor gjennomsnittet var 71,18 dB HL. Denne trenden var ikke tilstede ved de lavere TEN(HL)-nivåene. Analyse av disse tersklene understreket dette ved å vise større forskjeller mellom gjennomsnittstersklene i hver ende av frekvensspekteret.

Med den høyeste registrerte terskel kun 6 dB over TEN(HL)-nivå var ingen av deltakerne innenfor å oppfylle kriteriet beskrevet av Moore et al. (2004) for å konstatere en CDR. Som nevnt er dette kravet en maskert terskel som ligger 10 dB over den absolutte terskel og 10 dB over det nominelle støy nivået til TEN(HL) (Moore, 2004; Zhang et al., 2014).

#### **4.2 TEN(HL)-Terskler for 60-80 år gruppen**

Tabell 2 viser gjennomsnittlige TEN-terskler, samt standardavvik, og høyeste og laveste terskel fra test og retest for alle testede nivåer hos deltakerne i den eldre aldersgruppen. Når man undersøker verdiene i tabell 2 ser man at gjennomsnittlig terskel for både test og retest for de to laveste nivåene ligger under eller er likt TEN(HL)-nivået ved samtlige testfrekvenser. Laveste verdi var 6 dB under TEN(HL)-nivå og høyeste verdi var 10 dB over TEN(HL)-nivå i den denne gruppen. Antall målte terskler for denne gruppen er til sammen 540.

Ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> var 0,5% av alle 540 målte terskler mellom 6 og 8 dB over maskeringsnivået og 2,6% av tersklene var 4 dB over maskeringsnivået. Ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> var tersklene i gjennomsnitt litt høyere enn maskeringsnivået i motsetning til ved de lavere TEN-nivåene unntatt ved 500 Hz. Analysen viser at det ved dette nivået var 7,7% av

tersklene som lå 6 dB over maskeringsnivå, 2,9% av tersklene lå 8 dB over maskeringsnivået, og 0,5% av tersklene lå 10 dB HL over maskeringsnivået.

**Tabell 2:** Viser gjennomsnittlig terskel og standardavvik (S. D.), samt laveste og høyeste registrerte terskel for test og retest ved alle nivåer. 60-80 år.

Frekvens (Hz)		30 dB HL/ERB <sub>N</sub>				50 dB HL/ ERB <sub>N</sub>				70 dB HL/ ERB <sub>N</sub>			
		Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.	Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.	Gj.snitt	S. D.	Min.	Max.
500	Test	29,13	1,35	28	32	48,66	1,51	46	52	69,40	2,17	66	74
	Retest	29,00	1,55	26	32	48,26	1,63	46	52	69,26	1,92	66	72
1000	Test	28,80	1,86	26	32	49,26	1,85	46	54	71,33	2,36	66	78
	Retest	28,40	1,52	26	32	48,66	1,60	46	52	70,66	2,48	66	78
1500	Test	28,46	1,25	26	30	49,06	1,14	48	52	71,40	3,28	66	78
	Retest	28,26	1,36	26	32	48,53	1,73	46	52	71,00	3,22	64	78
2000	Test	27,93	1,43	26	30	49,24	1,61	46	52	71,86	2,77	66	76
	Retest	28,00	1,28	26	30	48,60	1,75	46	54	72,13	2,34	68	76
3000	Test	28,60	2,11	24	34	49,33	2,12	46	54	73,33	2,69	68	78
	Retest	28,46	1,63	26	32	49,06	2,01	46	54	73,00	2,61	68	76
4000	Test	29,20	2,60	26	36	50,06	2,37	46	56	75,00	3,00	70	80
	Retest	28,86	3,04	24	38	49,40	2,17	46	54	74,00	2,87	68	80

Resultatene viste en trend i økning av gjennomsnittlig terskel i forhold til TEN(HL)-nivå når intensiteten på maskeringen steg. Det var til en viss grad synlig mellom 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub>, men mer utpreget mellom 50 og 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> med en økning av gjennomsnittlig terskel relativt til nivå/ERB<sub>N</sub> på 1 dB. Verdiene viste også at standardavviket økte med TEN(HL)-nivå fra et gjennomsnitt på 1,75 og 1,79dB ved 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> til 2,64 dB ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>.

Det viste seg også en trend i testfrekvens ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> hvor gjennomsnittlig terskel økte som effekt av frekvens, noe som var en tydeligere økning hos denne gruppen enn hos de yngre deltakere. Det var en økning fra et gjennomsnitt på 69,33 dB HL for test og retest ved 500 Hz, hvor 500 Hz var den eneste frekvensen hvor terskelen var under 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>, til et gjennomsnitt på 74,5 dB HL ved 4000 Hz. Denne trenden var ikke tilstede ved de lavere



TEN(HL)-nivåene hvor gjennomsnittene lå stabilt uavhengig frekvens. Analyse av tersklene understreket denne trenden ved å vise forskjeller mellom gjennomsnittstersklene i hver ende av frekvensspekteret. Det ble funnet gradvis økning i gjennomsnittlig differanse som effekt av nivå. Gjennomsnittlig differanse for alle testfrekvenser ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> var 1,10 dB mot 1,19 ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> og 1,28 dB gjennomsnittsdifferanse ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>.

Hos denne gruppen ble det funnet statistisk signifikante forskjeller mellom test-retest fire ganger, to ganger ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> og to ganger ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> ble de signifikante forskjellene funnet ved 2000 Hz ( $p=0,030$ ) og 4000 Hz ( $p=0,047$ ) mens det ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> ble funnet ved 1000 Hz ( $p=0,015$ ) og 4000 Hz ( $p=0,011$ ).

Med den høyeste registrerte terskel 10 dB over TEN(HL)-nivå var det ingen av deltakerne som oppfylte kriteriene beskrevet av Moore et al. (2004) for å konstatere en død region, at terskelen må være >10 dB over maskert TEN(HL)-terskel for å kunne kvalifiseres som en CDR.

Målingene ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> ga noe lave gjennomsnittsterskler i forhold til hva som var forventet hos begge aldersgruppene. Gjennomsnittet lå for dette nivået mer enn 1 dB under det nominale TEN(HL)-nivået for de fleste testfrekvensene i begge aldersgruppene. Dette nivået var også det med det laveste gjennomsnittlige standardavviket, selv om de høyeste testfrekvensene hos den eldre gruppen hadde større standardavvik enn hos de samme testfrekvensene hos de unge. Det viste seg dermed at 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> var det nivået hvor det var lavest sannsynlighet for at personer med normalt audiogram fikk terskler høyere enn det nominale TEN(HL)-nivået.

### **4.3 Test-Retest Differanse**

I følgende kapittel gjengis resultater fra analyse av test-retest differanse for TEN(HL)-testen. Resultatene ble produsert ved å subtrahere andre test fra første test, for så å fjerne eventuelt negativt fortegn for å få en absolutt differanseverdi. Gjennomsnittlig differanse og standardavvik mellom test og retest for alle testfrekvenser på tvers av nivå ble utregnet og vises i tabellene 3 og 4. Tabell 3 er for gruppen med deltakere i aldersgruppen 20-30 år, mens

tabell 4 er for aldersgruppen 60-80 år. Gjennomsnittlig differanse og standardavvik vises i tabell 3 (20-30 år) og tabell 4 (60-80 år).

**Tabell 3:** Gjennomsnittlig differanse og standardavvik (S.D.) mellom TEN test og retest i dB som funksjon av frekvens og intensitet. 20-30 år.

Frekvens (Hz)	30 dB HL/ERB <sub>N</sub>		50 dB HL/ERB <sub>N</sub>		70 dB HL/ERB <sub>N</sub>	
	Gj.snitt	S. D.	Gj.snitt	S. D.	Gj.snitt	S. D.
500 Hz	1,31	1,16	1,57	1,40	0,94	1,37
1000 Hz	1,26	1,34	1,05	1,20	1,47	1,28
1500 Hz	1,05	1,11	1,15	1,28	1,36	1,32
2000 Hz	0,94	1,01	1,00	1,20	0,94	1,20
3000 Hz	1,47	1,58	1,42	1,46	1,31	1,56
4000 Hz	1,05	1,37	1,42	1,30	1,52	1,50

Verdiene fra utregningen i tabell 3 viser at den største gjennomsnittsdifferansen ble funnet ved 500 Hz ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> med et gjennomsnitt på 1,57 dB variasjon i terskel. Den laveste gjennomsnittsdifferansen ble funnet ved 2000 Hz ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub>, 500 Hz ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>, og ved 2000 Hz ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> med et gjennomsnitt på 0,94 dB variasjon i terskel. Det ble ikke funnet noen statistisk signifikans mellom test-retest differansen hos den unge aldersgruppen.

**Tabell 4:** Gjennomsnittlig differanse og standardavvik (S.D.) mellom TEN test og retest i dB som funksjon av frekvens og intensitet. 60-80 år.

Frekvens (Hz)	30 dB HL/ERB <sub>N</sub>		50 dB HL/ERB <sub>N</sub>		70 dB HL/ERB <sub>N</sub>	
	Gj.snitt	S. D.	Gj.snitt	S. D.	Gj.snitt	S. D.
500 Hz	1,06	1,01	0,93	1,01	1,05	1,14
1000 Hz	0,86	1,25	1,26	1,22	1,06	1,14
1500 Hz	1,00	1,01	1,06	1,14	1,33	1,21
2000 Hz	1,00	1,14	1,20	1,24	1,33	1,51
3000 Hz	1,60	1,22	1,33	1,21	1,40	1,30
4000 Hz	1,13	1,35	1,33	1,32	1,53	1,63

Verdiene i tabell 4 viser at den største gjennomsnittsdifferansen fantes ved 4000 Hz ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> med et gjennomsnitt på 1,53 dB endring i terskel, mens laveste differanse var ved 1000 Hz ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> med et gjennomsnitt på 0,86 dB endring.

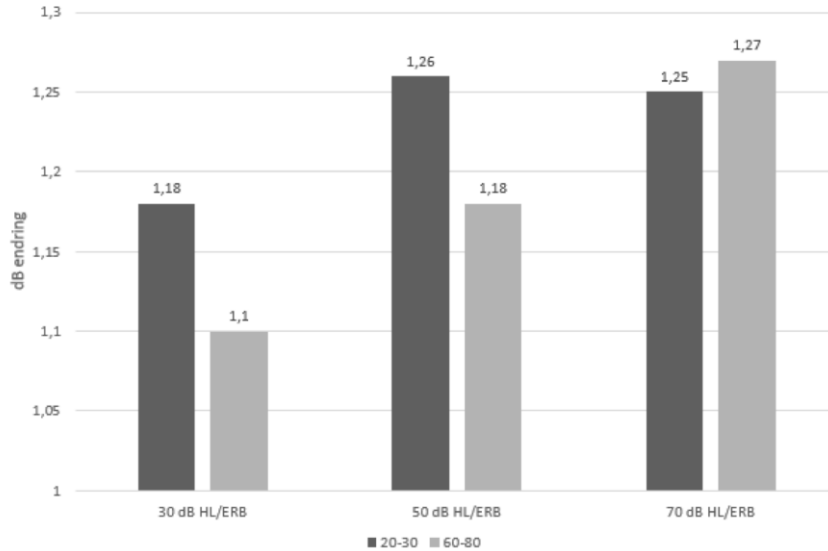


Fig. 1: Begge aldersgruppenes gjennomsnittlige differanser i dB mellom test og retest i de ulike TEN(HL)-nivåene.

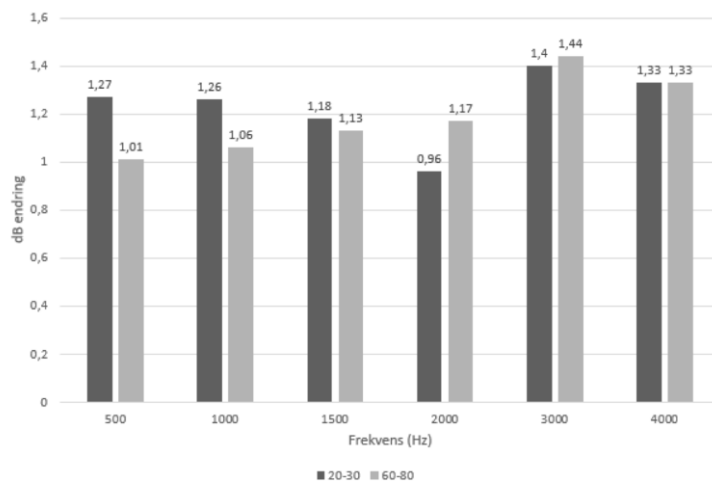


Fig. 2: Begge aldersgruppenes gjennomsnittlige differanser i dB for hver testfrekvens.

Til oppsummering så kunne vi se at resultatene viste en økning av gjennomsnittlig terskel etterhvert som intensiteten på TEN(HL)-nivå steg fra 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> til 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Dette var tydelig hos begge aldersgruppene, men det var en større stigning hos de eldre. Selv om gjennomsnittstersklene øker så ser vi at reproduserbarheten mellom test-retest aldri overskrider mer enn ett audiometrisk trinn (2 dB) i gjennomsnittlig differanse hos begge aldersgruppene.

## 5. Diskusjon

## 5.1 Maskerte terskler

Gjennomsnittstersklene fra målingene ved 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> viste seg å ligge under TEN(HL)-nivået jevnt over for begge gruppene, med unntak av 4000 Hz ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> med en gjennomsnittsverdi på 50,06 dB HL hos den eldste gruppen. Det var ved disse nivåene svært få terskler som lå mer enn ett audiometrisk trinn (2 dB) over TEN(HL)-nivået, og ingen terskler på mer enn 4 dB over. Disse resultatene stemmer godt overens med de resultatene Moore et al. (2000) fikk i sin kontrollgruppe da de i år 2000 utviklet den daværende TEN(SPL)-testen. Kontrollgruppen til Moore et al. (2000) hadde resultater som lå stabilt ved TEN(SPL)-maskeringsnivået på alle testfrekvenser på alle tre nivåer.

Verdiene fra 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> samsvarte godt med de initielle målingene utført av Moore et al. (2004) på normalthørende i utviklingen av dB(HL) versjonen av TEN-testen. Moore et al. (2004) utførte sine målinger ved 60 dB HL/ERB<sub>N</sub> og fant gjennomsnittlige terskler innen 0,7 dB under det nominale TEN(HL)-nivået, og fant relativt like standardavvik som ble funnet for mellomnivået i denne studien. Tersklene ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> var dermed i stor grad som forventet hos normalthørende.

Ved det høyeste nivået var det også en tendens til at tersklene økte som funksjon av frekvens, da de lyseste frekvensene har betydelig høyere gjennomsnittsterskler enn de lavere frekvensene. Denne effekten var fraværende hos de lavere nivåene hvor tersklene lå rundt samme nivå over hele frekvensspekteret, og ikke viste noen tydelig trend som effekt av frekvens. I Moore et al. (2000) heter det at ved effektiv maskering vil maskerte terskler ligge tett oppå TEN(HL)-nivået. Kontrollgruppen til Moore et al. (2000) bestod av tolv deltakere med normal hørsel og resultatene hos den eldre gruppen vi testet viker fra det Moore et al. (2000) kom frem til da vi, ut fra resultatene i denne oppgaven, ser at ved høy maskering vil det bli forhøyde terskler. Denne trenden ved økning av terskel som effekt av nivå ble også funnet av Vinay et al. (2017) da det ble testet en gruppe med normalthørende unge voksne. De så også samme trend som resultatene viser fra testingen av den yngste deltakergruppen i denne oppgaven.

Ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> er maksimal verdi for hver testfrekvens som regel nærmere TEN(HL)-nivået enn ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Videre var standardavviket for maskert terskel lavere og differansen mellom test og retest mindre. Dette viser at det laveste nivået er preget av minst

usikkerhet i resultatene, og gir det klareste definerte mellomområdet mellom normale verdier og CDR-diagnose. Skal man teste TEN(HL) på normalthørende som en del av en utredning er det sjeldent man vil få bruk for å teste ved nivåer høyere enn 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> ettersom resultatene viste seg å være langt mer fluktuerende og normalthørende mennesker uten patologi har god nok hørsel som fører til at man kan benytte seg av lavere testnivåer. At tersklene var mer samlet, og sjeldent over TEN-støyen, åpner for muligheten til å bruke TEN(HL)-testen ved lave nivåer for å finne andre diagnoser, som AN, som eventuelt måtte få utslag i forhøyede maskerte terskeler (Vinay & Moore, 2007c). Dette stemmer overens med Vinay og Moore (2007c) sine funn om at mennesker med AN trenger høyere signal to noise ratio (SNR) for å høre stimuli. For å illustrere kan man si at maskerte terskler på 36 dB HL ville vekket oppsikt og skilt seg klart fra normalfordelingen i denne studien, mens 76 dB HL er en verdi som forekom flere ganger hos begge gruppene. Videre må det understrekes at man ikke forventer CDR hos normalthørende. Vinay og Moore (2007a) fant tilfeller av CDR først når høretersklene ble dårligere enn 50 dB HL. Et hvert tilfelle av forhøyde terskler under testing med 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> vil altså med størst sannsynlighet skyldes andre årsaker.

## 5.2 Differanse

Som vist i resultatkapittelet var det forskjeller i gjennomsnittsdifferansen for de anvendte nivåene. Gjennomsnittsdifferansen ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> var klart lavest av de målte nivåene, og kan dermed anses som det nivået med best reproduserbarhet av maskerte terskler. Det gjelder for begge aldersgruppene, men en god gjennomsnittlig differanse så man hos den eldste aldersgruppen hvor det var en differanse på 1,1 dB endring mot 1,18 dB hos den yngste aldersgruppen.

De høyere nivåene anvendt i denne studien viste også en relativt lav gjennomsnittsdifferanse, men var noe høyere enn det laveste nivået. Ved 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> var differansen mindre hos den eldste gruppen enn hos den yngre gruppen, hvor gruppen 60-80 år hadde en gjennomsnittlig differanse på 1,18, og gruppen 20-30 år hadde en gjennomsnittlig differanse på 1,26 dB. På 70 dB ligger de to aldersgruppene nesten likt når det kommer til gjennomsnittlig differanse, og for den yngste gruppen er det ingen stor forskjell mellom 50 dB og 70 dB når det kom til disse tallene.

I den eldste aldersgruppen kan man se en tendens til økning i gjennomsnittsdifferanse som effekt av nivå i *figur 1*. Derimot ser man hos den yngste aldersgruppen en økning fra 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> til 50 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Videre mot 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> stopper økningen og det flater ut.

I *figur 2* ser vi den gjennomsnittlige differansen for hver enkelt testfrekvens på tvers av lydnivå. Hvis vi ser isolert på den eldre aldersgruppen kan vi se en gradvis stigning fra 500 Hz opp mot 3000 Hz hvor det da flater ut mot 4000 Hz. I den unge aldersgruppen ser man ingen tydelig stigning slik som hos de eldre, og den er mer variert. Moore et al. (2004) fant ut at det var en større variasjon ved 4000 Hz enn de andre tersklene, noe som stemmer til dels med våre funn. 3000 Hz var den terskelen med størst variasjon mellom test-retest i begge aldersgruppene.

Med fokus på differanseverdien på hver enkelt testfrekvens ser man at det høyeste differansegjennomsnittet ligger på 1,44 dB, som da sier at reproduserbarheten er godt under 2 dB. Derfor er det rimelig å anslå at test-retest resultatene er reproduserbare.

### **5.3 Effekten av økt intensitet**

Som tidligere beskrevet ble det observert en gradvis økning i gjennomsnittlig terskel relativt til støyen når intensiteten økte, spesielt synlig var dette hos den eldre gruppen. Ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> hos den eldste gruppen varierte standardavviket for de forskjellige frekvensene fra 1,92 til 3,28. Denne trenden fant også sted hos den yngre gruppen, hvor standardavvik varierte fra 2,02 til 2,96. Dette gjorde seg gjeldende fra 1000 Hz til 4000 Hz hos den yngste gruppen. Sammenfattet kan man si at dette høye nivået var mer preget av ustabilitet enn hva tilfellet var for 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Årsaken til dette er ukjent, men en mulig årsak til større variasjoner ved høyere lydnivå kan være det at cochlea fungerer annerledes ved høye lydnivåer enn ved lave. Vi vet for eksempel at cochlea er så sensitiv som den er på grunn av aktive mekanismer som involverer de ytre hårcellene. Disse aktive mekanismene er mest aktive på lave og middels lydnivåer, og blir gradvis mindre aktive ved høyere lydnivåer (Moore, 2007, s 36-37).

### **5.4 Kognisjon og alder**

Noe som kan forklare at den eldre aldersgruppen fikk noe høyere terskler på TEN-testen enn den yngre aldersgruppen kan skyldes av at alder kan ha en påvirkning på hvordan man hører i støy. Det vises blant annet i en studie av Füllgrabe, Moore & Stone (2015) hvor unge og eldre deltakere med tilnærmet likt audiogram ble sammenlignet etter å ha fullført taletester i

støyende omgivelser og kognitive tester. Denne forskningen viste at eldre mennesker har større vanskeligheter med å oppfatte lyder i støy enn unge mennesker og at det kommer av eldring og svekket kognisjon (Füllgrabe et al., 2015). I en studie utført av Ralli, Greco, De Vincentiis, Sheppard, Cappelli, Neri og Salvi (2019) ble 11 eldre personer og 21 yngre personer med normal hørsel testet med en tone-i-støy-test for å se på om det var noen forskjeller mellom aldersgruppene og hvordan de oppfattet toner i støyende omgivelser. Deltakerne hadde alle terskler bedre enn 25 dB HL men den eldre gruppen viste tegn til dårligere oppfattelse av tonen når den ble presentert i støy.

### **5.5 Uventede høye terskler**

Ved tre anledninger under testing av de eldre ble det satt terskel på 80 dB ved 4000 Hz på 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>. Ved to av tilfellene ble 80 dB-terskelen satt under den første testingen og ved ett tilfelle ble 80 dB-terskelen satt under retesten. Det ene tilfelle hvor terskelen ble satt til 80 dB under den første testen ble terskelen satt til 74 dB under retesten, som da er en differanse på 6 dB. Ved det andre tilfellet ble terskelen satt fra 80 dB under første testing til 76 dB under retesten, som da viser til en differanse på 4 dB. Det er derfor å anta at verdiene ved første test ikke representerte reelle terskelverdier, men kan ha oppstått som resultat av vurderingsfeil hos tester ettersom tersklene ikke lot seg reprodusere ved retest.

Når det gjelder deltakeren som fikk terskel på 80 dB på retesten kunne vedkommende vise til en terskel på 78 dB under den første testingen. Selv om terskelen isolert sett er uventet høy kan vi konkludere med at terskelen er reell. Det er en tydelig trend hos de eldre at tersklene er forholdsvis høye ved 4000 Hz på 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>.

### **5.6 Resultatenes betydning for bruken av TEN(HL)-testen**

Hva betyr disse resultatene for bruken av TEN(HL)-testen?

Denne studiens resultater viser at de variasjonene som blir observert mellom test og retest vil ha liten innvirkning på diagnostisering av CDR. Gjennomsnittlig avvik var som tidligere nevnt mindre enn størrelsen på testens audiometriske trinn (2dB). TEN(HL)-testen fremstår altså som et nøyaktig og stabilt verktøy til sitt tiltenkte formål. Dette er funn som er helt i tråd med funnene fra tidligere forskning på hørselshemmede (Moore et al., 2000; Cairns et al., 2007), samt forskningen Vinay et al. (2017) gjorde på normalthørende unge voksne.

Hva kan man si om muligheten for alternative bruksområder?

Ved 30 og 50 dB HL/ERB<sub>N</sub> var maksimal verdi for hver frekvens som regel nærmere TEN(HL)-nivået enn ved 70 dB HL/ERB<sub>N</sub>, noe som gjaldt for begge testgrupper. Dette viser at det laveste nivået for begge aldersgrupper er preget av minst usikkerhet i resultatene og gir det klart definerte mellomområdet mellom normale verdier og CDR-diagnose. Skal man teste normalthørende har det lite for seg å teste ved høye nivåer som 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> der resultatene viste seg å være langt mer ustabile, hvor man også så flere forhøyede terskler spesielt hos den eldste gruppen. At tersklene var mer samlet og sjelden nevneverdig over TEN-støyen åpner for muligheten til å bruke TEN(HL)-testen ved lave nivåer til å finne andre diagnoser, som eventuelt måtte få utslag i noe forhøyet maskert terskel. For å illustrere kan man si at maskerte terskler på 36 dB HL ville vekket oppsikt og skilt seg klart fra normalfordelingen i denne studien, mens 76 dB HL er en verdi som forekom flere ganger. 76 dB HL forekom i begge gruppene selv om forekomsten var høyere i den eldste aldersgruppen, men da kan man jo diskutere om dette er aldersbetinget, individuelle ulikheter eller en svakhet med testen.

Som nevnt tidligere så forventer man ikke CDR hos normalthørende. Vinay og Moore (2007a) fant tilfeller av CDR først når frekvensene ble dårligere enn 50 dB HL i sin omfattende prevalens-studie. Ethvert tilfelle av forhøyde terskler under testing med 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> vil altså med størst sannsynlighet skyldes andre årsaker. Som tidligere presisert kan det skyldes AN.

I den senere tid har man funnet at det forekommer skader på synapsene mellom hårcellene og nervecellene i hørselsnerven etter kraftig støyeksponering, selv om rentone-tersklene med tiden går tilbake til utgangspunktet. Der man før trodde ingen varig skade var skjedd hvis audiogrammet normaliserte seg igjen, vet man nå at nerveskader kan finne sted. Dette kommer ikke til syne på høreterskler men har stor effekt på oppfattelsen av komplekse lyder som tale, og har derfor fått navnet "*hidden hearing loss*" (Libermann, Epstein, Cleveland, Wang & Maison, 2016). Resultatene fra den eldre gruppen viste en god reliabilitet selv om tersklene var noe forhøyde kontra den yngre gruppen. Kan dette være på grunn av den normale prosessen som skjer i cochlea når man eldes? Det hadde vært interessant med videre forskning for å se om det er noen sammenheng.

## 6. Metodekritikk



## **6.1 Valg av vitenskapelig metode**

Kvantitativ metode var den eneste metoden som var egnet å bruke til denne oppgaven. Begrunnelsen for valg av metode er blitt redegjort for tidligere i besvarelsen og karakteristikkene ved valgte metode peker på riktig metodevalg.

## **6.2 Pilot**

Som nevnt tidligere ble pilottestingen utført på en av forfatterne av denne oppgaven. Årsaken var at vedkommende var lett tilgjengelig, hadde tid, og var motivert for å sitte gjennom testingen. I tillegg var personens forhåndskunnskaper om testens metodikk på dette tidspunktet rundt det minimale, så vi anså det ikke som noe problem at testpersonen var intern. Hadde man dog valgt en ekstern testperson som ikke hadde vært en del av studien eller utdanningsløpet, er det fullt mulig at man ville dannet seg et mer reelt bilde av hvordan test-retest situasjonen føles ut. Som audiologistudent er man vant til mye testing, venting og er mer avslappet til hele prosedyren. Ifølge Moore (1987) har tonedeteksjonstester som TEN(HL)-testen liten læringseffekt, noe som betyr at forhåndskunnskap til testen ikke vil påvirke resultatene noe nevneverdig. Derfor er vi trygge på at bruken av intern testpilot-deltaker ikke hadde noen negativ effekt på videre testing.

## **6.3 Deltakere**

Vi så underveis at noen av testdeltakerne fikk bedre og mer presise responser etter at vi hadde testet litt. Derfor ble det i ettertid diskutert om det hadde vært lurt med en testrunde før den reelle testingen slik at testdeltakerne hadde fått mulighet til å bli mer stødig på testingen. Flesteparten av deltakerne hadde ikke blitt testet i slike situasjoner før, og hadde dermed liten kunnskap til testens metode. På grunn av dette kan det undres over om deltakerne responderte med større usikkerhet i begynnelsen, enn lenger ut i testen. I de tilfelle hvor vi observerte at det skjedde, gikk vi tilbake til de initielle testfrekvensene, og testet på nytt for å se om resultatet endret seg når vi var sikre på at testen var forstått.

## **6.4 Uforutsette hendelser**

I perioden som ledet opp til test-start fikk vi utdelt et metodeark fra veileder som beskrev hvordan testingen skulle foregå i detalj. På arket stod det blant annet hvilket lydnivå og hvilke testfrekvenser som skulle testes. På skrivet stod ikke 750 Hz nevnt som en av de testfrekvensene som skulle testes. Etterhvert som testingen pågikk konfronterte vi veileder om

hvorfor det ikke skulle testes på 750 Hz da det meste av litteratur nevner denne frekvensen som en del av testbatteriet. Det viste seg at metodearket som vi fikk utdelt var feil og at det skulle ha inkludert 750 Hz. Av den grunn måtte vi prøve å tilbakekalle så mange deltakere som mulig for å teste 750 Hz slik at resultatene ble så gode og fullstendige som mulig. Et fåtall av deltakerne møtte opp og det ble testet gode responser på denne frekvensen, på alle tre nivåer, og flere av de lå innenfor normalen med gode test-retest-resultater.

Videre var det avtalt med flere testdeltakere i begge aldersgruppene at de skulle komme tilbake for å teste 750 Hz, men i kjølvannet av COVID-19-pandemien avlyste flere deltakere avtalen i redsel for smitte, før også NTNU måtte stenge sine lokaler på grunnlag av den norske regjering sine tiltak for å hindre smittespredning. Dermed sto vi uten testlokaler og ingen mulighet til å teste videre. Den lille dataen vi rakk å skaffe oss om 750 Hz var ikke nok til å bruke som en del av resultatene, dermed er ikke disse tatt med i beregningen og i resultatdelen i denne oppgaven.

## **6.5 Testere**

Som beskrevet i metodekapittelet ble alle subjektene testet av den samme personen. Denne løsningen ble valgt av flere grunner, selv om en kunne diskutert om det hadde vært mer hensiktsmessig å dele testingen på begge forfatterne av teksten. Da hadde vi sørget for at testeren var opplagt under testing og det ville blitt en større randomisering av testingen, både når det gjaldt hvem som testet og hvilken rekkefølge det skjedde i. En av årsakene til at vi alltid utførte testingen med en fast tester og en assistent, var for å gjøre testingen enklere da vi kun hadde utstyr til å teste en person om gangen. Ved å heller sette av tid mellom testsesjonene sørget vi for at testeren kunne samle energi til jobben. Et annet svært viktig moment ved at samme tester gjennomførte begge sesjonene på samme deltaker, var at det førte til en tilfeldig fordeling av tester mellom deltakere, og ikke mellom test og retest. Samme tester gjorde alltid test og retest på en gitt deltaker. Slik unngikk man en tester-faktor mellom resultatene for test og retest.

Det var heller ikke et alternativ å kjøre testinger parallelt for å være tidseffektive, da vi kun hadde en datamaskin med god nok kalibrering tilgjengelig. Testassistenten noterte som nevnt resultatene underveis som testingen pågikk og fulgte dermed med på testingen. Hvis testeren viste tegn til trøtthet eller å være ukonsentrert så ble det fanget fort opp og gjennom

samarbeid ble det hele tiden sørget for at testingen foregikk på en god, oppmerksom og forsvarlig måte.

Testerne hadde relativt begrenset erfaring med gjennomføringen av TEN(HL)-testen før denne studien. Det er nærliggende å tenke at den lille erfaringen kan ha påvirket resultatene, spesielt i den tidligste fasen av testingen. Det forekom blant annet ved et par anledninger at man fikk noen lave og spesielt høye verdier. 24 dB HL var en av verdiene vi fikk hos noen av deltakerne i den yngste gruppen, mens hos den eldste gruppen fikk vi 78 dB HL ved et par anledninger, samt 80 dB HL ved en anledning, og var resultater man diskuterte om hadde sitt opphav i feilvurderinger gjort av tester. En forklaring på de unormalt lave og høye verdiene kan være rytmisk presentasjon av stimuli. Subjektet kan da forvente når stimulus blir presentert og dermed gi respons automatisk. Slike falske responser ble som regel fanget opp av tester gjennom den ascenderende metoden hvor man søker flere svar før man registrerer terskel, hvor både tester og assistent fulgte med slik at vi kunne fange opp eventuelle feil, men kan ved enkelte tilfeller ha oppstått nok ganger til å ha blitt godtatt som en reell respons. Slike feil kan ha oppstått som en konsekvens av store mengder testing under tidspress, som gjør det enkelt for testeren å få en automatikk i presentasjonen av stimuli, og dermed en viss rytme i testingen. Feilkilder påvirker studiens reliabilitet og fører til mindre sikre data (Drageset og Ellingsen, 2009). Testfrekvensene ble sjekket på nytt underveis og på dette tidspunktet hadde testeren fått en god forståelse av testingen, så frekvensene anses ikke som ugyldige på grunn av for lite kunnskap om utførelse.

## **6.6 Forhold og testmiljø**

Det foregikk tidvis andre aktiviteter på laboratoriet i testperioden, så nivået på bakgrunnsstøyen har ikke vært den samme for alle deltakere. Noen ble testet på kveldstid da lokalene stort sett var tomme eller på dager hvor det var minimalt med aktivitet på laboratoriet, mens andre ble testet i vanlig arbeidstid. Laboratoriet var da ofte i bruk av flere andre. Man så seg nødt til å gjennomføre testingen når hver enkelt deltaker hadde tid, selv om forholdene ikke nødvendigvis var gunstige. Da TEN(HL)-testen er en terskelmåling med ipsilateral maskering, antas ikke eventuell bakgrunnsstøy å ha hatt nevneverdig innvirkning på de maskerte tersklene. Støyen måtte nødvendigvis nå et relativt høyt nivå før den førte til maskering ut over maskeringen TEN(HL) allerede ga. Ved 50 og 70 dB HL/ERB<sub>N</sub> er det derfor vanskelig å se for seg at bakgrunnsstøyen skal ha hatt påvirkning overhode. Ved 30 dB HL/ERB<sub>N</sub> kan ikke en slik påvirkning definitivt avfeies.

Det som derimot er mer sikkert er at bakgrunnsstøyen kan ha virket distraherende på deltakerne under testing da den naturligvis i perioder har vært godt hørbar på det kontralaterale, ustimulerte øret. Et jevnt og lavt nivå på bakgrunnsstøyen hadde selvsagt vært å foretrekke av begge grunner. Pasientene satt skjermet fra forstyrrende visuell stimuli.

## 7. Konklusjon

TEN(HL)-testen gir resultater med høy grad av reproduserbarhet mellom sesjoner. Den samlede gjennomsnittsdifferansen for denne studien var 1,23 dB for de unge og 1,18 dB for den eldre, noe som er innenfor TEN(HL)-testens audiometriske trinn på 2 dB. Nivået på TEN(HL) virker inn på resultatene og ved høyere nivåer får man høyere terskler, spesielt hos de eldre deltakerne. Ettersom forhøyede terskler forekom hos en stor andel av de eldre deltakerne kan man anta at det er det som er normalen, men for å få sikrere normaldata på dette trengs det studier med flere deltakere. Høyere lydnivå gir større differanse hos de eldre, men hos de unge var det resultatet mer variert. Høyere lydnivå gir også økt spredning i maskerte terskler hvor spredningen er større hos de eldre enn de unge. Reproduserbarheten var svært god hos begge aldersgruppene med gjennomsnittlig differanse mindre enn ett audiometrisk trinn (2dB).

## 8. Litteraturliste

- Buzo, B. C., & Carvallo, R. M. M. (2014). Psychoacoustic analyses of cochlear mechanisms in tinnitus patients with normal auditory thresholds. *International Journal of Audiology*, 53(1), 40–7.
- Drageset, S. & Ellingsen, S. (2009) Forståelse av kvantitativ helseforskning – en introduksjon og oversikt. *Nordisk Tidsskrift for Helseforskning*, (5)2, 100-113
- Cairns, S., Frith, R., Munro, K. J., & Moore, B. C. (2007). Repeatability of the TEN (HL) test for detecting cochlear dead regions. *International Journal of Audiology*, 46(10), 575–584.
- Cox, R. M., Alexander, G. C., Johnson, J., & Rivera, I. (2011). Cochlear dead regions in typical hearing aid candidates: Prevalence and implications for use of high-frequency speech cues. *Ear and hearing*, 32(3), 339.
- Dalland, O. (2014) *Metode og oppgaveskriving* (5. utg) Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS
- DeRuiter, M., & Ramachandran, V. (2017) *Basic Audiometry Learning Manual*. (2. utg) San Diego: Plural Publishing
- Dillon, H. (2012) *Hearing Aids*. (2.utg.). New York: Thieme Medical Publishers.
- Füllgrabe, C., Moore, B. C., & Stone, M. A. (2015). Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 347.
- Gelfand, S. A. (2010) *Hearing. An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics*. (5. utg) England: Informa Healthcare
- Gelfand, S. A. (2016) *Essentials of Audiology* (4. utg) New York: Thieme Medical Publishers
- Greenwood, D. (1971). Aural combination tones and auditory masking. *Journal of the Acoustic Society of America*, 50, 502–543.
- Henry, J. A., Roberts, L. E., Caspary, D. M., Theodoroff, S. M., & Salvi, R. J. (2014). Underlying mechanisms of tinnitus: review and clinical implications. *Journal of the American Academy of Audiology*, 25(1), 5-22.
- Jacob, R. T. S., Fernandes, J. C., Manfrinatio, J. & Iório, M. C. M. (2006). Identifying dead regions in the cochlea through the TEN Test. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72(5), 673-682
- Kluk, K., & Moore, B. C. J. (2005). Factors affecting psychophysical tuning curves for hearing-impaired subjects. *Hearing Research*, 2000(1-2), 115–131

- Liberman, M. C., Epstein, M. J., Cleveland, S. S., Wang, H., & Maison, S. F. (2016). Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. *PloS one*, *11*(9), 1-15
- Malicka, A. N, Munro, K. J., & Baker, R. J (2009) Fast method for psychophysical tuning curve measurements in school-age children. *International Journal of Audiology*, *48*(8), 456-553
- Markessis E, Nasr-Addine, H., Colin, C., Hoonhorst, I., Collet, G., Deltenre, P., Munro, K. J. & Moore, B. C. J (2009) Effect of presentation level on diagnosis of dead regions using the threshold equalizing noise test. *International Journal of Audiology*, *48*(2), 55–62.
- Møller, A. R. (Red.) (2011) *Textbook of Tinnitus*. New York: Springer
- Møller, A. R. (2013) *Hearing. Anatomy, Physiology, And Disorders of the Auditory System*. (3.utg) San Diego: Plural Publishing
- Moore, B. C. J. (1987). Distribution of auditory-filter bandwidths at 2 kHz in young normal listeners. *Journal of the Acoustic Society of America*, *81*(5), 1633–1635.
- Moore, B. C. J. (2001) Dead regions in the cochlea: Diagnosis, perceptual consequences, and implications for the fitting of hearing aids. *Trends in Amplification*. *5*(1),1–34.
- Moore, B. C. J. (2007) *Cochlear Hearing Loss. Physiological, Psychological and Technical Issues* (2. utg). West Sussex: John Wiley & Sons Ltd
- Moore, B. C. J (2013) *An Introduction to the Psychology of Hearing* (6. utg) Leiden: Koninklijke Brill NV
- Moore, B. C. J., & Glasberg, B. R. (1997). A model of loudness perception applied to cochlear hearing loss. *Auditory Neuroscience*, *3*(3), 289–311.
- Moore, B. C. J., Glasberg, B. R., & Stone, M. A (2004) New version of the TEN-test with calibration in dB HL. *Ear and Hearing*, *25*(5), 478-487
- Moore, B. C. J., Huss, M., Vickers, D. A., Glasberg, B. R., & Alcántara, J. I. (2000). A test for the diagnosis of dead regions in the cochlea. *British Journal of Audiology*, *34*(4), 205-224.
- Moore, B. C. J., Killen, T. & K. J. Munro (2003) Application of the TEN test to hearing-impaired teenagers with severe-to-profound hearing loss. *International Journal of Audiology*, *(42)*8, 465-474
- Pepler, A., Munro, K. J., Lewis, K., & Kluk, K. (2014). Repeatability, agreement, and feasibility of using the threshold equalizing noise test and fast psychophysical tuning curves in a clinical setting. *International Journal of Audiology*, *53*(10), 745–752.

- Ralli, M., Greco, A., De Vincentiis, M., Sheppard, A., Cappelli, G., Neri, I., & Salvi, R. (2019). Tone-in-noise detection deficits in elderly patients with clinically normal hearing. *American Journal of Otolaryngology*, *40*(1), 1-9.
- Summers, V. (2004) Do tests for cochlear dead regions provide important information for fitting hearing aids? *The Journal of the Acoustical Society of America*, *115*(4), 1420-1423
- Taylor, B. & Mueller, H. G. (2017) *Fitting and Dispensing Hearing Aids* (2. utg). San Diego: Plural Publishing
- Vickers, D. A., Moore, B. C. J., & Baer, T. (2001). Effects of lowpass filtering on the intelligibility of speech in quiet for people with and without dead regions at high frequencies. *Journal of the Acoustic Society of America*, *110*(2), 1164–1175.
- Vinay, & Moore, B. C. J. (2007a). Prevalence of Dead Regions in Subjects with Sensorineural Hearing Loss. *Ear and Hearing*, *28*(2), 231–241.
- Vinay, & Moore, B. C. J. (2007b). Speech recognition as a function of highpass-filter cutoff frequency for subjects with and without low-frequency cochlear dead regions. *Journal of the Acoustic Society of America*, *122*, 542–553.
- Vinay, & Moore, B. C. J. (2007c). TEN(HL)-test results and psychophysical tuning curves for subjects with auditory neuropathy. *International Journal of Audiology*, *46*(1), 39-46.
- Vinay, & Moore, B. C. J. (2008). Speech recognition in noise as a function of highpass-filter cutoff frequency for people with and without low-frequency cochlear dead regions. *Journal of the Acoustic Society of America*, *123*, 606–609.
- Vinay, Hansen, A. S., Raen, Ø., & Moore, B. C. J (2017). Reference thresholds for the TEN(HL) test for people with normal hearing. *International Journal of Audiology*, *56*(9), 672-676.
- Zhang, T., Dorman, M. F., Giffard, R. og Moore, B. C. J. (2014) Cochlear dead regions constrain the benefit of combining acoustic stimulation with electric stimulation. *Ear Hear*, *35*(4), 410-417

## 9. Vedlegg

### Bacheloroppgave i Audiologi

- Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

#### Bakgrunn og formål

Denne studien gjøres som en del av en bacheloroppgave ved Program for Audiologi ved NTNU. Studiet går ut på å undersøke reproduserbarhet ved resultater av Threshold equalizing noise (TEN) test hos normalthørende. TEN-testen er et diagnostisk verktøy som brukes til å avdekke bestemte typer skader i sneglehuset. Ved å undersøke dette håper vi å kunne bidra til å øke testens diagnostiske sikkerhet. Vi søker derfor normalthørende deltagere til å delta i studien.

#### Hva innebærer deltakelse i studien?

Samtlige deltagere må gjennom en screening for å avgjøre om man kvalifiserer til videre deltagelse. Denne vil bestå av en enkel hørselstest, samt en måling av tilstanden i mellomøret. Selve forsøket utføres umiddelbart etter screeningen, slik at det kun er behov for å møte til én sesjon. Hele sesjonen vil ikke ta mer enn ca. 1,5 timer.

Datamaterialet blir bestående av den enkeltes testresultater i form av tallverdier, i tillegg til den enkeltes alder og kjønn. Personlige opplysninger ut over dette er ikke av interesse for denne studien, og vil derfor ikke bli registrert. Den enkelte deltagers resultater vil knyttes til en tallkode og på denne måten anonymiseres. Navn vil kun forekomme i underskriften på dette skjemaet, som vil oppbevares utilgjengelig for andre enn de to studentene som utfører studien.

#### Taushetsplikt

Andre personlige forhold som måtte komme frem eksempelvis gjennom uformell samtale underveis i forsøket vil behandles i tråd med Helsepersonelloven § 21 "Hovedregel om taushetsplikt" som sier at *"Helsepersonell skal hindre at andre får adgang eller kjennskap til opplysninger om folks legems- eller sykdomsforhold eller andre personlige forhold som de får vite om i egenskap av å være helsepersonell."*

Ved studiens slutt vil samtykkekontrakt makuleres, men de anonymiserte dataene vil lagres for fremtidige forsøk

#### Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn.

#### Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

#### Kontaktinfo:

epost:

tlf:



# Spørreskjema

Opplever du konstant tinnitus/øresus?

- Ja                       Nei

Hvor mye lytter du til musikk med hodetelefoner/ørepropper i gjennomsnitt hver dag?

- Under 3 timer                       Over 3 timer

Har du opplevd hyppige ørebetennelser eller lignende øresykdommer i løpet av livet?

- Ja                       Nei

Hvis ja, kan du utdype?

.....

