



SAHLGRENSKA AKADEMIN
INSTITUTIONEN FÖR NEUROVETENSKAP OCH
FYSIOLOGI
ENHETEN FÖR AUDIOLOGI

KOMBINERAD IPSILATERAL ELEKTRISK OCH AKUSTISK STIMULERING AV INNERÖRAT

En beskrivande litteraturstudie

Författare:

Chen Eriksson
Matilda Höglund

Examensarbete:	Självständigt vetenskapligt arbete i Audiologi, 15 hp
Program och kurs:	Audionomprogrammet, AUD620
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Vt 2017
Handledare:	Håkan Hua, Radi Jönsson
Examinator:	Kim Kähäri
Rapport nr:	2017-007

Abstract

Examensarbete:	Självständigt vetenskapligt arbete i Audiologi, 15 hp
Program och kurs:	Audionomprogrammet, AUD620
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Vt 2017
Handledare:	Håkan Hua, Radi Jönsson
Examinator:	Kim Kähäri
Rapport nr:	xx (ifylles ej av studenten/studenterna)
Nyckelord:	Cochlear implants, combined electric and acoustic stimulation, hybrid hearing, residual hearing, hearing loss

- Bakgrund:** Det har under lång tid saknats optimal hörselrehabilitering för individer med svår-grav hörselnedsättning i hörfrekvensområdet, men med lågfrekvens-resthörsel. Numera finns en rehabiliteringsmetod som kombinerar elektrisk stimulering av innerörat via cochleaimplantat och akustisk stimulering med eller utan hörapparat.
- Syfte:** Att undersöka vilken påverkan kombinerad elektrisk och akustisk stimulering (EAS) har på taluppfattning och resthörsel. Ett ytterligare syfte var att studera om det finns några skillnader mellan rehabilitering med EAS vid hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet och rehabilitering med EAS vid hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel.
- Metod:** Arbetet är en beskrivande litteraturstudie och utgörs av 15 vetenskapliga artiklar publicerade 2006-2016. Deltagarna var minst 18 år. Artiklar hämtades från Pubmed, Cinahl och via referenslistor i vetenskapliga artiklar.
- Resultat:** Sammanställningen pekade på en förbättrad taluppfattning i både tyst och brus vid rehabilitering med EAS jämfört med enbart hörapparat och enbart CI. Bäst resultat erhöles med EAS i kombination med kontralateral akustisk hörsel. Postoperativa resultat visade att majoriteten bibehåller resthörsel men med viss degradering av hörtrösklar och med liten risk för total hörselnedsättning.
- Konklusion:** Rehabilitering med EAS visar framgångsrika resultat gällande förbättrad taluppfattning och bevarande av resthörsel. Detta erbjuder ett alternativ för gruppen av vuxna för vilka det tidigare inte funnits optimal audiologisk rehabilitering. Vidare forskning krävs dock för att utvärdera säkerhet och effektivitet av rehabiliteringsmetoden.



**SAHLGRENSKA ACADEMY
INSTITUTE OF NEUROSCIENCE AND
PHYSIOLOGY
DEPARTMENT OF AUDIOLOGY**

COMBINED IPSILATERAL ELECTRIC AND ACOUSTIC STIMULATION OF THE EAR

A descriptive review of the literature

Authors:

**Chen Eriksson
Matilda Höglund**

Thesis:	Scientific thesis, 15 hp
Program and course:	Programme in Audiology, AUD620
Level:	First Cycle
Semester/year:	St 2017
Supervisor:	Håkan Hua, Radi Jönsson
Examiner:	Kim Kähäri
Report no:	xx (not to be filled in by the student/students)

Abstract

Thesis: Scientific thesis, 15 hp
Program and course: Programme in Audiology, AUD620
Level: First Cycle
Semester/year: St 2017
Supervisor: Håkan Hua, Radi Jönsson
Examiner: Kim Kähäri
Report No: xx (not to be filled in by the student/students)
Keyword: Cochlear implants, combined electric and acoustic stimulation, hybrid hearing, residual hearing, hearing loss

Background: There has previously been a lack of optimal audiological rehabilitation for individuals with severe high-frequency hearing impairment with residual low-frequency hearing. There is now a treatment which combines electric stimulation of the innerear, via a cochlear implant and acoustic stimulation with or without a hearing aid.

Purpose: The aim was to investigate how treatment with combined electric and acoustic stimulation (EAS) affects speech recognition and residual hearing. A further aim was to investigate whether there is a difference in outcomes between treatment in case of normal low frequency hearing thresholds and treatment with aided low frequency hearing.

Method: The review encompassed 15 scientific articles published 2006-2016. Participants were a minimum of 18 years old. Articles were found via Pubmed, Cinahl and in the reference lists of scientific articles.

Result: Results showed an improvement in speech recognition both in quiet and noise with EAS compared to hearing aid alone or cochlear implant alone. The best results were obtained with EAS in combination with contralateral acoustic hearing. Moreover, results showed preserved residual hearing for a majority of the subjects but with some degradation of hearing thresholds and a minor risk for total hearing loss.

Conclusion: Treatment with EAS is successful regarding improved speech recognition and preservation of residual hearing which offers an alternative solution for a group of individuals for whom there has not been an optimal audiological rehabilitation. Further research is necessary to evaluate the safety and efficacy of the treatment.

Förord

*Till att börja med vill vi tacka Håkan Hua och Radi Jönsson för
mycket god handledning!*

*Utan ert engagemang och era uppmuntrande ord hade detta arbete
varit svårt att genomföra.*

Vi vill även tacka varandra för ett gott samarbete!

Arbetet har fördelats jämnt mellan författarna.

Innehållsförteckning

1. BAKGRUND	1
1.1 Inledning.....	1
1.2 Örats anatomi	2
1.2.1 Ytter- och mellanöra.....	2
1.2.2 Innerörat och hörselorganet.....	2
1.3 Hörselnedsättning.....	2
1.3.1 Typ av hörselnedsättning.....	3
1.3.2 Grad.....	4
1.3.3 Konfiguration	4
1.4 Kriterier för EAS.....	5
1.5 Tekniken.....	7
1.5.1 Cochleaimplantat.....	7
1.5.2 Hörapparat.....	8
1.5.3 Kombinerad elektrisk och akustisk stimulering	10
1.6 Audiologisk rehabilitering med EAS	11
2. SYFTE.....	12
2.1 Frågeställningar	12
3. METOD- fylla på, hur vi gått till väga.....	12
3.1 Material	14
4. RESULTAT.....	21
4.1 Föreligger det någon risk att förlora resthörsel vid rehabilitering med EAS?.....	21
4.2. Hur förändras taluppfattningen vid	21
4.2.1 Övriga fynd.....	22
4.3 Hur skiljer sig mätresultaten av taluppfattning mellan individer med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvenshörsel och hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel vid med EAS?	23
5. DISKUSSION	24
5.1 Metoddiskussion.....	24
5.2 Resultatdiskussion.....	25
6. KONKLUSION.....	28
REFERENSLISTA.....	29

1. BAKGRUND

1.1 Inledning

Kombinerad elektrisk och akustisk stimulering (EAS) av innerörat utvecklades 1999 av Christian Von Illberg (Carvalho et al., 2012). Detta var en vidareutveckling av det icke-moderna cochleaimplantatet (CI) vars idé utvecklades för ca 60 år sedan (Roche & Hansen, 2015). Idén till detta uppstod redan 1993 då tekniker för hörselbevarande kirurgi började arbetas fram. Målet med detta var att bevara innerörats strukturer för att möjliggöra akustisk stimulering i kombination med elektrisk stimulering (Erixon, 2014).

Von Illberg grundade idén i synergien mellan konventionella CI och akustisk stimulering genom hörapparater för individer som tidigare saknat optimal teknisk rehabilitering. Dessa individer har en audiogramkonfiguration med hörtrösklar inom normalområdet till måttliga i lågfrekvensområdet till svår-grav hörselnedsättning i högfrekvensområdet. Denna grupp står inför dilemmat att de inte får tillräcklig förstärkning från konventionella hörapparater men med risk att förlora resthörsel vid implantering av CI (Ching et al., 2015). I och med förfinade tekniker går det numera att inkludera fler i målgruppen som är aktuell för kombinerad elektrisk och akustisk stimulering. Detta kan även vara en lösning för individer med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet där det inte behövs förstärkning från hörapparat (Carvalho et al., 2012). Följande arbete kommer inkludera studier med de som behandlats med elektrisk stimulering i kombination med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet, samt de som får elektrisk stimulering i kombination med akustisk förstärkning från hörapparat i lågfrekvensområdet.

Begreppet elektroakustisk stimulering används synonymt med hybridhörsel. Detta arbete kommer använda sig av uttrycket kombinerad elektrisk och akustisk stimulering, förkortat EAS, detta utan ställningstagande till någon specifik produkt. Användningen av uttrycket kommer syfta till rehabilitering med CI och ipsilateral akustisk stimulering av resthörsel med eller utan förstärkning från hörapparat. (Carvalho et al., 2012). Det bör därför inte blandas ihop med begreppet bimodal anpassning där individen har ett CI på ena örat och en hörapparat på det kontralaterala örat (von Illberg, Baumann, Kiefer, Tillein & Adunka, 2011).

1.2 Örats anatomi

1.2.1 Ytter- och mellanöra

Ytter- och mellanörat har som syfte att fånga upp och föra vidare yttre ljudstimuli till innerörat. Ytterörat består av aurikeln, hörselgången och avslutas vid trumhinnan, som separerar ytter- och mellanöra (Emanuel & Letowski, 2009). När en ljudvåg når trumhinnan börjar denna vibrera, vilket leder till rörelse hos hörselbenskedja bestående av hammaren, städet, och stigbygeln. Övergången från mellanörat till innerörat går genom stigbygelplattans förbindelse till ovala fönstret (Shohet & Bent, 1998). Vibrationerna som leds genom ovala fönster resulterar i tryckförändringar, dessa når även runda fönstret som då agerar som en tryckventil för det tryck som uppstår i cochlean (Emanuel & Letowski, 2009).

1.2.2 Innerörat och hörselorganet

Stigbygelplattans fäste i ovala fönstret leder till vibrationerna från hörselbenskedjan till innerörat, cochlean (Shohet & Bent, 1998). Cochlean finns belägen i temporalbenet, formad som en ihoprullad tunnel i ungefär $2\frac{2}{3}$ varv. Denna består av tre stycken vätskefyllda hålrum, scala vestibuli, scala tympani och scala media där hörselorganet, cortiska organet, återfinns i scala media. I cortiska organet finns inre- och yttre hårceller samt andra celltyper. Varje cochlea innehåller en rad med inre hårceller (ca 3 500 st) och tre rader med yttre hårceller (ca 12 000 st) (Emanuel & Letowski, 2009). Cortiska organet vilar på basilarmembranet som sätts i rörelse från stigbygelplattans vibrationer. När de inre- och yttre hårcellerna sätts i rörelse omvandlas den akustiska vågformen till en elektrisk signal via depolarisering i neuronerna. Dessa signaler når förgreningarna från åttonde kranialnerven (vestibulocochlearis) som finns i modiulus. De elektriska impulserna når sedan cochleariskärnorna i hjärnstammen för att sedan genomgå en komplex behandling innan de tolkas av centrala hörselbarken (Shohet & Bent, 1998).

1.3 Hörselnedsättning

Enligt Världshälsoorganisationen (World Health Organization [WHO], 2017) finns det omkring 360 miljoner människor som lever med en hörselnedsättning. Med detta räknas en person som inte har hörtrösklar med ett TMV4 inom det så kallade normalområdet, hörtrösklar bättre än 25 dB HL (där normalmedelvärldet är 0 dB HL) bilateralt. TMV4 är ett medelvärde över frekvenserna 0,5; 1; 2 och 4 kHz (Olusanya, Neumann et al. 2014). Enligt WHO, kan en hörselnedsättning baserat på TMV4 klassas som, lätt, måttlig, svår eller grav.

En hörselnedsättning orsakar förvrängningar av de egenskaper ett auditivt stimuli innehåller, vilket försvårar identifieringen av ljudet för lyssnaren (Arlinger, 2007).

Anledningen till att en hörselnedsättning uppstår kan variera. Orsakerna kan delas upp i kongenitala- och förvärvade orsaker (WHO, 2017). Tabell 1 visar exempel på orsaker till kongenitala respektive förvärvade hörselnedsättningar.

Tabell 1: Exempel på orsaker till hörselnedsättning enligt WHO.

Orsaker till kongenitala hörselnedsättningar	Orsaker till förvärvade hörselnedsättningar
<ul style="list-style-type: none"> ● Ärftlighet ● Infektioner under graviditet ● Låg födelsevikt 	<ul style="list-style-type: none"> ● Infektionssjukdomar som mässling och meningit ● Huvudtrauma ● Ljudmiljöer med starkt ljud

1.3.1 Typ av hörselnedsättning

Det förekommer olika typer av hörselnedsättning, konduktiv, sensorineural- och kombinerad hörselnedsättning. En konduktiv hörselnedsättning innebär att svängningar från yttre- och mellanörat inte når innerörat på normalt sätt. Orsaken till detta kan variera, det kan bero på att det finns vätska i mellanörat, otoskleros eller att det finns vax som blockerar i hörselgången (Loh & Elango, 2005). Indikation för att remittera individer med ledningshinder är ett luftben-gap ≥ 15 dB på ≥ 2 frekvenser, 250-400 Hz (Sahlgrenska Universitetssjukhus, 2012). Individer med en konduktiv hörselnedsättning kan ha mindre ~~här~~ ~~inga~~ svårigheter att urskilja och uppfatta ljud om de presenteras på en nivå som överbrygger ledningshindret storlek. Detta förutsatt att det endast är en konduktiv hörselnedsättning (Roeser, Valente & Hosford-Dunn, 2007). En sensorineural hörselnedsättning uppstår i cochlean, cochlearisnerven eller i hjärnstammen. Vanligast är att den härstammar från cochlean, på grund av försämrade hårcellsfunktion. Förekommer inslag av både kombinerad- och sensorineural hörselnedsättning kallas detta för en kombinerad hörselnedsättning (Shohet & Bent, 1998). Om man har unilateral eller bilateral hörselnedsättning spelar detta roll för den binaurala hörseln där de två öronen samarbetar och ger bättre sensitivitet vilket kallas binaural summation (Gelfand, 2009).

1.3.2 Grad

Det finns olika riktlinjer att klassificera grad av hörselnedsättning. År 2012 publicerade Institute for Health Metrics and Evaluation group sin studie ”2010 Global Burden of Disease (GBD)”. I denna studie har GDB tagit fram andra riktvärden för att bedöma graden av en hörselnedsättning, även dessa värden baserade på TMV4. Tabell 2 och 3 visar WHO:s respektive GBD:s klassifikation grad av hörselnedsättning.

Tabell 2: WHO:s klassifikation för grad av hörselnedsättning- Finns ej nämna i resultatet. Varför dessa finns med?

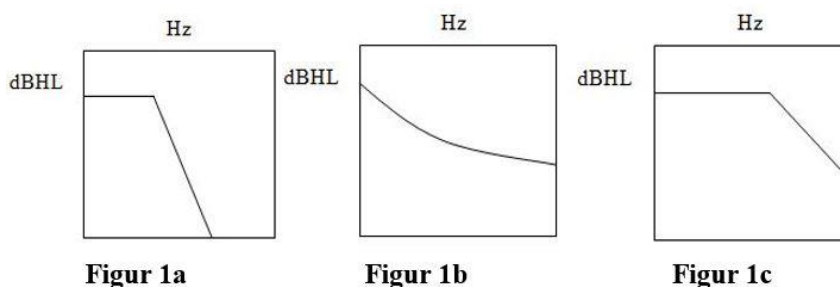
Grad av hörselnedsättning (WHO)	TMV4
Hörtrösklar inom normalområdet	25 dBHL eller bättre
Lätt	26-40 dBHL
Måttlig	41-60 dBHL
Svår	61-80 dBHL
Grav	81 dBHL eller sämre

Tabell 3: GDB:s riktvärden för en hörselnedsättning från 2010

Grad av hörselnedsättning (GDB 2010)	TMV4
Lätt	20-34 dBHL
Måttlig	35-49 dBHL
Måttligt svår	50-64 dBHL
Svår	65-79 dBHL
Grav	≥80 dBHL

1.3.3 Konfiguration

Enligt Roeser et al. (2007) beskrivs ofta konfiguration för att ge en bild av hörselnedsättningens utseende enligt audiogrammet. Det finns varierande sätt att beskriva ett tonaudiogram på. Denna ska inkludera graden, vilken typ, i vilket öra hörselnedsättningen är närvarande och en passande term för att beskriva hörselnedsättningens konfiguration. Figur 1a, 1b och 1c visar olika konfigurationer av en hörselnedsättning



Figur 1. Olika konfigurationer av hörselnedsättning: 1a) brant fallande, 1b) fallande och 1c) Högfrekvensnedsättning

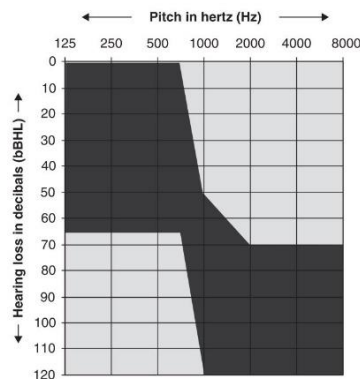
Källa: Roeser, et al., 2007

1.4 Kriterier för EAS

Personer som är aktuella för EAS har en så kallad ski-slope konfiguration, det vill säga en svår sensorineural hörselnedsättning i högfrekvensområdet med resthörsel i lågfrekvensområdet (Turner, Reiss & Gantz, 2008). Den tonotopiska utformningen av cochlean innebär att höga frekvenser främst kodas i cochleans basala del medan lägre frekvenser kodas vid apex. Alla neuroner svarar för alla frekvenser men vissa hårceller har högre känslighet för specifika frekvenser (Van De Water, 2012). Vid en sensorineural hörselnedsättning är hårcellerna som svarar för en viss frekvens skadade (Reiss, Turner, Karsten & Gantz, 2014). Är hårcellerna i cochleans bas skadade kommer de inte kunna skapa elektriska impulser av signalen, men signalen kan fortfarande nå apex där det finns friska hårceller, och tolkas som en signal med lågfrekvent innehåll (Roeser, et al., 2007; Reiss, et al., 2014). En svår hörselnedsättning kan innebära försämrade kvalitén av hårcellerna och skapa så kallade döda regioner i cochlean vilket innebär att den auditiva information inte kan plockas upp lika väl (Simpson, 2009).

Enligt Von Ilberg et al. (2011) var kriterierna för att vara aktuell för rehabilitering med kombinerad elektrisk och akustisk stimulering i tidiga studier väldigt lik indikationerna för konventionella CI-kandidater. Kriterierna har förändrats över tid då kandidater för kombinerad EAS ofta har kvar mer resthörsel i lågfrekvensområdet. Figur 2 visar audiogramkonfiguration för möjlig rehabilitering med EAS. Tabell 4 visar kriterier för att

vara kandidat till EAS enligt Cochlear Ltd och MED-EL Elektromedizinische Geräte Gesellschaft.



Figur 2: Audiogramkonfiguration för individer aktuella för kombinerad elektrisk och akustisk stimulering. Där det mörka området visar inom vilka gränser hörtrösklar ska befinna sig vid kandidatur.

Källa: Helbig et al., 2011

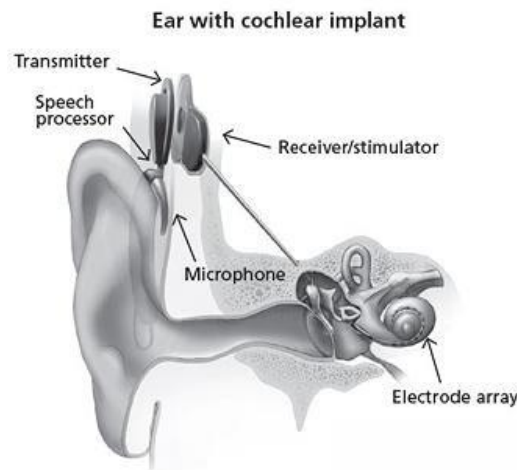
Tabell 4: Exempel på kandidatur för kombinerad elektrisk och akustisk stimulering

Cochlear Nucleus Hybrid System™	MED-EL EAS™
<ul style="list-style-type: none"> • Patienten ska vara över 18år • Normala hörtrösklar till måttlig hörselnedsättning i lågfrekvensområdet, hörtrösklar bättre än 60 dB HL, ≤ 500 Hz • Svår till grav hörselnedsättning i mitt- och högfrekvensområdet på det öra som är planerat för implantation (tonmedelvärde för hörtrösklar vid 2, 3, 4 kHz ≥ 75 dB HL) • Resultat vid talaudiometri preoperative med hörapparat vid CNC-tallistor är mellan 10-60% • Resultat vid CNC-test ska på det kontralaterala örat vara likvärdigt eller bättre, men ej bättre än 80% jämfört med det öra som planerats för implantation • Måttlig svår till grav hörselnedsättning vid mitt- och högfrekvensområdet, tonmedelvärdet för hörtrösklar vid 2, 3, 4 kHz ≥ 60 dB HL på kontralaterala örat 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultat vid talaudiometri med enstaviga ord under optimalt anpassade förutsättningar ska vara $\leq 60\%$ vid stimulipresentation på 65 dB HL • Patienten ska ej ha en progressiv hörselnedsättning • Patienten ska ej ha någon autoimmun sjukdom • Patienten får ej ha en hörselnedsättning till följd av meningit, otoskleros eller förbening • Inneöremissbildning får ej vara finnas • Ej luft-ben-gap > 15 dB • Inga övriga ytteröre-kontraindikationer för användning av hörapparat

1.5 Tekniken

1.5.1 Cochleaimplantat

EAS består av två delar: elektrisk stimulering genom CI och akustisk resthörsel med eller utan förstärkning av konventionell hörapparat (Ching, Incerti & Plant, 2015). CI är ett hörhjälpmedel som genom en yttre del och en implanterad del tillåter auditiv elektrisk stimulering av hörselnerven som habiliterande eller rehabiliterande åtgärd för personer med svår-grav sensorineural hörselnedsättning (Roche & Hansen, 2015). CI består av en extern del och en intern del. Den externa delen hängandes på örat inkluderar en mikrofon, en processor (talprocessor) och en batterimodul som kopplas med en kabel till en spole i en del som magnetiskt hålls på plats på huvudet mot den implanterade mottagaren. Processorn har olika delar, vilka inkluderar en DSP (Digital Signal Processor), en förstärkare och en radiofrekvenssändare (Zeng, Rebscher, Harrison, Sun & Feng, 2008). Mikrofonen fångar upp akustisk information och i processorn digitaliseras, komprimeras, filtreras och kodas signalen för att sedan överföras genom huden via radiofrekvens till den subkutana mottagaren (Roche & Hansen, 2015), se figur 3. I processorn, i DSP, lagras även information eller inställningar i en för individen skapad mapp, även kallad MAP. Denna är specifik för användaren och tillåter individuell programmering av CI. Mottagaren skickar vidare informationen till en intern stimulator där signalen avkodas och konverteras till elektrisk ström som skickas till cochlean via ledningstrådar och slutligen elektroderna som stimulerar hörselnerven. Den implanterade delen har inte en egen strömförsörjning utan får denna från den yttre implantatsystemdelen. Elektroderna i nuvarande implantatsystem kan ha ett antal på 12-22 stycken och är inneslutna i en så kallad "bärare" som i sin helhet även kan benämnas som elektrod eller elektrodrad (Zeng et al., 2008). Elektroderna stimulerar neuronerna i cortiska organet enligt den tonotopiska uppbyggnaden och skapar aktionspotentialer som leds vidare till det centrala hörselsystemet. Dessa elektriska impulser tolkas sedan som ljudupplevelser. Elektroderna i olika CI-system kan variera gällande längd, bredd och antal kontakter. De flesta implantat har även en referenselektrod (jordelektrod) som antingen kan vara en del av implantatet eller förbundet med implantatet via en "bärare" (Roche & Hansen, 2015). År 2017 finns fyra olika företag som producerar CI: Advanced Bionics, Cochlear Ltd, MED-EL Elektromedizinische Geräte Gesellschaft och Oticon Medical.



Figur 3: Cochleaimplantat

Källa: <https://www.nidcd.nih.gov/health/cochlear-implants>

Den vanligaste operationstekniken är via en mastoidektomi. Därefter går det att välja mellan att gå in i cochlean via en cochleostomi eller via runda fönstret (Bruijnzeel et al., 2016). Elektrodraden placeras i cochlean, i scala tympani. På grund av cochleans tonotopiska uppbyggnad spelar elektrodradens placering viss roll för det frekvensomfång CI kan erbjuda. För att kunna täcka det lågfrekventa delarna av talets spektra (200-1200 Hz) krävs det att elektrodraden förs in ungefär 1,5 varv eller 540° från det runda fönstret. Ju djupare den förs in desto större risk för intracochleära skador och felplacerade elektroder (Zeng et al., 2016).

1.5.2 Hörapparat

Hörapparatens syfte är att förstärka de ljud inom det frekvensområde där personen i fråga har nedsatta hörrösklar med akustiskt ljud. Hörapparaten består antingen av en del bakom öra som mer eller mindre innehåller all teknik som sedan kopplas med en slang eller kabel till en dome eller insats som sitter i hörselgången och låter ljudet föras via denna till mellanörat, innerörat och centrala hörselsystemet. En annan variant har ingen del bakom örat utan allt sitter i en insats i conchan och/eller hörselgången. Den digitala hörapparaten innehåller komponenterna mikrofon, förstärkare, analog-till-digital omvandlare (ADC), digital signal processor (DSP), digital-till-analog omvandlare (DAC), högtalare; samt ett minne för att memorera inställningar (Gelfand, 2009).

Hörapparaten fångar upp ljud med en eller flera mikrofoner och signalen konverteras till en elektrisk signal och kodas digitalt. Dessa signalbehandlas och anpassas efter personens

hörselnedsättning för att sedan konverteras tillbaka till akustiskt ljud och föras till hörselsystemet via en högtalare i hörapparaten. Hörapparaten kan inte förstärka ljud hur mycket som helst utan har en begränsning, vilket kallas maximal utnivå (MPO) eller ljudtrycksnivå för utsignalen (OSPL). När ljudnivån har nått denna begränsning klipps det av och skapar en distorsion av signalen. Elektroniken i hörapparaten komprimerar en insignal till en komprimerad utsignal vilket kan ske via en automatisk kontroll av förstärkningen (AGC). Om hörapparaten förstärkning har ett 1:1-förhållande med ökningen av insignal är detta en hörapparat programmerad för linjär förstärkning (Gelfand, 2009). Hörapparaten kan även ha en rad olika algoritmer och funktioner, som till exempel bullerreducering, riktmikrofoner, frekvenstransponering med mera. Det finns olika sätt för hörapparaten att beräkna förstärkning, vilket kallas för preskriptionsmetoder (Dillon, 2012). När det gäller patienter med en brant fallande till svår sensorineural hörselnedsättning i högfrekvensområdet ligger problemet i att hörapparaten inte klarar av att ge den hjälp som krävs på grund av skador hos hårcellerna (Turner et al., 2008).

Idag finns det hörapparater med frekvenssänkande algoritmer som är framtaget för att hjälpa personer med svår-grav hörselnedsättning i högfrekvensområdet. Här transponeras eller komprimeras högfrekvent information till ett lägre frekvensområde där hörapparat användaren har bättre hörsel vilket då gör ljudet hörbart. Tidigare har funktionen inte visat någon större förbättring av taluppfattning, men har nu på senare tid visat på bättre resultat. Dock verkar denna lösning inte fungera optimalt där dessa personer förmodligen kommer få bättre taluppfattningsresultat med CI om de möter kriterierna (Simpson, 2009).

Det är svårt att hitta standardiserade riktlinjer för hur just hörselnedsättningar med hörtrösklar inom normalområdet till måttliga hörtrösklar i lågfrekvensområdet och svåra-grava hörtrösklar i högfrekvensområdet ska hanteras tekniskt. När det gäller grava hörselnedsättningar finns förslag på funktioner i konventionella hörapparater som kan hjälpa, till exempel återkopplingshanterare som tillåter mer förstärkning utan risk för återkoppling (Chung, 2004) eller riktmikrofoner för att öka signal-brus-förhållandet (SNR) (Ricketts & Hornsby, 2006). Dock beror som sagt den begränsade nyttan av hörapparater ofta på hårcellernas kvalitet (Simpson, 2009).

1.5.3 Kombinerad elektrisk och akustisk stimulering

EAS är en rehabiliteringmetod inom hörselrehabilitering för de personer med svår-grav sensorineural hörselnedsättning i högfrekvensområdet men med resthörsel i lågfrekvensområdet. Rehabiliteringmetoden innebär elektrisk stimulering för högfrekventa ljud via CI och akustisk stimulering av lågfrekventa ljud via hörapparat (Ching et al., 2015), alternativt hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet utan förstärkning från hörapparat (Incerti, Ching & Cowan, 2013).



Figur 4: Kombinerad elektrisk och akustisk stimulering av hörseln

Källa: <http://www.multivu.com/mnr/7150651-cochlear-fda-approval-u-s-launch-cochlear-nucleus-hybrid-implant-system>

Tekniskt innebär EAS en kombination av CI och hörapparat ipsilateralt, se figur 4, alternativt CI i kombination med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet. När det krävs förstärkning från hörapparat finns det både exempel av kombinationen av ett enskilt CI och en enskild kommersiellt tillgänglig hörapparat, samt den integrerade apparaten där samma processor tillåter både elektrisk och akustisk stimulering. I det senare fallet kommer processorn ge akustisk stimulering fram till en brytfrekvens där den övergår till elektrisk stimulering. Brytfrekvensen bestäms efter den frekvens och hörtröskel där det inte längre finns funktionell resthörsel. När det gäller olika funktioner av den elektriska stimuleringen vid EAS, som till exempel signalkodning, efterliknar de ofta hur dessa funktioner är inställda vid konventionellt CI (Incerti et al., 2013).

Flera kortare elektrodrader (6-24 mm längd) har utvecklats i syfte att kombinera elektrisk och akustisk stimulering i samma öra. Dessa har många gånger samma antal elektroder som konventionella CI för att kunna maximera flexibiliteten vid programmering. En kortare elektrodrad opereras in i cochlean och lämnar den apikala delen oberörd för att kunna bevara de fungerande hårcellerna som kan svara på akustiskt stimuli (Zeng et al., 2008). Det finns dock flera olika metoder för att man vid insättning av elektrodraden ska kunna bevara resthörseln. Incerti et al. (2013) tar upp tre olika tillvägagångssätt. Det första sättet är att implantera en konventionell perimodiulär elektrodrad via en cochleostomi för att åstadkomma full insertion (300-430°). Den andra implanterar en standard elektrodrad av full eller medellängd men inte lika djupt (360°) via en cochleostomi eller via runda fönstret. Det tredje tillvägagångssättet implanterar en elektrodrad tillverkad med syftet att bevara resthörsel. Det vill säga med en kortare och tunnare elektrodrad även här via cochleostomi eller runda fönstret (Incerti et al., 2013).

1.6 Audiologisk rehabilitering med EAS

En svår-grav hörselnedsättning i högfrekvensområdet innebär svårigheter att höra olika högfrekventa ljud. Detta kan betyda att individen missar varningsljud, omgivningsljud eller tal då viktiga komponenter såsom konsonanter faller bort. Personer med denna sortens hörselnedsättning uppfattar ofta prosodi och melodi, men har större svårigheter med just taluppfattning, speciellt i närvaro av bakgrundsbuller (Erixon, 2014). Detta kan påverka personen med hörselnedsättning, likväl som dennes omgivning, på flera olika sätt. Att leva med hörselnedsättning kan resultera i negativa konsekvenser såsom isolering, depression, försämrad livskvalité och försämrade kognitiva processer (Arlinger, 2003).

Målet med audiologisk rehabilitering är att försöka minimera dessa negativa konsekvenser, genom bland annat tekniska hörhjälpmiddel som ger tillgång till mer auditiv information. Det har även visats att ju tidigare denna rehabiliteringen sker desto bättre blir utfallet. Av denna anledning är det viktigt att direkt kunna erbjuda ett optimalt hörhjälpmiddel med hänsyn till hörselnedsättningens typ, grad och konfiguration (Arlinger, 2003). Detta arbete intresserar sig för den grupp av personer som har hörtrösklar inom normalområdet till måttliga hörtrösklar i lågfrekvensområdet och svåra-grava hörtrösklar i högfrekvensområdet. Hos den gruppen av personer finns ett dilemma att de inte får tillräcklig förstärkning från konventionella

hörapparater men med risk att förlora resthörsel vid implantering av CI (Ching et al., 2015). Att förstärkning av hörapparater inte ger någon större nytta vid denna typ av hörselnedsättning beror på hårcellernas kvalitet och vad som kallas döda regioner i cochlean (Simpson, 2009). Många av dessa personer tappar kontakten med hörselvården i och med den begränsade nyttan av hörapparater och riskerar då att missa möjligheter till andra hjälpmedel som EAS (Erixon, 2014). De är alltså en grupp som så att säga “faller mellan stolarna” och behöver en annan typ av rehabilitering för möjligheten att använda sig av akustisk och elektrisk stimulering för hörselförbättring. Här försöker EAS stå som alternativ rehabiliteringmetod för att tillgodose just dessa behov, och fylla luckan inom audiologisk hörselrehabilitering (Ching et al., 2015).

2. SYFTE

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka vilken påverkan EAS har på taluppfattning och om det föreligger någon risk att förlora resthörsel. Vidare syfte är att se om det finns några skillnader vid taluppfattningstest mellan rehabilitering med EAS med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvenshörsel och rehabilitering med EAS vid hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel.

2.1 Frågeställningar

- Föreligger det någon risk att förlora resthörsel vid rehabilitering med EAS?
- Hur påverkas taluppfattningen vid rehabilitering med EAS?
- Hur skiljer sig mätresultaten av taluppfattning i brus respektive tyst, mellan individer med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvenshörsel och hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel vid rehabilitering med EAS?

3. METOD

Arbetet är en beskrivande litteraturstudie. Datainsamlingen har skett via sökningar i valda databaser, PubMed och Cinahl. Sökväg och urval presenteras i figur 5. Urvalet av artiklar har skett efter valda inklusionskriterier. Sökningar har gjorts med sökord- och termer som ansågs vara lämpliga för det valda ämnet. Initialt gjordes bredare sökningar för att få översikt över

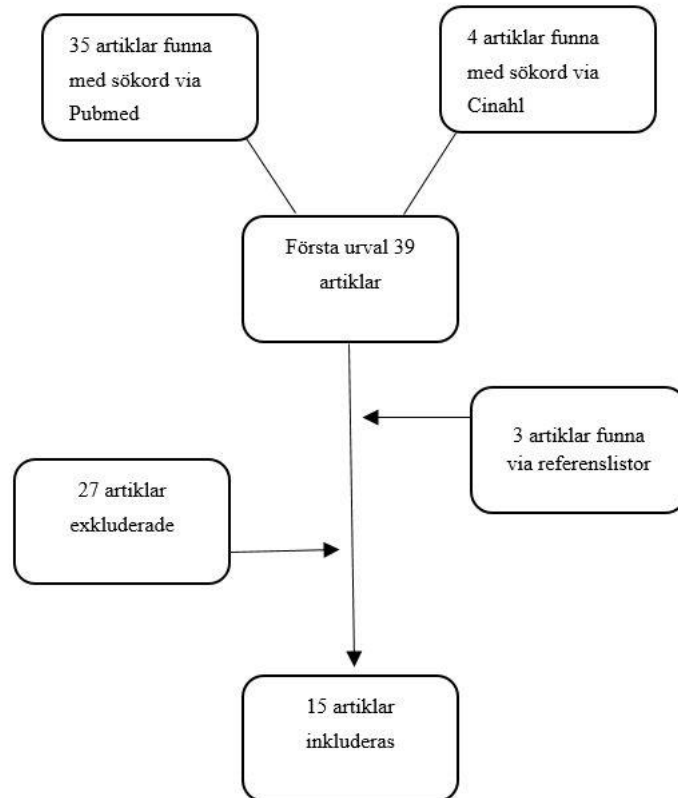
ämnet. Därefter kombinerades sökord- och termer för att ge så specifika resultat som möjligt. Sökord som inte är vedertagna MeSH-termer i databaserna har använts på grund av deras relevans för arbetet. Valda artiklar bedöms utifrån relevans för området genom bland titel, aktualitet i tid och om abstract stämmer överens med arbetets syfte och frågeställningar. Granskning av valda artiklars referenslistor har gjorts i fall av ytterligare relevanta studier. Författarna har granskat valda artiklar var för sig för sedan diskutera dessa tillsammans. Artiklar ska vara publicerade mellan 2006-2016 då det är ett relativt nytt område där det kontinuerligt sker ny forskning. Valet att enbart inkludera studier där deltagarna var 18 år eller äldre fattades på grund av att det är ett av kriterierna för kandidatur till rehabiliteringsmetoden enligt Cochlear Ltd och MED-EL Elektromedizinische Geräte Gesellschaft. Ytterligare anledning var att vuxna och barn är två skilda grupper vars resultat kan vara svåra att jämföra.

Sökord: *electroacoustic stimulation, electro-acoustic stimulation, cochlear implants, hybrid, hybrid hearing, hearing preservation, partial deafness*

Kombinationer av dessa sökord har använts för att komma fram till urvalet av artiklar.

Inklusionskriterier:

- Artiklar som publicerats mellan år 2006-2016
- Artiklar som är skrivna på engelska
- Studier vars deltagare överstiger 18 års ålder
- Studier vars deltagare genomgått rehabilitering med ipsilateral EAS



Figur 5: Urval av artiklar

3.1 Material

Femton slutgiltiga artiklar valdes varav en undersökte främst bevarande av resthörsel, två undersökte främst taluppfattning och tolv undersökte både och. Artiklarna var publicerade mellan år 2006-2016. Antal deltagare varierade stort mellan studierna då fem var multicenterstudier och resterande mindre enskilda studier. Alla deltagare i samtliga studier var 18 år eller äldre. Andelen kvinnor och män var ungefär lika. En sammanställning av de valda artiklarna visas i tabell 5. Dessa artiklar är fetmarkerade i referenslistan.

Tabell 5: Sammanställning av artiklar

Författare Publiceringsår Land	Titel	Syfte	Urval Metod	Resultat	Slutats
Roland, J. T. Gantz, B. J. Waltzman, S. B. Parkinson, A. J. The Multicenter Clinical Trial, Group 2016 USA	United States multicenter clinical trial of the cochlear nucleus hybrid implant system	Att utvärdera säkerheten och effektiviteten av akustisk och elektrisk signalbehandling för individer med signifikant resthörsel i lågfrekvensområdet och svår till grav hörfrekvent sensorineural hörselnedsättning	n = 50 Multicenterstudie med 10 kliniker. Dessa implanterades med Cochlear Nucleus L24. Hörtrösklar mättes preoperativt och postoperativt vid aktivering samt vid 3, 6 och 12 månader. Taluppfattning mättes vid samma intervall med CNC och AzBio-meningar i brus med EAS + kontralateral akustisk hörsel.	Vid test av taluppfattningstest i tyst visade 82% bättre resultat efter operation. Vid test av taluppfattning i buller visade 74% bättre resultat efter operation. Sex månader efter aktiveringen behöll 66% av deltagarna funktionell akustisk hörsel som bestämdes utifrån TMV av fem frekvenser (125, 250, 500, 750, 1000 Hz) av svår grad eller bättre (<90 dB HL).	Signifikanta förbättringar av taluppfattning i tyst och brus för individer med svår hörfrekvent hörselnedsättning och viss lågfrekvent hörselnedsättning.
Plant, K. Babic, L. 2016 Australien	Utility of bilateral acoustic hearing in combination with electrical stimulation provided by the cochlear implant	Att kvantifiera nyttan av att ha tillgång till förstärkt akustisk hörsel i det implanterade örat i kombination med kontralateral akustisk hörsel och den elektriska stimuleringen av ett cochleaimplantat	n = 16 Åtta av deltagarna använde det kombinerade läget och 8 deltagare använde det bimodala läget. Taluppfattning testades med City University of New York-meningar (CUNY) i olika lyssningslägen med sammanfallande brus eller separerat brus.	Det observerades en signifikant effekt av de olika lägena. Genomsnittligt resultat för taluppfattning i buller vid bimodalt läge var 49,3% medan genomsnittligt resultat för kombinerat läge var 58,9%.	Tillgång till bilateral akustisk hörsel efter cochleaimplantation ger signifikant nytta vid ett flertal olika funktionella mätningar
Gantz, B. J. Dunn, C. Oleson, J. Hansen, M. Parkinson, A. Turner, C. 2016 USA	Multicenter clinical trial of the Nucleus Hybrid S8 cochlear implant: Final outcomes	Att beskriva de slutgiltiga resultaten av en multicenterstudie av den mindre invasiva och kortare elektroden Nucleus Hybrid S8 CI.	n = 87 Multicenterstudie. Deltagarna implanterades med Cochlear Nucleus Hybrid S8. Hörtrösklar och taluppfattning testades preoperativt och postoperativt vid 3, 6 och 12 månader. Taluppfattning testades med CNC-test och Bamford-Kowal-Bench Sentences-in-noise (BKB-SIN)-test. Definition av funktionell lågfrekvenshörsel var tonmedelvärde för 125-1000 Hz	Vid initial aktivering behöll 94% av deltagarna funktionell resthörsel från 125-500 Hz. Efter 12 månader erhöll 19% icke-funktionell lågfrekvenshörsel och 5 stycken total hörselnedsättning. Vid taluppfattning tyst visade 82,5% signifikanta förbättringar vid EAS på ett öra och 87,5% signifikanta förbättringar vid EAS med bilateral akustisk hörsel.	Nucleus Hybris S8 ger förbättrad taluppfattning i tyst och brus. Dessutom verkar det finnas en stabilitet av resthörseln efter initial aktivering av implantatet.

			bättre än 85-90 dB HL.		
Mertens, G. Punte, A. K. Cochet, E. De Bodt, M. Van de Heyning, P. 2014 Belgien	Long-term follow-up of hearing preservation in electric-acoustic stimulation patients	Att utvärdera resthörsel, taluppfattning och den subjektiva nyttan av EAS 10 år efter hörselbevarande operation	n = 9 Studien inkluderade 9 personer, 11 implanterade öron. Hörtrösklar och taluppfattning testades preoperativt och postoperativt vid 3, 6 och 12, 18, 24 månader och årligen därefter. Taluppfattning testades i läget med EAS. Bevarad hörsel klassificerades enligt ett system av HEARRING. Taluppfattning testades med Dutch NVA-test med enstaviga ord och PLOMP-meningar.	I 9 av 11 öron var den preoperativa resthörseln delvis bevarad fram till 10 år efter operationen. Samma antal visade signifikant förbättring av taluppfattning med ord i tyst och meningar i buller 10 år efter operationen.	Långsiktig bevaring av hörsel är möjligt, dock med viss kontinuerlig försämring. En kontinuerlig förbättring av taluppfattning över 10 år observerades.
Mahmoud, A. F. Massa, S. T. Doublerly, S. L. Montes, M. L. Ruckenstein, M. J. 2014 USA	Safety, efficacy, and hearing preservation using an integrated electro-acoustic stimulation hearing system	Att utvärdera säkerheten, effektiviteten och potentialen för bevarande av resthörsel vid rehabilitering med EAS hos patienter med svår högfrekvent hörselnedsättning och måttlig lågfrekvent hörselnedsättning.	n = 5 Hörtrösklar testades preoperativt och postoperativt vid 1 och 2 månader efter implantation och sedan mättes hörtrösklar och taluppfattning 3, 6 och 12 månader efter aktivering av EAS. Taluppfattning testades med CNC-test.	Alla patienter erhöll försämring av den resthörseln mellan 0-40 dB vid enskilda frekvenser direkt efter operationen. Inga patienter mötte kriterierna för signifikant postoperativ förlust av hörsel. Signifikant nytta för taluppfattning observerades med EAS jämfört med enbart konventionell hörapparat vid 3, 6 och 12 månader.	Adekvat bevarande av resthörsel uppnåddes. Både EAS och CI visade signifikanta förbättringar jämfört med hörapparat där EAS uppnådde signifikant förbättring tidigare.
Lenarz, T. James, C. Cuda, D. Fitzgerald O'Connor, A. Frachet, Bruno Frijns, J. H. M. Klenzner, T. Laszig, R. Manrique, M. Marx, M. Merkus, P. Mylanus, E. A. M. Offeciers, E. Pesch, J. Ramos-Macias, A. Robier, A.	European multi-centre study of the Nucleus Hybrid L24 cochlear implant	Att undersöka bevarande av resthörsel hos personer med Nucleus Hybrid L24 CI. Att undersöka nytta upp till ett år postoperativt gällande taluppfattning, ljudkvalité och livskvalité.	n = 66 Deltagare rekryterade från 16 center. Hörtrösklar och taluppfattning mättes preoperativt och postoperativt 1 månad efter vid aktivering och därefter vid 3, 6, 12-14 månader. Mätningar gjordes med enbart EAS och vid "best aided", och även med enbart CI och CI + kontralateral akustisk hörsel. Taluppfattning testades enligt de olika ländernas lokala rutiner i tyst och brus med enstaviga ord, tvåstaviga ord och meningar.	För låga frekvenser (125, 250 och 500 Hz) var 89% av hörtrösklarna bevarade inom <30 dB vid den initiala aktiveringen en månad efter operationen. Efter 1 år hörtrösklar för 500 Hz ökat under 30 dB för 74% av fallen. För 70% av fallen förbättrades resultaten med över 20 procentenheter vid taluppfattning i tyst för unilateralt EAS och för 65% av fallen med bilateral akustisk hörsel. För 73% av deltagarna förbättrades resultaten för taluppfattning i brus med över 20% enheter eller över 2	Användbar resthörsel var bevarad i 88% av fallen. Taluppfattning var signifikant förbättrad jämfört med preoperativa hörapparater

<p>Sterkers, O. Uziel, A.</p> <p>2013 Europa</p>				dB SNR.	
<p>Adunka, O. F. Dillon, M. T. Adunka, M. C. King, E. R. Pillsbury, H. C. Buchman, C. A.</p> <p>2013 USA</p>	Hearing preservation and speech perception outcomes with electric-acoustic stimulation after 12 months of listening experience	Att rapportera data från ett enskilt center i ett kliniskt försök godkänt av FDA på de objektiva fördelarna med cochleär implantation och därefter ipsilateral EAS.	n = 18 En del av en multicenterstudie för MED-EL. Hörtrösklar och taluppfattning testades preoperativt och vid 3, 6 och 12 månader efter aktivering av EAS. Hörtrösklar testades även 2 veckor postoperativt och vid aktivering av CI och EAS. Taluppfattning testades med CNC-test och med CUNY-meningar. Deltagarna testades med enbart hörapparat, enbart CI och med EAS.	Alla deltagare utom en visade på minst delvis bevaring av resthörseln. Överlag försämrades hörtrösklar för låga frekvenser (250-1000 Hz) från preoperativt genomsnitt på 44,7 dB HL till 60,6 dB HL vid den initiala aktiveringen 1 månad efter operationen. Genomsnittlig försämring fortsatte sedan till 68,5 dB HL vid 12 månader efter operationen. Genomsnitt för preoperativa resultat för taluppfattning i tyst för alla patienter 23,1%. 12 månader efter operation var genomsnittet 70,7% med EAS. För taluppfattning i buller var genomsnittligt resultat med EAS 72,7% vid 12 månader.	Data i denna studie korrelerar väl med tidigare rapporter. Bevarande av resthörsel verkar framgångsrik i ett stort nummer av individer, och kombinerad EAS ger mycket bra taluppfattning i tyst och buller.
<p>Skarzynski, H. Lorens, A. Matusiak, M. Porowski, M. Skarzynski, P. H. James, C. J.</p> <p>2012 Polen</p>	Partial Deafness Treatment with the Nucleus Straight Research Array (SRA) Cochlear Implant	Syfte med studien är att jämföra taluppfattningen i tyst och i buller för tre patientgrupper med varierande grad av lågfrekvenshörsel pre- respektive postoperativt. Samt vidare utvärdera bevarandet av befintlig hörsel efter implantation "Nucleus Straight Research" cochleaimplantat.	n = 23 Samtliga deltagare hade en bilateral sensorineural hörselnedsättning. Tretton deltagare implanterades på höger öra. 48% använde hörapparat på det öra som var aktuellt för operation. Det framgår ej vilket talmaterial som använts i studien.	Alla deltagargrupper visade en signifikant förbättring vid test av taluppfattning i tyst samt i brus. Alla deltagare behöll mätbar hörsel vid 500 Hz på det implanterade örat 4 månader efter operation. Medianvärdet för förändrat hörtröskelvärde vid frekvenserna 250-1000 Hz var 15 dB, 13 månader efter operation.	Studiens resultat indikerar att SRA- elektroden är ett möjligt alternativ för kandidater med befintlig lågfrekvenshörsel och kandidater med en uttalad hörselnedsättning aktuella för konventionella cochleaimplantat.
<p>Helbig, S. Van de Heyning, P. Kiefer, J. Baumann, U. Kleine-Punte, A. Brockmeier, H.</p>	Combined electric acoustic stimulation with the PULSARCI100 implant system using the FLEXEAS electrode array	Studiens syfte är att undersöka bevarandet av lågfrekvenshörsel efter kirurgi för elektroakustisk stimulering med MED-EL PULSARCI100- implantat genom användning med FLEXeas-	n = 18 Deltagarna är från Tyskland och Belgien. Samtliga deltagare hade en bilateral sensorineural hörselnedsättning. Resultat från test av enstaviga ord i tyst med	Hörsel kunde bevaras hos samtliga deltagare. Samtliga taluppfattningstester med EAS visade en signifikant förbättring över tid jämfört med de som endast använder konventionella	Resultatet från studien visar att FLEXeas-elektroden till hög grad bevarar befintlig hörsel efter operation, denna stabilitet varar över tid hos samtliga deltagare. Vidare

<p>Anderson, I. Gstoettner, W.</p> <p>2011 Tyskland, Belgien</p>		<p>elektrod i en multicenter miljö. Samt utvärdering av verkningsgrad och nytta av EAS över tid.</p>	<p>bilaterala hörapparater, ≤50% vid 65 dB SPL. Taluppfattningstest genomfördes med endast hörapparat, endast CI samt EAS. Dessa genomfördes med Hochmair-Shulz-Moser sentsce test (HSM) i tyst och brus samt Freiburg monosyllable test för de tyska deltagarna. De belgiska deltagarna använde Versfeld VU (Vrije Universitet) sentence list och NVA (Nederlandse Vereniging voor audiologic) monosyllable test. Deltagarna fick också svara på frågeformuläret Abbreviated profile of hearing aid benefit (APHAB).</p>	<p>CI. Dessa förbättringar reflekteras i den subjektiva nyttas hos användarna.</p>	<p>dokumenterades signifikant förbättrad talförståelse, jämfört med endast hörapparat respektive CI hos samtliga deltagare.</p>
<p>Adunka, O. F. Pillsbury, H. C. Adunka, M. C. Buchman, C. A.</p> <p>2010 USA</p>	<p>Is electric acoustic stimulation better than conventional cochlear implantation for speech perception in quiet?</p>	<p>Syftet är att bedöma om kombinerad elektrisk och akustisk stimulering ger någon signifikant fördel för taluppfattning i tyst mot endast ipsilateral elektrisk stimulering, ipsilateral akustisk eller komplett CI utan bevarad hörsel.</p>	<p>n = 20 Deltagarna delades in i två grupper, de med EAS och de med konventionellt CI. Deltagare aktuella för EAS ska ej överstiga 50% vid test av tal-i-tyst i "best aided" läge. Taluppfattningstester inkluderar CNC-listor, CUNY-material samt Hearing In Noise Test (HINT).</p>	<p>Hos gruppen aktuell för konventionellt CI bevarades ingen hörsel, medan gruppen aktuell för EAS bevarades hörseln hos 9 av 10 deltagare. Jämförelse mellan de två grupperna visade att individer med EAS presterade signifikant bättre mot endast elektrisk stimulering respektive akustisk stimulering vid test av tal i tyst.</p>	<p>Ipsilateralt CI med begränsad elektrodslängd ger likvärdiga resultat för taluppfattning som när endast konventionellt CI används. Att lägga till ipsilateral akustisk stimulering till de öronen med bevarad resthörsel visar ytterligare nytta över endast elektrisk stimulering.</p>
<p>Lenarz, T. Stöver, T. Buechner, A. Lesinski-Schiedat, A. Patrick, J. Pesch, J.</p> <p>2009 Tyskland</p>	<p>Hearing Conservation Surgery Using the Hybrid-L Electrode</p>	<p>Syftet är att undersöka hur väl implantation med Hybrid L-elektrod bevarar resthörsel. Samt att undersöka hur talförståelse skiljer sig åt vid användning av EAS mot endast elektrisk- eller akustisk stimulering.</p>	<p>n = 32 Resultat vid test med enstaviga ord ska vara mellan 10-50% för örat som är planerat för operation vid frifältningsmätning, aningen med hörapparater eller utan hörapparater vid 80 och 100 dB SPL. Deltagarna testades med EAS, endast hörapparat och endast CI. Mätintervaller efter operation 3, 6,</p>	<p>Resthörsel kunde bevaras hos majoriteten av deltagarna. Medianvärdet för förlorad hörsel postoperativt var 10 dB. Deltagare med EAS visade en signifikant förbättring vid test av taluppfattning i tyst och brus. Deltagare som haft sin hörselnedsättning kortare tid visade högre grad av nytta än de</p>	<p>Studiens resultat visar att Hybrid L-elektroden med goda resultat bevarar hörseln för låga frekvenser. Användning av EAS visar på signifikant bättre resultat vid test av taluppfattning i tyst jämfört med preoperativt och endast hörapparat.</p>

			9, 12 månader. Talmaterial som använts, Freiburger Monosyllabic Word Test och Oldenburg Sentence Test.	som haft sin hörselnedsättning längre tid.	
Lorens, A. Polak, M. Piotrowska, A. Skarzynski, H. 2008 Polen	Outcomes of Treatment of Partial Deafness With Cochlear Implantation: A DUET Study	Målet med studien är att jämföra prestationen hos vuxna individer med EAS-implantat mot konventionella CI. För att vidare bedöma nyttan av de två olika tillämpningarna.	n = 33 Test av enstaviga ord och meningar genomfördes med varierande SNR. Material som använts, Pruzewicz monosyllabic test och polska HSM meningar. Deltagare testades med EAS, endast CI, endast hörapparat samt EAS+ kontralaterala örat.	Individer med EAS presterade signifikant bättre än individer med endast CI. Sämst resultat erhöles vid endast akustisk förstärkning.	En grundare placerad elektrodslina ihop med resthörsel är en effektiv metod för att behandla patienter med en brant fallande hörselnedsättning. Individer med EAS presterade signifikant bättre än gruppen med CI. Resultatet påvisar bättre nytta med EAS jämfört med endast CI.
Gstoettner, W. K. Van de Heyning, P. Fitzgerald O'Connor, A. Morera, C. Sainz, M. Vermeire, K. McDonald, S. Cavallé, L. Helbig, S. García Valdecasas, J. Anderson, I. Adunka, O. F. 2008 Europa	Electric acoustic stimulation of the auditory system: results of a multi-centre investigation	Studien syftar till att avgöra hur hörseln bevaras vid kirurgi för EAS i en europeisk multi-center utredning. Samt att demonstrera effekten av EAS hos individer med fungerande lågfrekvenshörsel gällande både taluppfattning och subjektiv inverkan på livskvalité.	n = 18 Deltagare samlades från 4 europeiska center. Deltagare bedömdes utifrån audiologiskt testbatteri. Varje deltagare skulle uppvisa minimal nytta av konventionella hörapparater, resultat vid test med enstaviga ord i tyst $\leq 45\%$ i "best aided" läge. Taluppfattningstester genomfördes med talmaterial för det aktuella landet. Deltagare fick fylla APHAB-formulär. Ipsilateral resthörsel utvärderas med bestämd tidsintervall, 3,6, 12 mån efter att EAS tillämpats.	Hörsel kunde delvis bevaras hos 83.2% av deltagarna. Deltagarna uppvisade signifikant förbättring vid samtliga taltester, test av enstaviga ord i tyst, test av meningar i tyst samt buller. Dessa förbättringar reflekterades i den subjektiva nyttan.	Det gick att bevara hörseln hos ca 80% av deltagarna i studien. EAS-användare visar en signifikant förbättring vid taltester, speciellt i tal-i-buller. EAS-användare presterar signifikant bättre än när de testades med endast hörapparat. Nyttan med hos EAS väger upp för risken att förlora hörsel till följd av kirurgi eller annan orsak.
James, C. J. Frayse, B. Deguine, O. Lenarz, T. Mawman, D. Ramos, Á. Ramsden, R. Sterkers, O.	Combined Electroacoustic Stimulation in Conventional Candidates for Cochlear Implantation	Att rapportera om EAS i en delgrupp av konventionella kandidater för CI där preoperativa hörrösklar var ≤ 60 dB HL för 250 och 500 Hz.	n = 10 En del av en större multicenterstudie. Hörrösklar mättes preoperativt och postoperativt vid 1-2 månader och vid 6 eller 12 månader. Taluppfattning testades för 7 deltagare. Taluppfattning testades	I 3 av 10 fall erhöles total hörselnedsättning efter operation. Hos de ytterligare 7 deltagarna bevarades resthörsel upp till minst 6 månader postoperativt men mindre förändringar. Genomsnitt för preoperativa resultat vid taluppfattning i tyst var 22%.	Resthörsel var bevarad under operation och över tid i 70% av fallen. De visade även förbättrad taluppfattning i buller vid användning av EAS.

2006 Europa			med ord i tyst och meningar i brus runt 6 månader postoperativt. Taluppfattning testades i lägena enbart CI och enbart EAS.	Genomsnittliga postoperativa resultat var 56% för enbart CI och 68% för EAS, samt 75% vid tal i buller med EAS.	
Gstoettner, W. K. Helbig, S. Maier, N. Kiefer, J. Radeloff, A. Adunka, O. F. 2006 Tyskland	Ipsilateral Electric Acoustic Stimulation of the Auditory System: Results of Long-Term Hearing Preservation	Målet med studien är att utvärdera långsiktig ipsilateral hörselbevarande hos individer som genomgått operation för EAS.	n = 23 Deltagarna hade en bilateralt sensorineural hörselnedsättning. Resultat vid test med enstaviga ord $\leq 40\%$ i "best aided" läge. Freiburger Monosyllabic word understanding användes. Hörselnedsättningen ska ha varit stabil i minst 2 år innan operation. Bedömning av resthörsel gjordes vid varje återbesök. Bevarad hörsel ansågs vara närvarande vid försämring om hörtrösklar var lika med eller mindre 10dB vid 125-750Hz, jämfört med innan operation.	Av 23 patienter bevarade 9 hörseln helt (försämring av hörtrösklar 0-10 dB) över 29 månader. Över 2 månader visade 7 deltagare delvis bevarad hörsel (försämring av hörtrösklar 15-40 dB). Försenad försämring av resthörsel uppvisades hos 5 deltagare. Endast 2 deltagare förlorare resthörsel direkt efter operation. Gruppen med bevarad hörsel förbättrade sitt resultat av test med enstaviga ord från 13,1% till 75% postoperativt.	Helt eller delvis bevarad ipsilateral hörsel kunde påvisas hos ca: 70% av deltagarna under en period på ca 27 månader vid 360 grader implantation

4. RESULTAT

4.1 Föreligger det någon risk att förlora resthörsel vid rehabilitering med EAS?

Majoriteten av studierna som undersökte bevarande av resthörsel vid implantering av CI som en del av EAS visade att det i hög grad går att framgångsrikt bevara resthörsel i lågfrekvensområdet. Det finns dock även risk för total hörselnedsättning (Gstoettner et al., 2006; James et al., 2006; Gstoettner et al., 2008; Lenarz et al., 2009; Helbig et al., 2011; Skarzynski et al., 2012; Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Mertens et al., 2014; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016).

I studien av Gstoettner et al. (2006) förlorade mindre än 10% av deltagarna all hörsel postoperativt. Funktionell resthörsel bevarades för mellan 74%-100% av deltagarna 1 år efter operationen (Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Mertens et al., 2014; Gantz et al., 2016). Studierna visade dock även att samtliga deltagare som implanterades erhöll mer eller mindre försämrade hörtrösklar i lågfrekvensområdet över tid efter operationen (James et al., 2006; Gstoettner et al., 2008; Lenarz et al., 2009; Helbig et al., 2011; Skarzynski et al., 2012; Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Mertens et al., 2014; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016). Helbig et al. (2011) kunde i sin studie konstatera att individer som opererats genom runda fönstret visade högre grad av bevarad resthörsel än de som opererats via cochleostomi. Mertens et al. (2013) visade även att resthörsel kan bevaras under en längre tid. Majoriteten av deltagarna bevarade delvis sin resthörsel (25-75% av den preoperativt uppmätta resthörseln) efter 10 år. Liknande resultat påvisades av Gstoettner et al. (2006) där 9 av 23 deltagare erhöll en förändring på mindre än 10 dB vid 250-750 Hz av den resthörseln under 7-70 månader.

4.2. Hur förändras taluppfattningen vid rehabilitering med EAS?

Majoriteten av studierna visade förbättrad taluppfattning i både tyst och buller med EAS för personer med befintlig resthörsel i lågfrekvensområdet och svår-grav sensorineural hörselnedsättning i högfrekvensområdet jämfört med preoperativa resultat med optimalt anpassade hörapparater (James et al., 2006; Gstoettner et al., 2008; Lenarz et al., 2009; Adunka et al., 2010; Helbig et al., 2011; Skarzynski et al., 2012; Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Mertens et al., 2014; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016).

Roland et al. (2016) rapporterade att 82% uppvisade signifikant förbättring för taluppfattning i tyst och 74% för taluppfattning i brus. Lenarz et al. (2013) visade en förbättring på över 20 procentenheter för 65% av deltagarna vid taluppfattning i tyst och en förbättring på över 20 procentenheter eller över 2 dB SNR för 73% av deltagarna vid taluppfattning i brus. Lenarz et al. (2013) och James et al. (2006) visade större procentuell förbättring från preoperativa resultat vid test av taluppfattning i brus jämfört med tyst. Mertens et al. (2014) visade en kontinuerlig signifikant förbättring upp till 4 år postoperativt för taluppfattning i tyst och upp till 10 år för taluppfattning i buller.

Ett antal artiklar visade även att med enbart CI med hel bandbredd eller stimulering enbart från cut-off-frekvensen presterade deltagarna bättre vid test av taluppfattning jämfört med preoperativa resultat med enbart hörapparater (James et al., 2006; Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016). Vidare observerades även att test av taluppfattning med EAS gav förbättrade resultat jämfört med enbart CI (James et al., 2006; Lorens et al., 2008; Adunka et al., 2010; Helbig et al., 2011; Adunka et al., 2013; Lenarz et al., 2013; Mahmoud et al., 2014; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016). Detta gällde speciellt för taluppfattning i brus (James et al., 2006; Gstoettner et al., 2008; Lenarz et al., 2009; Adunka et al., 2013; Gantz et al., 2016). En av artiklarna tog upp risk för akustiskt läckage vid användning av hörselskydd i syfte att enbart mäta CI vilket då skulle kunna leda till bättre resultat som gör att fördelen med EAS ser mindre ut än vad den är (James et al. 2006).

4.2.1 Övriga fynd

Studierna visade att test av taluppfattning med EAS på ett öra och kontralateral akustisk hörsel med hörapparat, vilket återkommande benämns som "best aided condition", gav samma eller förbättrade resultat jämfört med enbart EAS på ett öra (Lorens et al., 2008; Lenarz et al., 2013; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016). Där studien av Gantz et al. (2016) visade på att 82,5% av deltagarna fick signifikant förbättrade resultat för enbart örat med EAS och 87,5% fick signifikant förbättrade resultat vid EAS med bilateral akustisk hörsel. Lenarz et al. (2013) visade en förbättring på 5-7 procentenheter för tal i tyst vid användning av EAS med bilateral akustisk hörsel jämfört med EAS.

Plant & Babic (2016) visade att "best aided condition" (EAS + bilateral akustisk hörsel) gav signifikant bättre resultat för taluppfattning i brus än vid konventionellt bimodalt läge (CI +

kontralateral akustisk hörsel). Lenarz et al. (2013) visade på en liten förbättring av taluppfattning med CI + bilateral akustisk hörsel jämfört med CI + endast ett öra med akustisk hörsel. Två artiklar observerade även bättre resultat för "best aided condition" jämfört med enbart unilateralt EAS vid test av taluppfattning (Lenarz et al., 2013; Gantz et al., 2016). Gantz et al. (2016) visade signifikant förbättrad taluppfattning i tyst för 82,5% med enbart unilateralt EAS och för 87,5% vid "best aided condition".

Fyra av artiklarna visade att tid med dövhet spelar roll för utfallet av rehabiliteringen (Lorens et al., 2008; Lenarz et al., 2009; Gantz et al., 2016; Roland et al., 2016). Roland et al. (2016) och Gantz et al. (2016) visade även att ålder vid implantation och kön påverkade utfallet. Lenarz et al. (2009) visade att de individer som haft sin hörselnedsättning mindre än 30 år erhöll en tydlig förbättring i taluppfattning postoperativt med EAS. För de som haft sin hörselnedsättning längre än 30 år uppmättes ingen signifikant förbättring. Gstoettner et al. (2006) kunde i sin studie visa att det tog längre tid för deltagarna att vänja sig vid en rehabilitering med EAS jämfört mot konventionella CI. Studien av Mahmoud et al. (2014) visade motsatt resultat där förbättrade resultat uppstod tidigare med EAS än med enbart CI vilket antyder att det är lättare att vänja sig vid EAS.

Både Gantz et al (2016) och James et al (2006) tog upp vikten av preoperativa TMV för taluppfattningsresultat av rehabilitering med EAS. En försämring av resthörseln kan ändå vara förenlig med förbättrade taluppfattningsresultat med EAS men inte om hörtröskarna i basområdet försämras till att bli icke-funktionella.

4.3 Hur skiljer sig mätresultaten av taluppfattning mellan individer med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvenshörsel och hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel vid med EAS?

Skarzynski et al (2012) jämförde i sin studie tre olika målgrupper. De som har icke-förstärkt resthörsel i kombination med CI (för patienter med resthörsel i lågfrekvensområdet <50 dB HL vid 500 Hz), de med CI + ipsilateral hörapparat (för patienter med hörtrösklar mellan 50-80 dB HL vid 500 Hz) och de med enbart CI (för patienter med hörtrösklar \geq 80 dB HL vid 500 Hz). Resultat vid taluppfattningstest redovisades endast genom att gruppen med CI + icke-förstärkt resthörsel och gruppen med CI + hörapparat tenderar att prestera bättre än gruppen med enbart CI. Det framgick inte om det existerar någon skillnad för de individer

med lågfrekvenshörsel inom normalområdet och de som behöver förstärkning av hörapparat för resthörseln.

Vidare har det inte gått att samla ihop data som undersöker om det finns någon skillnad i taluppfattning för dessa två grupper. Ett antal studier har testat taluppfattningen för grupperna separat, eller i blandade grupper utan att göra någon vidare jämförelse.

5. DISKUSSION

5.1 Metoddiskussion

Det fanns svårigheter under arbetets början att samla in data som kunde inkluderas i resultatet med varierande orsaker. Begreppet EAS används i bred mening, samtidigt som företaget MED-EL Elektromedizinische Geräte Gesellschaft har trademark på begreppet. En del studier väljer även att använda begreppet "bimodal anpassning" synonymt med EAS. Det krävs således noggrannare beskrivning av vad begreppet EAS innebär. Senare studier har valt att kategorisera patientgruppen för EAS ytterligare (Skarzynski et al, 2012). Att särskilja användningen av begreppet för att avgöra relevans för detta arbete har varit problematiskt. Det kan vara av värde att framöver skapa en konsensus för begreppet. Ytterligare en svårighet har varit vilka som anses vara kandidater för EAS. Företagen Cochlear Ltd och MED-EL Elektromedizinische Geräte Gesellschaft har listat inklusionskriterier för kandidater som kan vara aktuella för EAS. Det saknas dock standardiserade riktlinjer för kandidatur vilket påverkar resultaten av studierna, då studierna efterföljer olika inklusionskriterier. Ytterligare en faktor som kan ha påverkat analysen är att flertalet studier är sponsrade av en viss tillverkare där endast produkter från det enskilda företaget har använts. Dessa studier har inkluderats i detta arbete på grund av de begränsade antalet tillgängliga studier och för att inte exkludera studier som kan besvara de aktuella frågeställningarna.

I urvalsprocessen när artiklar skulle väljas ut identifierades multicenterstudier. Det vill säga studier vars resultat baseras på enskilda studier från olika forskningsgrupper. Att inkludera dessa studier i resultatet var ett medvetet beslut. Sannolikheten finns att resultat från en enskild studie också redovisas som ett resultat i en multicenterstudie vilket i sin tur skulle kunna leda till att resultat för samma deltagargrupp redovisas flera gånger. På grund av de

begränsade antalet studier som uppfyller detta arbetets inklusionskriterier var det svårt att inte använda dessa typer av artiklar. Valet att redovisa dessa resultat kan stärka slutresultatet för deltagargruppen men det kan även gå åt motsatt håll då samma resultat återkommer flera gånger. Det hade varit enklare att tolka det sammanställda resultatet om det tydligare hade angetts vilka deltagare som ingått i studierna och som inkluderats i multicenterstudiernas resultat.

Det har även funnits en stor variation gällande definition av funktionell resthörsel och på vilket sätt denna presenteras, om det är i dB förändring eller i % bibehållen resthörsel. Detta påverkar jämförande mellan de olika resultaten och därmed en för feltolkning. Exempel på detta är Roland et al. (2016) och Gantz et al. (2016) som använder en definition av funktionell resthörsel ≤ 90 dB HL över TMV på 125-1000 Hz, Lenarz et al. (2013) som presenterar förändring av resthörsel i dB, medan till exempel Mertens et al. (2014) använder ett klassifikationssystem för resthörsel utvecklat av HEARRING (Skarzynski et al, 2013). Tillvägagångssätt vid operation, typ av elektrod och apparatur samt typer av mätningar varierar också mellan studierna. Det finns begränsat antal artiklar över personer som behandlats med EAS, antalet relevanta artiklar blir mycket begränsat om samtliga nämnda detaljer ska vara desamma studierna emellan. När det används olika operationstekniker, längd på elektrod och djup för implantation, leder detta till en viss variation resultatmässigt för en relativt liten målgrupp. Detta kan i sig vara något som kan påverka utfallet av det slutgiltiga resultatet, något som har varit svårt att ta hänsyn till. Andra faktorer som har varit svåra att granska och ta hänsyn till vid analys av artiklarna är faktorer gällande programmering av hörapparater och CI. Vissa artiklar dokumenterar tydligt vilken preskriptionsmetod som använts i hörapparaterna pre- och postoperativt medan vissa inte gör det. Detta är en okänd faktor som skulle kunna påverka resultat vid jämförelse av pre- och postoperativa hörtrösklar och resultat vid taluppfattningstest. På samma sätt dokumenterar vissa artiklar tydligt programmering av CI medan vissa inte gör det. Även detta kan påverka mätresultaten.

5.2 Resultatdiskussion

Resultat av denna litteraturstudie tyder på att det framgångsrikt går att bevara resthörsel vid operation av CI men att det finns en mer eller mindre kontinuerlig degradering av denna över

tid. Det finns även en viss risk för total förlust av hörsel efter operation. Detta utgör dock inte en stor procentandel

Mertens et al. (2013) och Gstoettner et al. (2006) behandlar det långsiktiga perspektivet av rehabilitering med EAS. Dessa visade på relativt stabil resthörsel för hörtrösklar i lågfrekvensområdet över tid och förbättrade resultat vid test av taluppfattning, men det fanns fortfarande en viss kontinuerlig försämring av resthörseln. I ett längre perspektiv där resthörseln fortsätter att degradera kommer den inte längre vara funktionell och dessa individer är då i behov av ett konventionellt fullt CI. Om det är möjligt att använda den befintliga elektroden men programmera för hela frekvensspektrat tillkommer inga större ytterligare kostnader, men kommer göra det i händelse av en reimplantation. En reimplantation betyder även ytterligare medicinska risker. Gantz et al. (2016) och James et al. (2006) tog upp vikten av preoperativa TMV av denna anledning. För att kunna erhålla nytta under längre tid kan det vara viktigt att se till de preoperativa hörtrösklarna i vetskap om att dessa kan degradera. För att kunna optimera bevarande av resthörseln krävs identifiering av faktorer som orsakar större förlust och degradering av hörseln, vilket inte har varit syftet i detta arbete. Helbig et al. (2011) kunde konstatera att individer som opererats genom runda fönstret i högre grad bevarade hörseln än de som opererats med cochleostomi. Fler studier kring vilka kirurgiska tekniker, eller andra faktorer, som ger bäst resultat för bevarande av resthörsel och sammanställningar av dessa kan optimera förutsättningarna för individer aktuella för EAS. Fler studier än vilka är inkluderade i detta arbete krävs för att undersöka den kort-/långsiktiga nyttan av EAS.

Ett annat resultat av denna litteraturstudie är att rehabilitering med EAS ger betydlig förbättring av taluppfattning jämfört med både hörapparater och CI, även om CI ger bättre resultat än hörapparater. Det verkar även som att det i synnerhet finns fördelar med EAS vid taluppfattning i buller. Vissa studier visar även på en fördel med bilateral akustisk hörsel i kombination med EAS jämfört med enbart ett öra med akustisk hörsel.

Det behövs fler longitudinella studier av ytterligare skäl. Det är i dagsläget oklart hur många användare som är sanna EAS-användare. Framöver skulle det behövas data som redovisar hur många av användarna som använder sig av EAS, eller väljer att endast använda den akustiska- eller elektriska stimuleringen. Gstoettner et al. (2008) kunde i sin studie där EAS inte inkluderar en integrerad processor konstatera att EAS i flera fall väljs bort. Användarna valde

att inte använda sig av EAS på grund av att de ansåg att det akustiskt förstärkta ljudet försämrade ljudkvalitén, att den akustiska förstärkningen var för svag eller inte trivdes med att använda separata enheter. Detta antyder att större vetskap krävs om den subjektiva nyttan, vilket inte är något som omfattas i detta arbete.

I detta arbete var det enbart två artiklar som jämförde EAS med bimodal anpassning (Plant & Babic, 2016; Lenarz et al., 2013). Enligt dessa verkar det som att EAS med bilateral akustisk hörsel ger bättre resultat vid taluppfattning än bimodal anpassning, men fler studier krävs för att visa om detta stämmer. Även om det kan vara fördelaktigt med bilateral akustisk hörsel visar dock resultatet ändå på en signifikant förbättrad taluppfattning med unilateralt EAS jämfört med hörapparat eller enbart CI. Mer forskning och jämförelser mellan de olika lyssningslägena kan lägga grund för riktlinjer gällande vilken kombination av lyssningslägen som ger bäst utfall för taluppfattning.

Dessa resultat visar på att EAS kan ge nytta när det gäller taluppfattning både i tyst och framför allt i buller och mer eller mindre bevara resthörseln. Dock finns det ett begränsat antal patienter med EAS och därmed begränsat antal studier med stora populationer som ger mer statistiskt signifikanta resultat. Vissa av de valda studierna i detta arbete har ett stort antal deltagare, medan vissa har ett mindre antal. Det behövs fler studier med fler deltagare inom området för att kunna ge den tilltänkta patienterna bästa möjliga rehabilitering, inte minst gällande minimerad risk att förlora funktionell hörsel och bästa möjlighet till förbättrad taluppfattning. Det har även varit svårt att hitta statistik över hur många som faktiskt har behandlats med EAS och därav går det inte att säga hur stor procent av gruppen detta arbete täcker och därmed till vilken grad arbetets resultat representerar verkligheten

En av artiklarna tar upp risk för akustiskt läckage vid användning av hörselskydd i syfte att enbart mäta CI (James et al., 2006). Detta skulle kunna ge falskt bättre resultat då akustiskt ljud läcker in till cochlean när man enbart vill mäta den elektriska stimuleringen vilket är något man måste ta hänsyn till. Man kan tänka sig att det i dessa fall skulle vara bättre med en kontrollgrupp med användare av konventionellt CI för att undvika denna eventuellt missvisande faktorn.

Det gick ej att besvara arbetets tredje frågeställning till fullo. Det fanns ej studier som gjorde jämförelser mellan taluppfattning hos individer med hörtrösklar inom normalområdet

lågfrekvenshörsel i lågfrekvensområdet och hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel vid rehabilitering med EAS. Det är av värde att jämföra dessa grupper för att vidare kunna fastställa riktlinjer för kandidatur då det kan finnas skillnader i hur framgångsrikt utfallet blir efter rehabilitering med EAS med olika utgångslägen gällande hörtrösklar i lågfrekvensområdet.

6. KONKLUSION

Från arbetets resultat går det dra följande slutsatser:

- Resultat tyder på att det framgångsrikt går bevara resthörsel vid rehabilitering med EAS. Det finns dock risk för viss försämring av hörtrösklar över tid. Det finns en liten risk för total hörsel förlust
- EAS tenderar till att påvisa bättre resultat jämfört med konventionellt CI respektive konventionell hörapparat vad gäller taluppfattningsresultat, främst vid tal i brus.
- Mer forskning krävs gällande rehabilitering med EAS för individer med hörtrösklar inom normalområdet i lågfrekvensområdet och hörapparatförstärkt lågfrekvenshörsel för att avgöra om det finns skillnader i utfall för taluppfattning mellan de båda grupperna.

Vidare forskning med större deltagarantal krävs kring bevarande av resthörsel och utfall för taluppfattning efter rehabilitering med EAS. Detta för att kunna utvärdera säkerhet och effektivitet av rehabiliteringsmetoden och kunna fastställa riktlinjer gällande både kandidatur och tillvägagångssätt. Denna rehabiliteringsmetod ger nya möjligheter för audionomer i samarbete med andra professioner inom området att tillgodose behoven hos en specifik grupp. Det är en potentiell lösning för en grupp som faller mellan stolarna utan ett optimalt hjälpmedel utifrån deras förutsättningar. Det krävs dock att denna optimeras ytterligare för deras säkerhet och vinning.

REFERENSLISTA

Adunka, Oliver F., Dillon, Margaret T., Adunka, Marcia C., King, English R., Pillsbury, Harold C., & Buchman, Craig A. (2013). Hearing preservation and speech perception outcomes with electric-acoustic stimulation after 12 months of listening experience. *Laryngoscope*, 123(10), 2509-2515. doi:10.1002/lary.23741

Adunka, O. F., Pillsbury, H. C., Adunka, M. C., & Buchman, C. A. (2010). Is electric acoustic stimulation better than conventional cochlear implantation for speech perception in quiet? *Otol Neurotol*, 31(7), 1049-1054. doi:10.1097/MAO.0b013e3181d8d6fe

Arlinger, S. (2003). Negative consequences of uncorrected hearing loss--a review. *Int J Audiol* 42 Suppl 2: 2S17.

Arlinger, S. (2007). *Nordisk lärobok i audiologi*.

Bruijnzeel, H., Draaisma, K., Van Grootel, R., Stegeman, I., Topsakal, V., & Grolman, W. (2016). Systematic Review on Surgical Outcomes and Hearing Preservation for Cochlear Implantation in Children and Adults. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 154(4), 586-596. doi:10.1177/0194599815627146

De Carvalho, Valente, Duarte, Muranaka, Guimarães, Soki, . . . Paschoal. (2012). Electro acoustic stimulation of the auditory system: UNICAMP's surgical approach. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 78(1), 43-50

Ching, T., Incerti, P., & Plant, K. (2015). Electric-acoustic stimulation: For whom, in which ear, and how. *Cochlear Implants International*, 16(S1), S12-S15. doi:10.1179/1467010014z.000000000225

Chung, K. (2004). Challenges and recent developments in hearing aids. Part I. Speech understanding in noise, microphone technologies and noise reduction algorithms. *Trends Amplif* 8(3): 83-124.

Dillon, H. (2012). *Hearing aids*. Sydney, Sydney : Boomerang Press : New York : Thieme.

Emanuel, D. C. (2009). *Hearing science*. Philadelphia, Philadelphia : Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins.

Erixon, E. (2014). Hearing conservation CI surgery and hybrid hearing. From anatomical aspects to patient satisfaction. *Svensk ÖNH-tidskrift* 21(3).

Gantz, B., Dunn, C., Oleson, J., Hansen, M., Parkinson, A., & Turner, C. (2016). Multicenter clinical trial of the Nucleus Hybrid S8 cochlear implant: Final outcomes. *Laryngoscope*, 126(4), 962-973. doi:10.1002/lary.25572

Gelfand, S. A. (2009). *Essentials of audiology*. New York, New York : Thieme.

Gstoettner, W., Helbig, S., Maier, N., Kiefer, J., Radeloff, A., & Adunka, O. (2006). Ipsilateral Electric Acoustic Stimulation of the Auditory System: Results of Long-Term Hearing Preservation. *Audiology and Neurotology*, *11*, 49-56. doi:10.1159/000095614

Gstoettner, W., Van de Heyning, P., Fitzgerald O'Connor, A., Morera, C., Sainz, M., Vermeire, K., . . . Adunka, O. (2008). Electric acoustic stimulation of the auditory system: Results of a multi-centre investigation. *Acta Oto-Laryngologica*, *2008*, Vol.128(9), P.968-975, 128(9), 968-975. doi:10.1080/00016480701805471

Helbig, S., Van de Heyning, P., Kiefer, J., Baumann, U., Kleine-Punte, A., Brockmeier, H., . . . Gstoettner, W. (2011). Combined electric acoustic stimulation with the PULSARCI 100 implant system using the FLEX EAS electrode array. *Acta Oto-Laryngologica*, *2011*, Vol.131(6), P.585-595, 131(6), 585-595. doi:10.3109/00016489.2010.544327

Incerti, Paola V., Ching, Teresa Y.C., & Cowan, Robert. (2013). A systematic review of electric-acoustic stimulation: Device fitting ranges, outcomes, and clinical fitting practices.(Report). *Trends in Amplification*, *17*(1), 3. doi:10.1177/1084713813480857

James, Fraysse, Deguine, Lenarz, Mawman, Ramos, . . . Sterkers. (2006). Combined electroacoustic stimulation in conventional candidates for cochlear implantation. *Audiology & Neuro-otology*, *11 Suppl 1*, 57-62. doi:10.1159/000095615

Lenarz, James, Cuda, Fitzgerald OConnor, Frachet, Frijns, . . . Uziel. (2013). European multi-centre study of the Nucleus Hybrid L24 cochlear implant. *International Journal of Audiology*, *2013*, Vol.52(12), P.838-848, 52(12), 838-848. doi:10.3109/14992027.2013.802032

Lenarz, T., Stöver, T., Buechner, A., Lesinski-Schiedat, A., Patrick, J., & Pesch, J. (2009). Hearing conservation surgery using the Hybrid-L electrode. Results from the first clinical trial at the Medical University of Hannover. *Audiology & Neuro-otology*, *14 Suppl 1*, 22-31. doi:10.1159/000206492

Loh, K. Y. and S. Elango (2005). Hearing impairment in the elderly. *Med J Malaysia* *60*(4): 526-529; quiz 530.

Lorens, A., Polak, M., Piotrowska, A., & Skarzynski, H. (2008). Outcomes of Treatment of Partial Deafness With Cochlear Implantation: A DUET Study. *Laryngoscope*, *118*(2), 288-294. doi:10.1097/MLG.0b013e3181598887

Mahmoud, A. F., Massa, S. T., Douberly, S. L., Montes, M. L., & Ruckenstein, M. J. (2014). Safety, efficacy, and hearing preservation using an integrated electro-acoustic stimulation hearing system. *Otol Neurotol*, *35*(8), 1421-1425. doi:10.1097/mao.0000000000000422

Mertens, G., Punte, A. K., Cochet, E., De Bodt, M., & Van de Heyning, P. (2014). Long-

term follow-up of hearing preservation in electric-acoustic stimulation patients. *Otol Neurotol*, 35(10), 1765-1772. doi:10.1097/mao.0000000000000538

Olusanya, B. O., Neumann, K. J., & Saunders, J. E. (2014). The global burden of disabling hearing impairment: a call to action. *Bull World Health Organ*, 92(5), 367-373. doi:10.2471/blt.13.128728

Plant, K. and L. Babic (2016). Utility of bilateral acoustic hearing in combination with electrical stimulation provided by the cochlear implant. *Int J Audiol* 55 Suppl 2: S31-38. doi:10.3109/14992027.2016.1150609

Reiss, Turner, Karsten, & Gantz. (2014). Plasticity in human pitch perception induced by tonotopically mismatched electro-acoustic stimulation. *Neuroscience*, 256, 43-52. doi:10.1016/j.neuroscience.2013.10.024

Ricketts, T. A. and B. W. Hornsby (2006). Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. *Int J Audiol* 45(3): 190-197.

Roche, J. P. and M. R. Hansen (2015). On the Horizon: Cochlear Implant Technology. *Otolaryngol Clin North Am* 48(6): 1097-1116. doi:10.1016/j.otc.2015.07.009

Roeser, R. J., et al. (2007). *Audiology : diagnosis*. New York, New York : Thieme.

Roland, J., Gantz, B., Waltzman, S., & Parkinson, A. (2016). United States multicenter clinical trial of the cochlear nucleus hybrid implant system. *Laryngoscope*, 126(1), 175-181. doi:10.1002/lary.25451

Sahlgrenska Universitetssjukhus (2012) *Vuxna med hörselrelaterad sjukdom som är i behov av medicinsk bedömning vid ÖNH/Audiologisk mottagning* Retrieved: 2017-03-15 from <https://www2.sahlgrenska.se/upload/SU/Omr%C3%A5de%205/Verksamheter/%C3%96ron-N%C3%A4sa-Hals/Patientinformation/Remittering%20av%20vuxna%20till%20C3%96NH-%20Audmottagning.pdf>

Shohet, Jack A., & Bent, Thomas. (1998). Hearing loss: The invisible disability; helping patients overcome a stigma of old age. (Symposium: Common ENT Problems, part 3). *Postgraduate Medicine*, 104(3), 81.

Simpson, A. (2009). Frequency-lowering devices for managing high-frequency hearing loss: a review. *Trends Amplif* 13(2): 87-106. doi:10.1177/1084713809336421

Skarzynski, Henryk, Lorens, Artur, Matusiak, Monika, Porowski, Marek, Skarzynski, Piotr H., & James, Chris J. (2012). Partial Deafness Treatment with the Nucleus Straight Research Array Cochlear Implant. *Audiology and Neurotology*, 17(2), 82-91. doi:10.1159/000329366

Skarzynski, Henryk, Van De Heyning, P., Agrawal, S., Arauz, S. L., Atlas, M., Baumgartner, W., . . . Mertens, G. (2013). Towards a consensus on a hearing preservation classification

system. *Acta Oto-Laryngologica*, 2013, Vol.133(S564), P.3-13, 133(S564), 3-13.
doi:10.3109/00016489.2013.869059

Turner, Reiss, & Gantz. (2008). Combined acoustic and electric hearing: Preserving residual acoustic hearing. *Hearing Research*, 242(1), 164-171. doi:10.1016/j.heares.2007.11.008

Van De Water, T., & Laitman, Jeffrey T. (2012). Historical Aspects of Inner Ear Anatomy and Biology that Underlie the Design of Hearing and Balance Prosthetic Devices. *Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 295(11), 1741-1759. doi:10.1002/ar.22598

Von Ilberg, C., Baumann, U., Kiefer, J., Tillein, J., & Adunka, O. (2011). Electric-Acoustic Stimulation of the Auditory System: A Review of the First Decade. *Audiology and Neurotology*, 16, 1-30. doi:10.1159/000327765

World Health Organization. (2017). *Prevention of blindness and deafness*. Estimates. Retrieved 2017 Jan 17 from <http://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/>

World Health Organization. (2017). *Prevention of blindness and deafness*. Estimates. Retrieved 2017 Jan 17 from <http://www.who.int/pbd/deafness/Frequentlyaskedquestions.pdf?ua=1>

World Health Organization. (2017). *Prevention of blindness and deafness*. *Grades of hearing impairment*. Retrieved 2017 Feb 17 from http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/

Zeng, F. G., Rebscher, S., Harrison, W., Sun, X., & Feng, H. (2008). Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *IEEE Rev Biomed Eng*, 1, 115-142. doi:10.1109/rbme.2008.2008250

