



GÖTEBORGS UNIVERSITET  
Sahlgrenska akademien  
Institutionen för neurovetenskap och fysiologi  
Enheten för Audiologi

VT 2016

## SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE I AUDIOLOGI, 15 hp

### Grundnivå

<b>Titel</b> <b>Hört om appar</b> - En beskrivande litteraturstudie om tonaudiometrisk hörströskelmätning i screeningssyfte med smartphones och tablets.	
<b>Författare</b> Thommy Harrstedt	<b>Handledare</b> Tomas Tengstrand Johannes Olsson
	<b>Examinator</b> Kim Kähäri
<b>Sammanfattning</b> Smartphones och tablets med tillhörande mjukvara, appar, är billiga och lättillgängliga världen över. På senare tid utgör de en ny plattform för hörselscreening. Hörselnedsättning är en av de mest förekommande sensoriska nedsättningarna och får mer eller mindre omfattande negativa effekter för den drabbade om ingen rehabilitering görs. Ett första steg mot rehabilitering är att fastställa om hörselnedsättning föreligger vilket görs med ett hörselprov. Tid och tillgång till hörselundersökning är två av de avgörande faktorerna i stora delar världen, ett problem som hörselscreening kan vara en del av lösningen på.	
<b>Syfte:</b> Syftet med denna beskrivande litteraturstudie är att sammanställa forskning som jämför precisionen för tonaudiometri utförd med smartphone och tablets med konventionella metoder.	
<b>Metod:</b> En litteraturstudie där 15 vetenskapliga artiklar publicerade mellan 2012-2016 ingick i materialet. Deltagarna i studien var mellan 3-94 år. Artiklarna hittades via databasen Pubmed och via referenser till de granskade artiklarna.	
<b>Resultat:</b> Resultatet visar att hörströskelmätning med god precision kan utföras med appar till smartphones och tablets. Ingen eller låg statistisk signifikant skillnad på hörtrösklar i jämförelse mot konventionella mätmetoder kunde påträffas i 13 av 15 studier.	
<b>Konklusion:</b> Det finns appar till smartphones och tablets som kan användas för snabb och pålitlig hörströskelmätning i screeningsyfte.	
<b>Sökord:</b> appar, hörselscreening, mhälsa, smartphones, tablets, teleaudiologi	



University of Gothenburg  
The Sahlgrenska Academy  
Institute of Neuroscience and Physiology  
Unit of Audiology

Spring 2016

## BACHELOR RESEARCH THESIS IN AUDIOLOGY, 15 ECTS

### *Basic level*

Title	
<b>Heard of apps</b> - A descriptive review about measuring hearing thresholds with smartphones and tablets	
Author/s Thommy Harrstedt	Supervisor Tomas Tengstrand Johannes Olsson
	Examiner Kim Kähäri
<b>Abstract:</b> Smartphones and tablets with related software, apps, are cheap and easily available worldwide. More recently, they represent a new platform for hearing screening. Hearing loss is one of the most common sensory reductions and may more or less cause extensive negative effects for the person if no rehabilitation is done. A first step toward rehabilitation is to determine if hearing loss is present or not, which is done with a hearing test. Time and accessibility to hearing examination are two of the key factors in many parts of the world, issues that hearing screening can serve as a solution to.	
<b>Objective:</b> The purpose of this descriptive study is to compile research that compares the precision between establishing hearing thresholds by pure tones performed with smartphone and tablet using conventional methods.	
<b>Method:</b> A literature review in which 16 scientific articles published between 2012 to 2016 were included in the material. Participants in the study were between 3-94 years. The articles were found via Pubmed and through references of the reviewed articles.	
<b>Results:</b> The results show that measuring hearing thresholds with good precision can be done with apps for smartphones and tablets. None or low statistically significant difference in hearing thresholds was found in comparison to conventional methods in 13 of 15 studies.	
<b>Conclusion:</b> There are apps for smartphones and tablets that can be used for quick and reliable threshold measuring with screening purposes.	
<b>Keywords:</b> apps, hearingscreening, mhealth, smartphones, tablets, teleaudiology	

## **Förord**

Jag vill tacka min familj för deras tålamod och Tomas Tengstrand och Johannes Olsson för feedback och god handledning.

# Ordlista

**Smartphone/Smarttelefon:** Mobil telefon med avancerade datorfunktioner

**Tablet :** Surfplatta/pektdator med avancerade funktioner

**Applikation "app":** Specifik betydelse: mjukvara som är avsedd för en viss tillämpning, t.ex. läsa nyheter eller genomföra hörselprov.

**SPTA:** SmartPhone- och Tablet Applikation

**SPA:** SmartPhoneApplikation

**TA:** TabletApplikation

**Android OS:** "Öppet" operativsystem för mobila enheter, ägs av Google.

**iOS:** Apples operativsystem för bland annat mobila enheter som iPhone, iPad och iPod.

**ICT:** Engelsk förkortning för Information and Communication Technology.

Samlingsord för Informations och kommunikationsteknologi, dit räknas telefoner, datorer och surfplattor m.m.

**Telehälsa:** Prefixet "tele" betyder "fjärran" eller "på avstånd" eller "avlägsen".

Användning av ICT för att överföra sjukvårdsinformation för att tillhandahålla kliniska och administrativa tjänster eller utbildning.

**Telemedicin:** Användning av ICT för överföring av medicinsk information för att tillhandahålla kliniska och administrativa tjänster eller utbildning.

**Teleaudiologi:** audiologisk information

**eHälsa:** "e" står för elektronisk, som t.ex. e-post. Användning av digitala verktyg och digitalt utbyte av information för att uppnå hälsa

**mHälsa:** "m" står för mobil. Användning av mobila digitala verktyg och mobilt digitalt utbyte av information för att uppnå hälsa.

**Onlinehälsa:** Användning av internetbaserade verktyg och utbyte av information för att uppnå hälsa

**Synkron/Realtid:** Generell betydelse är "samtidig" eller "sker nu". Specifik betydelse är tidsdimension av t.ex. telemedicin, när patient undersöks via videolänk på distans.

**Asynkron ("store and forward"):** Generell betydelse "inte samtidig". I sammanhanget teleaudiologi tex att man utför hörselscreening vid ett tillfälle och att det sedan bedöms vid ett senare tillfälle.

**TDH-39:** Supraaurala hörtelefoner

**KT:** Konventionell luftledd tonaudiometri

**dB:** Decibel

**HL:** Hearing level

## Innehållsförteckning

<b>INTRODUKTION .....</b>	<b>1</b>
<b>Bakgrund.....</b>	<b>1</b>
Appar .....	1
Hälsa- och sjukvård på distans .....	2
Hörselmätning och kalibrering.....	2
Hörselnedsättning.....	4
Hörtröskelmätning med uHear.....	5
<b>SYFTE .....</b>	<b>7</b>
Frågeställning .....	7
<b>METOD.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabell 1. Sökväg.....</b>	<b>10</b>
<b>MATERIAL .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabell 2. Sammanställning av material.....</b>	<b>10</b>
<b>RESULTAT .....</b>	<b>15</b>
<b>DISKUSSION .....</b>	<b>17</b>
<b>Resultatdiskussion .....</b>	<b>17</b>
<b>Metoddiskussion .....</b>	<b>21</b>
<b>KONKLUSION.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>23</b>

# INTRODUKTION

## Bakgrund

### *Smartphones, tablets och appar*

De senaste åren har det skett en världsomfattande spridning av mobila informations- och kommunikationsteknologiska (ICT)-enheter så som smartphones och tablets (SPT). SPT kombinerar några av vår tids mest framgångsrika tekniska uppfinningar; datorn, internet och mobiltelefonen. I princip är SPT små datorer med användarvänliga gränssnitt och uppkoppling till internet via trådlöst nätverk eller mobiltelefonnätet. Utöver dessa funktioner finns även på de flesta smartphones och tablets bland annat GPS, mikrofon, hörlursuttag, kamera och accelerometer (Dillon, 2012; Kay, Santos, & Takane, 2011; West & Mace, 2010). Precis som på en dator finns ett operativsystem som fungerar som länk mellan hårdvara, mjukvara och användare. De vanligaste operativsystemen för smartphones och tablets är Android och iOS, dessa utgör också plattformar för den mjukvara (applikationer) som används i materialet i den här uppsatsen. Även mjukvaran är likt ett datorprogram, avsedd för viss en tillämpning och kallas för app, förkortning av applikation. Viss mjukvara med generella användningsområden som t.ex. webbläsare och e-postklient brukar ingå med operativsystemet. Andra appar med mer specifik tillämpning kan köpas eller laddas ner gratis från appbutiker eller från internet. Appbutiken för Android heter Google Play respektive App Store för iOS. Redan år 2013 fanns nära en miljon appar i respektive appbutik och nya appar utvecklas hela tiden. Totalt hade 60 miljarder appar laddats ner till båda operativssystemen september 2012. Året innan, 2011 såldes för första gången mer smartphones (mobiltelefoner medräknade) än datorer (Garcia-Swartz & Garcia-Vicente, 2015; Koch & Kerschbaum, 2014). Enligt en rapport från Ericsson (2014) finns det lika många mobilabonnemang som människor på jorden och varje sekund tecknas tjugo nya abonnemang för mobilt bredband. En majoritet av dessa är smartphoneabonnemang och det beräknas att den siffran kommer dubblas till 2021. Ökningar som främst tillskrivs prissänkningar i områden som den asiatiska delen av stilla havsregionen, mellanöstern och Afrika. Även den globala mängden "data" som används stiger konstant. Trenden för dataanvändningen går från att surfa på internet åt video- och appbaserad mobildataanvändning (Ericsson, 2014).

Appar och smartphones har nått extrem popularitet först på senare tid men är inga nya uppfinningar. Mjukvaruapplikationer och webbapplikationer fanns till exempel till datorer innan de var "appar" till smartphones och surfplattor. Dessutom bygger de flesta SPTA på tidigare utvecklad mjukvara eller koncept som helt enkelt anpassats till de nya plattformarna. Den första smartphone-modellen en Nokia, lanserades 1997, flera olika tillverkare släppte därefter olika varianter men tekniken fick ingen större framgång förrän först ca 10 år senare (Basole & Karla, 2011; West & Mace, 2010). West och Mace (2010) menar att kärnkonceptet som ligger bakom iPhones, sedermera alla smartphones framgångar är något så enkelt som implementeringen av en "vanlig webbläsare" i telefonen. Visionen hörs i en intervju Steve Jobs gjorde tre veckor innan lanseringen av iPhone, "...You've used the Internet on your phone, it's terrible! You get baby internet, or the mobile internet, people want the "real" internet on their phone. We are going to deliver that..." (Block, 2007, 30 maj). En annan del av framgången bestod i hur man levererade detta. Till skillnad från många andra fabrikat med liten skärm och knappsatser använde sig iPhone av en storskärm och touchscreen. Vilket lämpade sig bättre för bland annat internetanvändande och för att kolla på video. Andra viktiga aspekter var att Apples marknadsplats för media, iTunes, som tidigare utvecklats för den marknadsledande musikspelaren iPod, redan hade en användarplattform och gränssnitt redo för bruk. Följande milstolpe kom 2008 då först iPhone 3G och appstore släpptes med möjlighet att för första gången installera tredjeparts appar. Som innebar att andra tillverkare än Apple kunde marknadsföra sina appar på App Store. Kort därefter lanserades också Androida smartphones med tillhörande appbutik (då Android Market) (Garcia-Swartz & Garcia-Vicente, 2015). Android är inte bundet till någon specifik tekniktillverkare utan är ett så kallat öppet operativsystem. West et. al. (2010) påtalar att det inte är de nya tekniska lösningarna i sig som är anledningen till varför vi vill ha smartphones och appar utan att det är för det värde det ger oss. Något som var värdeskapande för de första mobiltelefonerna, t.ex. att kunna ringa någon utan en fast telefonlina, är inte värdeskapande på samma sätt för dagens mobila datanät. På senare tid handlar användningen mer om värdeskapande innehåll som exempelvis: strömmad media, sociala nätverk, information och gaming (West & Mace, 2010).

### *Hälso- och sjukvård på distans*

Mobil hälsa, mHälsa, betyder användning av mobil och trådlös teknologi för att uppnå hälsa (Kay et al., 2011). mHälsa via ICT-enheter har potential att nå patienter i delar av världen där vissa vårdtyper saknas, en sådan är hörselvård, där distansvård är ett lovande alternativ (Swanepoel et al., 2010).

Andra vanligt förekommande begrepp för sjukvårdsärenden på distans är telehälsa, telemedicin och eHälsa. mHälsa är egentligen en underkategori till eHälsa (Kay et al., 2011). Telemedicin kan till exempel vara när en läkare via videolänk har med sig en expert inom ett medicinskt område och gemensamt undersöker en patient. Dock behöver inte detta ske i realtid (synkront) utan kan ske via så kallat "store-and-forward"(asynkront), enkelt översatt innebär det att ett testresultat sparas och skickas vidare för bedömning till t.ex. öronläkare eller audionom (Krumm, 2007). Förutom fördelarna med ökad tillgänglighet till hörselvård i utvecklingsländer finns även fördelar för utvecklade länder i områden där tillgång till hörselverksamhet är begränsad, till exempel i delar av Australien och Alaska, kan telehälsa vara ett kostnadseffektivt och hållbart sätt att nå patienter. (Swanepoel et al., 2010) Det finns förutom hållbarhetsaspekter som ekonomi, miljö och även mer hälsorelaterade fördelar med sjuk- och hälsovård på distans. En undersökning i Storbritannien visade att antal akuta sjukvårdsbesök minskade med 15-20 % när telehälsa användes korrekt (Young, 2013).

Teleaudiologi innebär audiologi på distans. Redan 2003 genomfördes en studie som testade audiometri över internet med patient och audionom på olika platser med under 2 dB HL skillnad för luft- och benledda audiometri mellan konventionell audiometri och den utförd på distans (Givens & Elangovan, 2003). Swanepoel et al. (2010) gjorde en slags sammanfattande studie över behovet och möjligheterna för telehälsa inom området för hörsel att nå delar av samhället där det råder brist på hörselvård, främst i utvecklingsländer. I studien beskrivs flera möjliga användningsområden och praktiska tillvägagångssätt. Användningsmöjligheterna är uppdelade i kategorierna utbildning/träning, screening, diagnostik och intervention. I dagsläget finns tekniken för att erbjuda stora delar av hörselverksamheten på distans men det behövs fortfarande mer valideringsstudier och internationella riktlinjer (Swanepoel et al., 2010).

### *Hörselmätning och Kalibrering*

Tonaudiometri i certifierade mättrum utförd av kvalificerad personal är den mätmetod som är gold standard för att mäta hörselnedsättning. Mätutrustningen kalibreras regelbundet och testmiljön uppfyller krav på att bakgrundsljud som kan tänkas påverka mätresultat är inom acceptabla nivåer (Svenska audiologiska metodboksgruppen [SAME], 2004). Kalibrering av hörlurar som används inom klinisk tonaudiometri sker enligt givna referensvärden som specificeras i ISO 389 (ISO, 1998).



Screeningtest eller screening kallas metoder som går ut på gallra fram individer med en viss särskild egenskap som eftersöks ur en ofta större grupp undersökningsobjekt ("Screening" , 2016) Vid hörselscreening sätts ett förutbestämt gränsvärde, t.ex. ett tonmedelvärde över 25 dB. Detta gränsvärde fungerar som en skiljelinje, alla personer med resultat som hamnar över gränsvärdet kommer få genomgå ytterligare undersökningar och de som hamnar under det uppsatta värdet "godkänns" och kommer inte undersökas vidare. Syftet med hörselscreening är upptäcka personer som kan ha en hörselnedsättning för att kunna remittera dem för ett kliniskt hörselprov. Detsamma gäller självtest men då ligger det på personens eget ansvar att uppsöka professionell hjälp, förutom i de fall då resultatet direkt hamnar hos personal med klinisk kompetens som i sin tur bokar tid för vidare utredning. Hörselscreening är kostnadseffektivt vad gäller både tid och resurser, eftersom de som klarar testet inte behöver ytterligare undersökning frigörs det på så vis resurser till dem som inte klarar testet (Demorest, Wark, & Erdman, 2011). Tre hörselscreeningmetoder med hög validitet är tonaudiometrisk hörselsceening, taltest och självskattningsformulär (Stenfelt, Janssen, Schirkonyer, & Grandori, 2011) (MacLennan-Smith, Swanepoel, & Hall, 2013). Validitet hos screeningtest är viktig på grund av att det finns en inneboende risk för felklassificering. En valid screeningmetod finner individer som behöver ett diagnostiskt test, den säger inget om diagnosen. Det är därför det är så viktigt för screeningmetoder att ha lämplig sensitivitet och specificitet, vilket innebär en låg grad falskt negativa- och falsk positiva fynd. För att vara användbara måste testen också ha goda positiva- och negativa förutsägande värden. Det är alltså ration av sanna positiva- och sanna negativa resultat jämfört mot det totala antalet av positiva och negativa testresultat. Ett förutsägande värde hänger inte bara testets egenskaper utan också på förekomsten av det man önskar mäta hos de man testar (Demorest et al., 2011)

### *Hörselnedsättning*

Konsekvenserna om en hörselnedsättning inte rehabiliteras beror på flertal faktorer. Ålder och grad av hörselnedsättning samt hur länge man haft den är viktiga aspekter för vilka följderna blir. För barn står tal- och språkutveckling i fokus och tidig intervention minskar de negativa effekterna till följd av hörselnedsättning. Det uppskattas att ca 32 miljoner barn världen över lider av hörselnedsättning och att en stor majoritet av dessa inte kommer ha tillgång till tidig audiologisk diagnostik och rehabilitering (World Health Organization, 2010, 2013).

Även i studier gjorda på äldre personer har man funnit att ett stort hinder för rehabilitering är underdiagnostisering (Bogardus, Yueh, & Shekelle, 2003; Pacala & Yueh, 2012). Man uppskattar att endast ca 25 % av de som har en hörselnedsättning som kan rehabiliteras med

hörhjälpmedel faktiskt har erhållit detta (Gates, Cooper, Kannel, & Miller, 1990; Kochkin, 1997). Negativa effekter från hörselnedsättning hos äldre är bland annat försämrad och reducerad kommunikation, sämre upplevd livskvalitet och kognitiva försämringar (Boothroyd, 2007; Gabriel & Bowling, 2004; Lin & Albert, 2014). Hörselnedsättning är en av de vanligaste sensoriska nedsättningarna hos den mänskliga populationen (Mathers, Smith, & Concha, 2000). Många personer är omedvetna om sina hörselbesvär på grund av brist på lättillgängliga, billiga och regelbundna undersökningar (Margolis & Morgan, 2008). Vissa har inte ens övervägt att göra ett hörseltest över huvud taget och att använda hörapparat vid nedsättning av hörselförmågan kan minska psykosocial inverkan på hälsan, depression och förbättra livskvaliteten (Davis, Smith, Ferguson, Stephens, & Gianopoulos, 2007; Lotfi, Mehrkian, Moossavi, & Faghih-Zadeh, 2009; Margolis & Morgan, 2008). Förlust av tillfällen för sociala, ekonomiska och utbildningsmöjligheter på grund av orehabiliterad hörselnedsättning kan undvikas eller reduceras genom att den upptäcks och rehabiliteras i tid (Mathers et al., 2000; World Health Organization, 2013).

#### *Exempel på "app", Uhear från Unitron*

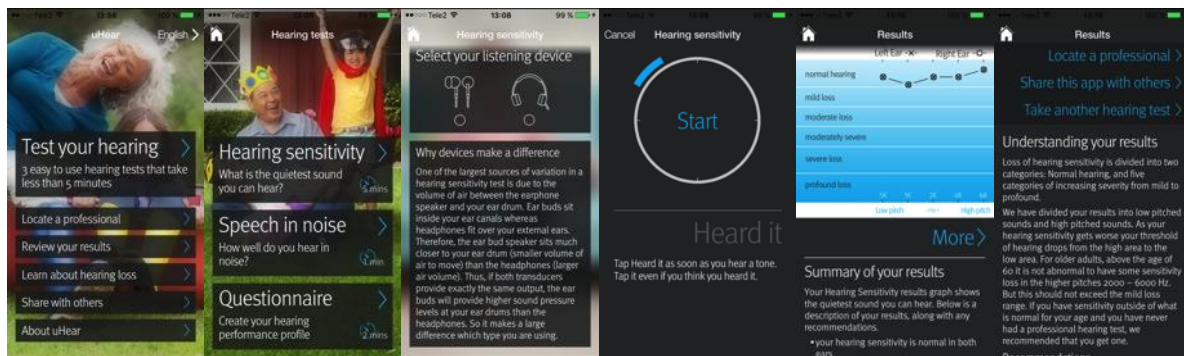
Uhear är utvecklat för iOS och finns att ladda hem gratis från appstore. Appen finns på flera språk dock ej på svenska. Startsidan innehåller förutom valet att utföra hörseltest bland annat allmän information om hörselnedsättning, möjlighet att se tidigare hörselprov och att hitta närmaste hörselmottagning med hjälp av enhetens platsinformation.

Tillverkaren har beräknat att samtliga hörseltest tar mindre än 10 min att genomföra. De tre hörseltesten är självtest och består av tonaudiometri, tal i brus och frågeformulär. Precis som för alla appbaserade hörseltest i dagsläget har uHear främst ett screeningssyfte och vid påvisande av hörselnedsättning rekommenderas uppsöka professionell hjälp. Nedan redovisas endast hur ton- och talaudiometri går till.

Man har valt att kalla testet som går ut på att hitta hörtrösklar för toner för "hearing sensitivity". I första instruktionssteget (se figur 1.) blir man ombedd att hitta en tyst omgivning och ha hörlurarna korrekt placerade. Användaren får information om hur testet går till, att det inte ersätter ett professionellt hörselprov och hur bakgrundsljud kan påverka resultatet. Det andra steget inleds med att man väljer in ear eller supra aurala hörlurar och följs av kort information om varför detta val är så viktigt. Nästa stegs innehåll beror lite på vilken typ av hörlurar man väljer men i bägge fall ombeds man stänga av noise cancellation (enhetens inbyggda bullerreducering) och en kort förklaring till varför. I det fjärde och sista

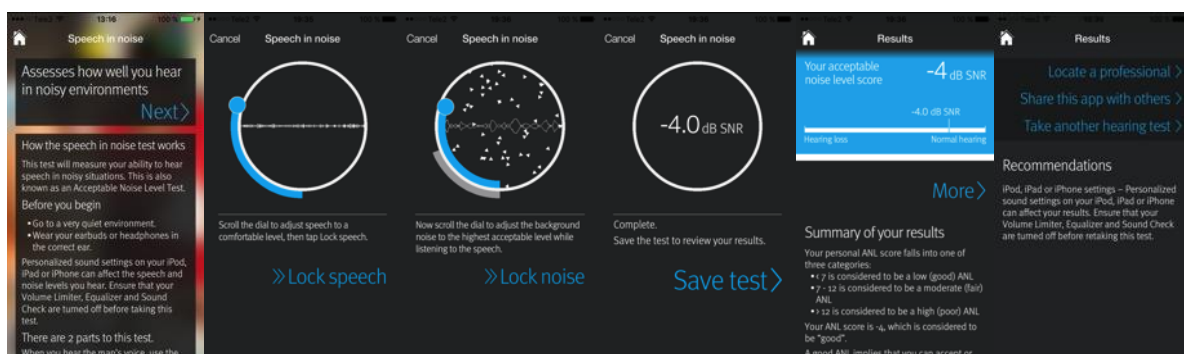
steget mäter appen om det är tillräckligt tyst med hjälp av enhetens inbyggda mikrofon. Därefter startar testet genom att en serie toner presenteras likt en sedvanlig hörselmätning dock med färre tröskelpassager än Hugh-Westlakemetoden. Man anger om man uppfattat tonen genom att klicka "heard it" på displayen. En indikator visar hur stor andel procent av testet man genomfört, vid 50 % byter programmet testöra. Efter testet får man se ett audiogram för båda öronen där grad av hörselskada anges istället för dB HL. En sammanställning av resultatet i textform presenteras under audiogrammet. Möjliga orsaker och felkällor ges i följande ruta, samt möjlighet att hitta hörcentral, dela testet i sociala medier och att göra om testet.

**Figur 1. uHear användarvy 1**



Tal i brustestet inleds också med bakgrund och instruktioner se figur 2. Sedan väljs lagomnivå på talsignalen. Därefter spelas ett talbrus upp som ska ställas in på en nivå man kan tolerera och samtidigt uppfatta talsignalen. Avslutningsvis presenteras den valda SNR-nivån och en summering av resultatet samt möjlighet att lokalisera professionell hjälp.

**Figur 2. uHear användarvy 2.**



## **SYFTE**

Syftet med denna beskrivande litteraturstudie är att sammanställa forskning som utvärderar tonaudiometrisk hörtröskelmätning utförd med smartphone och tablet i syfte att jämföra precisionen med konventionell audiometri och hörselscreening.

### *Frågeställning*

- 1) Hur väl stämmer resultaten från tonbaserade hörtröskelmätningar utförd med smartphone och tablet överens med de från konventionell audiometri och hörselscreening?
- 2) Vilka för- och nackdelar finns med dessa tekniska lösningar för hörtröskelmätning ur klinisk synpunkt för audionom/sjukvård och patient?

## **METOD**

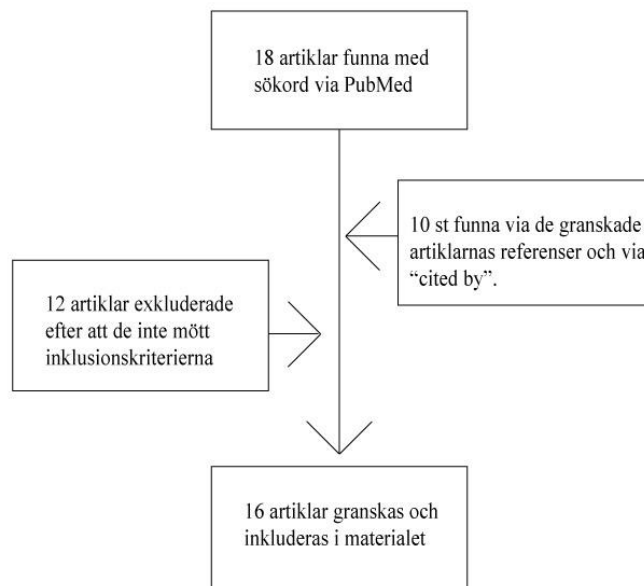
Tillvägagångssättet för datainsamlingen till denna beskrivande litteraturstudie var att leta vetenskapligt granskade originalartiklar via PubMed. Sökningar gjordes också i databaserna Scopus och Cinahl men där hittades inga ytterligare artiklar än de som redan inkluderats. Utöver de som hittats via sökningarna hittades ett antal studier genom att gå igenom de redan inkluderade artiklarnas referenslistor. Inklusionskriterier var artiklar publicerade på engelska mellan 2012-2016 och artiklar där programvaran och utrustningen varit relativt lättillgänglig, d.v.s. att de applikationerna i går att köpa eller ladda hem från internet eller appbutiker. Ytterligare krav var att studierna antingen skulle jämföra appbaserade hörseltest med konventionella mätningar eller vara av relevans för audionom/sjukvård. Artiklar som inte haft relevans för syftet eller på något sätt inte hjälpt till med att besvara frågeställningarna har exkluderats.

**MeSH-termer:** "Hearing tests", "Hearing", "Audiometry", "Smartphone", "mobile applications", "Tablet(s)"

**Övriga söktermer:** uHear, iOS

**Tabell 1. Sökväg**

Databas	Söktermer	Antal träffar	Valda källor (exkl dubletter)
Pubmed	"Smartphone" and "Hearing"	23	7
Pubmed	"Smartphone" and "Audiometry"	8	3
Pubmed	"Tablet" and "Hearing"	74	2
Pubmed	"Tablet" and "Audiometry"	26	0
Pubmed	"mHealth" and "Hearing tests"	35	3
Pubmed	"mHealth" and "Audiometry"	27	0
Pubmed	"Hearing" and iOS	10	3
Pubmed	uHear	6	4
Artiklar funna via referenslistor		6	4
Artiklar funna via funktionen "Cited by"		4	2



**Figur 3. Processen för artikelurval.**

## **MATERIAL**

Materialet utgörs av 16 artiklar som publicerades mellan 2012-2016. Alla artiklar är kvantitativa, prospektiva eller tvärsnittsstudier. De flesta studierna har utfört sina mätningar med smartphones och tablets, förutom fyra studier vilka helt eller delvis använde sig av iPod touch, som enligt West (2010) är en enklare version av iPhone. Deltagarna i studierna var mellan 3-93 år.

I Tabell 1 sker redovisning av inkluderade artiklar. De är sorterade efter: 1) Operativsystem, först Androidbaserade, sedan iOS-baserade. 2) App som undersökts- hearScreen, uHear, Ear trumpet, shoeBOX Audiometry, 3) Publiceringsdatum, äldst först.

**Tabell 2. Sammanställning av material.**

Författare Publikationsår Land	Titel	Teknisk utrustning	Syfte	Urval	Resultat
Swanepoel, D. W. et. al. 2014 Sydafrika	Smartphone hearing screening with integrated quality control and data management	Smartphone (Android), Samsung Galaxy Pocket Plus S5301.	Att fastställa om en SPA kan användas som en kalibrerad screeningaudiometer med realtidsmätning av bakgrundsbuller med automatisk testsekvens för hörselscreening på skolor.	Del 2: 15 normalhörande. Del 3: 162 skolbarn. Tredelad studie.	Kalibreringen av SP vid 20, 30 och 40 dB var inom 1 dB av rekommenderade ekvivalent referens tröskelnivåer. Mikrofonkalibrering för bullermätning hade en maximal variabilitet över fonkurvor/lurar av 0.9, 0.6 och 2.9 dB på 1,2 och 4kHz, respektive, från referensintensiteter (30 till 75 dB SPL). Screeningresultaten visar inte på någon signifikant skillnad mellan SPA och KT med ett totalt remissantal på 4,3 % och 3.7% för respektive deltest.
Mahomed-Asmail, F. et. al. 2016 Sydafrika m.fl.	Clinical Validity of hearScreen™ Smartphone Hearing Screening for School Children	Smartphone (Android), Samsung Galaxy Pocket Plus S5301.	Att fastställa validiteten för smartphonebaserad hörselscreeningsteknologi jämfört med konventionell screeningaudiometri gällande sensitivitet och specificitet, antal remisser och testtid	n= 1070st skolbarn.	Ingen statistisk signifikant skillnad gällande sensitivitet och specificitet mellan de olika plattformarna. Lägre antal remitterade personer med smartphone-screening (3.2 vs. 4.6 %). Det gick 12,3 % snabbare att testa hörseln med smartphone.
Yousuf Hussein, S. et. al. 2015 Sydafrika m.fl.	Smartphone hearing screening in mHealth assisted community-based primary care	Smartphone (Android), Samsung Galaxy Trend Plus S5301.	Att undersöka den kliniska effektiviteten och erfarenheterna hos statsanställd vårdpersonal som utfört smartphonebaserade hörseltest.	n= 108 barn och 598 vuxna.	Remissandelen var 12 % för barn 6,5% för de vuxna som testades. Bakgrundsbuller över tillåtna nivåer hade signifikant påverkan på resultat vid 25dB på1kHz (p<0.05). SA VP var positiva till den tekniska lösningen gällande användarvänlighet, behov av tjänster, samhällsnyttan och tidseffektiviteten.

Sandtröm, J. et. al. 2015 Sverige m.fl.	Smartphone threshold audiometry in underserved primary health-care contexts	Smartphone (Android), Samsung Galaxy Trend Plus S3 (GT-19300).	Att validera ett kalibrerat smartphone-baserat hörseltest i en mätbursmiljö och i primärvårdsmottagningar.	n= tot. 94, 64 testades i mätrum, 30 utan bås. Upprepad Within-subject design	Av mätningarna som utfördes i ljudisolerat rum 13.7% normala hörtrösklar. Trösklar över 15 dB HL överensstämde med $\leq 10$ i 92.9% av testen med medelskillnad på $-1.0 \pm 7.1$ SD.
Szudek J. et. al. 2012 Kanada	Can uHear me now? Validation of an iPod-based hearing loss screening test.	iPod (iOS), iPod touch.	Att utvärdera uHear, en iOS-applikation, som ett test för hörselnedsättning, samt jämföra mot KT.	n= 100 st patienter.	uHear kunde korrekt uppmäta hörselnedsättning (PTA>40dB) med en sensitivitet på 98% och specificitet på 82%.
Khoza-Shangase, K. et. al. 2013 Sydafrika	Automated screening audiometry in the digital age: exploring uhearTM and its use in a resource-stricken developing country	iPod (iOS), iPod touch.	Studiens syfte är att fastställa precisionen hos uHear i jämförelse med KT.	n= 86 st skolbarn. Within-subject design	Resultaten jämfördes i ett parat t-test och skillnaden var statistiskt signifikant mellan uHear och KT. Hörtrösklarna som uppmättes med uHear var signifikant sämre än de som erhöles med KT. Skillnaden kan bero på olika ljudgivare, bakgrundsbuller och uHear inte kalibrerats ordentligt.
Handzel, O. et. al. 2013 Israel	Smartphone-based hearing test as an aid in the initial evaluation of unilateral sudden sensori-neural hearing loss	iPod (iOS), iPod touch.	Att undersöka om ett smartphone-baserat hörseltest kan användas för att i tidigt skede styrka diagnosticeringen av unilateral SSNHL.	n= 32 st patienter.	uHear/smartphone uppmätte sämre hörtrösklar både för det drabbade örat och det kontralaterala örat jämfört med konventionell tonaudiometri, skillnaden var störst i basfrekvenserna. Rangkorrelationen mellan medelmätvärdena uppmätta mellan KT och uHear var 0.83.



Peer, S. et al. 2015 Sydafrika	Hearing loss in the developing world: Evaluating the iPhone mobile device as a screening tool	Smartphone (iOS), iPhone 4.	Att evaluera uHear som ett potentiellt screeningverktyg i utvecklingsområden, samt fastställa precision hos specifika hörtrösklar som skulle kunna vara användbara för att tidigt upptäcka hörselnedsättning hos riskgrupper bland mindre bemedlade delar av samhället.	n=25 st patienter. Kvasi-experimentiell design. uHear testades i tre miljöer.	Screeningtesten med uHear fann måttliga till svåra hörselnedsättningar (PTA >40dB HL) träffsäkert med en SE på 100 % i alla tre ljudmiljöer. SP för resp ljudmiljöer. Mättrum (MR) 88 %, tyst rum (TR) 73 %, väntrum (VR) 68 %. Mätprecisionen för hörtrösklar i diskantregistret (2, 4 och 6 kHz) var utmärkt i MR och TR med bra resp. väldigt bra kappa värden med statistisk signifikans (p<0.05). I bas och mellanregister (250, 500 och 1000Hz) var precisionen måttlig i MR och dålig i TR och VR.
Abu-Ghanem, S. et. al. 2015 Israel	Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly	Smartphone (iOS), iPhone 4s.	Syftet är att utvärdera en SPA som screeningverktyg för hörselskador hos personer ≥65 och jämföra mot konventionell screeningaudiometri.	n= 26 st personer.	De genomsnittliga hörtrösklarna som erhöles med uHear var högre(sämre) för alla testfrekvenser jämfört med KT. Ett två sidigt t-test med CI på 95 % visade signifikanta genomsnittliga hörtröskelskillnader för alla frekvenser förutom 2kHz. De sammanlagda resultaten från uHear (ton+frågeformulär) stämmer överens med de som uppmättes med den bärbara audiometern för 24 av testpersonerna (92 %). 21 personer klarade inte KT, uHear gav samma resultat vilket ger en sensitivitet på 100 %. Två personer klarade KT men inte uHear som resulterar i en specificitet på 60 %
Lycke M, et al 2016 Belgien	Implementation of uHear™ - an iOS-based application to screen for hearing loss - in older patients with cancer undergoing a comprehensive	iPod (iOS), iPod touch.	Syftet är att validera uHear som ett screeningverktyg för att upptäcka hörselnedsättning hos äldre patienter med cancer utan diagnosticerad presbyakusis som en del av CGA.	n=33 patienter ≥70år.	Luftledd hörselnedsättning med TMV3 ≥40 dB HL hittades hos 15.4% hos av de öron som testades. uHear uppvisade god diagnostisk träffsäkerhet med AUC ±SE på 0.98 ± 0.14, maximal SE på 100 % men bara SP på 36.4% vid den förutbestämde cut-off-nivån på ≥40 dB HL.

	geriatric assessment				
Foulad, A. et. al. 2013 USA	Automated Audiometry Using Apple iOS-Based Application Technology	Smartphone och iPod (iOS), iPhone (ospecificerat) och iPod touch.	Syftet är att fastställa lämpligheten/användbarheten hos en iOS-baserad mjukvara för automatiska hörseltest och jämföra dess precision med KT.	n= 42st testpersoner . Prospektiv diagnostisk studie.	Den maximala skillnaden i ljudintensitet mellan olika Apple apparater och hörlurskombinationer var 4dB. I snitt hamnade 96 % av tröskelvärdena som mättes upp med det automatiserade testet i mätbur inom ett +/-10 dB-spänn av motsvarande tröskelvärden som erhöles med KT. När det automatiserade testet utfördes i ett tyst rum hamnade 94 % av hörtrösklarna inom ett spann på 10 dB jämfört med KT. Under standardiserade testförhållanden föredrog 90 % av testpersonerna den iOS-baserade audiometrin framför KT.
Derin, S. et. al. 2016 Turkiet	Initial assessment of hearing loss using a mobile application for audiological evaluation	Smartphone (iOS), iPhone 5.	Att jämföra en iOS app för tonaudiometri med konventionell tonaudiometri, samt utvärdera dess exakthet och reliabilitet för begynnande hörselnedsättning.	n= 32 patienter med HNS.	Resultaten från mätningen med iOS appen var för 39 av de 64 mätningarna helt överensstämmande med konventionell tonaudiometri. Det totala antalet uppmätta hörtrösklar hade en statistiskt signifikant samstämmighet ( $p < 0.05$ ).
Yeung, J. et. al. 2013 Kanada	The new age of play audiometry: prospective validation testing of an iPad-based play audiometer	Surfplatta (iOS), iPad.	Att validera en iPad-baserad lekaudiometer som tar hänsyn till tillkortakommanden hos KT.	n=80st barn 3-13år. Prospektiv randomiserad studie.	Majoriteten av barnen i den testade åldersgruppen hade förmågan att utföra hörseltestet med surfplatta. Datan visar att det inte finns någon statistisk signifikant skillnad mellan warbletonströsklarna som erhöles med surfplatta och KT ( $p=0.29$ ). SE 93.3%, SP 94.5%, samt ett starkt negativt prediktivt värde på 98.1%.

Yeung, J. C. et.al. 2015 Kanada	Self-administered hearing loss screening using an interactive, tablet play audiometer with ear bud headphones	Surfplatta(iOS), iPad 2.	Att utvärdera screeningförmågan hos en applikation till surfplatta i icke-klinisk miljö uppmätt med tillhörande hörlurar.	n= 80st. Prospektiv randomiserad studie.	De flesta deltagare var kapabla att genomföra hörseltest på surfplatta. Om man bortser från 500Hz så visar hörtrösklar uppmätta med surfplatta starkt negativt prediktivt värde och hög sensitivitet för hörselnedsättning.
Chi Shan Kam, A. et. al. 2012 Hong Kong	Clinical evaluation of a computerized self administered hearing test	Smartphone (iOS), tonaudiometri	Att fastslå reliabilitet och validitet för ett datorbaserat självadministrerat hörseltest	n= 100st patienter. Crossektionell kvantitativ jämförande studie	Ingen signifikant skillnad mellan omaskerade hörtrösklar mellan självtestet och konventionell tonaudiometri.
Larrosa, F. et. al. 2015 Spanien	Development and evaluation of an audiology app for iPhone/iPad mobile devices	Smartphone och tablet (iOS), iPhone 4, 5, 5c, 5s och iPad 2.	Syftet är att utveckla och utvärdera ett manuellt hörseltest för iPhone och iPad.	n= 110st patienter. En multicenter prospektiv icke randomiserad valideringsstudie.	Medelskillnaden i hörtrösklar mellan AudCal och konventionell tonaudiometri var $-0,21 \pm 6.38$ dB HL God reliabilitet och samstämmighet erhöles mellan KT och AudCals hörseltest.

## RESULTAT

Appar som utvärderats i studierna kan här listats i tabell 2 med version (i de fallen den informationen funnits tillgänglig), utgivningsår, operativsystem och typ av hörtelefon.

**Tabell 3. Utvärderade appar**

App	Version	Utgivningsår	Operativsystem	Hörtelefon	Testfrekvenser
hearScreen	ingen uppgift*	2014	Android OS	Supraaurala	0.5, 1, 2, 4 och 8 kHz
Ear trumpet	1.1.0	2012	iOS	Interaurala	0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6 och 8 kHz
uHear	1.0	2009	iOS	Interaurala	0.5, 1, 2, 4 och 6 kHz
uHear	2.0	2014 okt	iOS	Interaurala	0.25, 0.5, 1, 2, 4 och 6 kHz
ShoeBOX Audiometry	**	2015	iOS (endast iPad)	Interaurala	0.5, 1, 2 och 4 kHz
AudCal	2.4	2013	iOS	Interaurala	0.5, 1, 2, 3, 4 och 8 kHz
Icke namngiven app	***	-	iOS	Interaurala	0.25, 0.5, 1, 2, 4 och 8 kHz

\* Framkommer inte några mer uppgifter om hearScreen än de som står ovan. Angivet utgivningsår är det år då den första studien med hearScreen genomfördes. Testfrekvenser skiljer sig mellan första och sista studien, 500-8000 Hz är det som testas i den sista studien från 2015.

\*\* Framgår inte vilket version det är som testas. Appen släpptes till App Store 2015.

\*\*\* Framgår inte från studien vad appen i som testas av Chi Shan Kam, A. et. al. heter eller om den går att ladda hem. Men man kan läsa på utvecklarens hemsida att appen omnämns som ACEhearing. Det finns ingen app vid det namnet tillgänglig på App Store eller Google Play.

hearScreen kräver objektiv kalibrering till utvalda smartphonemodeller som standardiserats för användning (Mahomed-Asmail, Swanepoel, Eikelboom, Myburgh, & Hall, 2016).

Ear trumpet, uHear och AudCal är kompatibla med iPhone, iPad och iPod touch.

Av de 16 studier som inkluderats är det 15 st som jämför konventionell audiometri eller screeningaudiometri med smartphone-/tabletbaserad screening, antingen enbart luftledd tonbaserad audiometri eller i kombination med talaudiometri. Yousuf Hussein et al. (2015) undersökte hur vårdpersonal utan audiologisk utbildning med bara en genomgång av teknik och programvara kunde hantera och genomföra hörselscreening i olika vårdinrättningar. Samtliga forskningsartiklar är publicerade mellan 2012-2016 och utförda i olika delar av världen. I Sydafrika där det råder brist på audionomer och hörselmottagningar, samt ekonomiska resurser och behovet är stort för billig, lättillgänglig och enkel hörselscreening (Swanepoel, Myburgh, Howe, Mahomed, & Eikelboom, 2014). Hela 6 stycken av de granskade forskningsartiklarna kommer från Sydafrika. Gemensamt för forskningen är att de i 5 av 6 studier utvärderar hearScreen. Övriga ursprungsländer för genomgångna forskningsartiklar är Kanada, Israel, Spanien, Belgien, Turkiet, Hong Kong och USA.

I de flesta studierna har försökspersonerna personer/patienter rekryterats i samband med de skulle få sin hörsel undersökt på hörselmottagning. Bland andra har (Larrosa et al., 2015) och (J. C. Yeung, Heley, Beauregard, Champagne, & Bromwich, 2015) har använt detta tillvägagångssätt och valt deltagare till sin forskning utifrån en konsekutiv följd i den mån de passat inklusions- och exklusionskriterierna. Swanepoel et al. (2014) rekryterade elever från olika skolor till deras studier. Det genomförs inte hörselscreening rutinmässigt på alla nyfödda barn i Sydafrika så det kan vara den första hörselundersökning dessa personer får (Swanepoel et al., 2014).

Tio studier fann ingen statistisk signifikant skillnad mellan resultaten från hörselmätningarna. två studier fann att de stämde överens med vissa förbehåll, som att tex bortse från mätresultat från vissa testfrekvenser. De resterande tre fann statistiskt signifikant skillnad mellan alla mätfrekvenser och konkluderade att mätresultat från dessa typer hörselscreening inte var tillförlitliga.

Mahomed-Asmail et al. (2016) fann fler fördelar med smartphone- och tabletbaserad screening, som bland annat att de testen var mer tidseffektiva. Samt att den fördelen att

resultatet enkelt kunde laddas upp i en databas med enhetens internetanslutning något inte gick med den konventionella utrustningen.

## **DISKUSSION**

### **Resultatdiskussion**

#### *Kalibrering och metod*

Eftersom det är många parametrar som i slutändan påverkar mätnoggrannheten och precisionen hos mätinstrumenten görs en kort presentation av viktiga aspekter för respektive testapplikation innan deras tänkbara påverkan diskuteras.

#### *hearScreen*

Den första tredelade studiens, (Swanepoel et al., 2014) första del börjar med att utvärdera kalibreringsprecisionen hos Samsung S5301 i kombination med Sennheiser HD202 hörlurar. Detta görs genom att kalibrera hörlurarna efter internationell ISO-standard för TDH 39. I del 2 kalibrerades känsligheten hos androidtelefonernas inbyggda mikrofoner(Samsung S5301) mot smalbandigt brus uppmätta med en professionell ljudmätare (på samma avstånd från en högtalare och mäter upp referensvärden i 5 dB-steg mellan 40-75dB). Till (Sandström, Swanepoel, Carel Myburgh, & Laurent, 2016) studie var kalibrering av ovan nämnda hörlurar (Sennheiser) enligt internationell kalibreringsstandard möjlig, i de andra användes kalibreringsstandard för TDH-39. Testmetoden med hearScreen gick till så att testpersonen fick sitta med ryggen vänd mot den utförde mätningen och räcka upp handen när testtonen uppfattades. hearScreen är i dagsläget inte ämnat för självtest (Mahomed-Asmail, 2016 ; Yousuf Hussein, 2015).

#### *Ear trumpet*

Foulad, Bui, ochDjalilian (2013) utvecklade en iOS-baserad tonaudiometrisk applikation för automatiserad luftledd hörselscreening (som gjordes tillgänglig på iTunes 2010). Appen använder sig av en algoritm och avgör hörtrösklarna med modifierad Hughson-Westlakemetod. Vid behov maskeras det örat som inte testas med ett smalbandigt brus centrerat kring testfrekvensen på 35 dB (dock på max 60 dB HL) under presentationsnivån för testörat. Testtonen presenteras i 0,8 sekunder med ett randomiserat tyst intervall som varar i 1-2 sekunder. Testet har designats och kalibrerats för att utföras med de hörlurar som ingår när man köper hårdvaran. Metoden inkluderar också en kompatibilitetsundersökning för Ear

trumpet i kombination med en mängd olika iOS-enheter (iPhone 3 & 4, iPad, iPod etc). De vanliga testfrekvenserna vid tonaudiometri testades vid 75 % av den maximala nivån, den största uppmätta skillnaden mellan enheter sinsemellan var 2dB. Efter att konventionell tonaudiometri (enligt ANSI) utförts fick patienterna själva utföra hörseltestet med iOS-enhet i ett tyst rum i deras eget hem. Ear trumpet är ämnat för självtest.

### *uHear*

För genomgång av hur uHear fungerar se introduktionen. Ingen av studierna som utvärderade uHear använde sig av objektivet kalibrerade hörlurar enligt internationell standard, dock mättes bakgrundsbuller/ljud med jämna mellanrum i flera av studierna. (Abu-Ghanem et al., 2016; Handzel et al., 2013; Lycke et al., 2016; Szudek et al., 2012). uHear är ämnat för självtest.

### *ShoeBOX Audiometry*

J. Yeung et al. (2013) utvärderade ShoeBOX Audiometry i två studier. Programvaran är utformad för tabletbaserad lekaaudiometri för barn. Teststimuli är warbletoner och hörtröskeln mäts fram med slags modifierad Hughson-Westlake metod. Den går ut på att barnet som testas får se figurer som ger ifrån sig ett ljud eller är tysta och ska sedan sortera dem i antingen ljudproducerande eller tysta kategorier. Mjukvaran är programmerad för att mäta barnets förståelse av spelet och markerar felsorteringar av tysta figurer i resultatet som potentiellt opålitligt. För att man ska få ett pålitligt audiogram måste barnet med andra ord sortera alla tysta figurer korrekt. För dessa studier kalibrerades all utrustning professionellt enligt ANSI S3.6-2004. En viktig skillnad mellan de båda är att den första (2013) använde sig TDH-39 medan den studien från 2015 använde sig av Apples hörlurar kalibrerade med TDH-39 som referens. I de fall då det inte fungerade med hörlurar på barnen testades hörseln binauralt med frifältsmätning. Endast luftledda hörtrösklar uppmättes. ShoeBOX Audiometry är ämnat för att kunna testa sina barns hörsel med minimal handledning (Yeung, 2015).

### *AudCal*

Appen utvecklades av en av studieförfattarna och har två funktioner, hörtröskelmätning och hörselhandikapps-kalkylator. Ljudstyrkan på utnivån med de medföljande hörlurarna kalibrerades och mättes i två steg. Det första steget kallar författarna en biologisk kalibreringsprocess. I detta steg fick 8st normalhörande personer ha ett par kalibrerade supraaurala TDH-49P anslutna till professionell audiometer samtidigt som ett par Apple hörlurar (in ear) kopplade till en iPhone satt i örat. Individerna fick sedan justera ljudnivån på

Apple hörlurarna tills de matchade respektive utnivå för frekvenserna 0,5-4 kHz från de supraaurala hörlurarna i 5 dB-steg mellan 0-75 dB HL. Medelvärden för utnivåerna för varje frekvens från iPhone beräknades sedan för att få en matchad dB HL-nivå i iOS-mjukvaran. Sedan gjordes en mer objektiv utvärdering av hur väl ljudnivåerna från den professionella utrustningen stämde överens med de från AudCal. Vilket gjordes genom att mäta utnivåer på liknande sätt fast med en mikrofon kopplad till en dator som plottade ljudstyrkan i spektrogram istället. I nästa fas där AudCal jämfördes mot KT så var det samma audionom som utförde båda testen, testpersonen fick inte se skärmen. AudCal är inte ämnat för självtest (Larrosa, 2015).

#### *Icke namngiven app*

Kam, Sung, Lee, Wong, och van Hasselt (2012) utvärderar en app som inte nämns vid namn i studien. De använde sig av Apples egna hörlurar som medföljer iPhone (3GS). Ljudnivåerna från appen i kombination med hörlurarna kalibrerades genom att stoppa in hörlurarna i en KEMAR-öra som kopplats till en Zwislocki coupler som i sin tur anslöts till en ljudnivåmätare. Höger och vänster sida mättes separat och justerades så att appens alla utnivåer (5 dB-steg) i dB SPL motsvarade dB HL-steg för samtliga testfrekvenser. En begränsning var att hörlurarna distorderade ljudet vid olika ljudstyrkor beroende på frekvens. Detta gav ett testspann på -10 till max mellan 55-70 dB HL. På grund av denna begränsning fick inte deltagarna ha hörtrösklar sämre än 55 dB HL för att få delta i studien. Något som författarna löste genom att låta alla deltagare först få genomgå konventionell tonaudiometri. Appens testmetod gick ut på att testpersonerna fick höra en ton och sedan med hjälp av en "+"- och en "-"-knapp trycka sig fram till den ljudnivå som de precis uppfattar och sedan låsa den för att få gå vidare till nästa. Alla självtester föregicks av en muntlig instruktion samt den som finns i mjukvaran. Mjukvaran är ämnad för självtest (Kam et al., 2012).

Femton studier har inkluderats där applikationer för tonaudiometrisk hörtröskelmätning på olika sätt jämförts med antingen konventionell audiometri eller mot vedertagen screeningaudiometrisk utrustning. Resultat och slutsatser för 8 av dessa studier visar att den kombination av teknisk hård- och mjukvara som evaluerades i respektive undersökning inte skiljer statistiskt signifikant mot de konventionella metoderna. De återstående fann statistiskt signifikanta skillnader (Handzel et al., 2013; Khoza-Shangase & Kassner, 2013) eller inga statistiskt signifikanta skillnader med vissa förbehåll (Peer & Fagan, 2015; J. Yeung et al., 2013). De studier som gjorts på hearScreen, Ear trumpet, ShoeBOX Audiometry, AudCal och



den icke namngivna appen har kalibrerat hård- och/eller mjukvara. Den studien som inte jämförde resultat mot KT utvärderade istället om vårdpersonal på olika vårdinrättningar kunde utföra hörtröskelmätning med smartphone och vad de tyckte om detta. Resultaten från den studien visar att vårdpersonalen var positivt inställd till att genomföra hörseltesten och att det var tidseffektivt.

Stenfelt et al. (2011) diskuterar kring att de nya hörselscreeningstest som utvecklats till bland annat datorer och smartphones i grund och botten bygger på konventionella metoder och att det bara är plattformarna som förnyas i takt med övrig utveckling. Ungefär på samma sätt som att det var många som var skeptiska vid övergången till dator från det skrivmaskins- och pappersbaserade kontoret (Peterson & Peterson, 1988). Nu finns det en dator på i nästan varjenda kontor på vårdinrättningar. Framtiden får utvisa om det kommer bli på samma sätt med smartphones och tablets inom hörselverksamheten.

#### *För- och nackdelar med dessa tekniska lösningar för hörtröskelmätning ur klinisk synpunkt för audionom/sjukvård och patient*

Handzel et al. (2013) beskriver användningsområden som t.ex. i väntrum innan patienter ska träffa öronläkare. Att sjuksystrar, undersköterskor och annan vårdpersonal kan hantera utrustningen och genomföra hörtröskelmätning/hörselscreening på patienter är tidssparande på flera vis (Yousuf Hussein et al., 2015). Ett annat område är det som Lycke et al. (2016) undersöker i deras studie, vars syfte för att utvärdera uHear för att screena hörseln hos äldre patienter som genomgå cancerbehandling med ototoxiska läkemedel.

Fördelarna med tekniken är många. Den är bland annat enkel att hantera, relativt billig, lätt att få tag i eller så har redan personal tillgång till smartphones och tablets, resultatet går att spara och vidarebefordra och att applikationen kan ge information om vad resultatet innebär (Kay et al., 2011; Swanepoel et al., 2014). 2014 bildades en ny myndighet för hälso och vårdinfrastruktur kallad eHälsomyndigheten (eHälsomyndigheten, 2014). Ett uppdrag som eHälsomyndigheten drivit igenom som märks i dagsläget hos hörselverksamheten är att patienter kan läsa sina journaler på t.ex. smartphone och tablet med hjälp av mobilt bankid (eHälsomyndigheten, 2014; Vårdredaktionen, Västra Götalandsregionen, 2015).

Potentiella nackdelar är om utrustningen har för hög sensitivitet och får låg specificitet och på så vis kan patienter uppsöka hörselverksamhet/vård i onödan vilket kan vara resurskrävande och orsaka oro hos patienter. Dock finns forskning från internetbaserade hörselscreening test

som visar att endast ett screeningtest i sig inte får patienter att uppsöka hjälp (Laplante-Lévesque et al., 2015). Så frågan är hur stor nytta är med att kunna självtesta hörseln. Eller vice versa, att appen visar felaktigt bättre hörsel vilket då kan få patienter med hörselnedsättning som är i behov rehabilitering att inte söka vård.

Andra nackdelar kan vara att det saknas oberoende kontroller av den information som ges i apparna. Samt att det saknas en standardiserad metod för att utveckla mHälsoappar (Larrosa et al., 2015). Lupton och Jutel (2015) skriver att på grund av att tekniken som omnämns i de ovan nämnda studierna är så pass ny finns begränsad forskning om hur och om individer faktiskt använder apparna som laddas ner, hur det påverkar patienters beteende i möte med vården och vad deras önskade effekter kan bli.

### **Metoddiskussion**

Till en början fanns tankar på att internetbaserade test skulle inkluderas då man i alla fall teoretiskt sett ska utföra de internetbaserade hörseltesten på smartphone och surfplatta, samt på en all annan teknisk kommunikationsutrustning med webbläsare, som t.ex. laptops. En nackdel med att inte inkludera de testen var att alla inkluderade studier är utvecklade för antingen iOS- eller Android-baserade enheter. Det är också ämne för ny/vidare forskning, att evaluera hur ett internetbaserat test fungerar på alla plattformar och jämföra om resultaten blir dem samma.

Andra nackdelar är att inte frågeformulär inkluderats i min studie, det är även en del av bland annat uHear som är en av de mest testade apparna. Annan forskning som exkluderades som till viss utsträckning tillhör området är studier kring appbaserad hörselrehabilitering, synkron telehälsa, bullermätning eller hörselutbildning, något som också är lovande områden (Paglialonga, Tognola, & Pinciroli, 2015). Men utifrån de uppställda inklusions- och exklusionskriterierna hittades vid datainsamlingsperioden inga fler än de ovan inkluderade studierna.

Min uppfattning är att det kommer stora mängder ny forskning kring hörselrelaterad telehälsa och att det är ett område med stor potential som växer i samband med att fler får tillgång till både hårdvara, mjukvara och att internetanvändningen världen över ökar. Det pågår också en ständig utveckling av både teknik och mjukvara. De ledande tillverkarna av smartphones lanserar 1-2 nya modeller varje år, samt uppdateringar av operativsystem och ny programvara

kontinuerligt. Det är givetvis positivt med utveckling och förbättring men en risk med den nuvarande utvecklingstakten kan vara att forskningen åldras snabbt och den validerade/kalibrerade teknik och programvara inte längre finns stöds av t.ex. tredjepartssystem och kan i värsta fall göra utrustning helt eller delvis obrukbar. I bästa fall för audionomer kan appar och internetbaserad mjukvara för hörselhälsa utgöra ytterligare användbara tillägg till testbatteriet och rehabiliteringsredskap.

## **KONKLUSION**

I en majoritet av den forskning som granskats stämmer resultaten från hörtröskelmätningar i screeningsyfte utförda med smartphones och tablets överens med de från konventionella mätningar utan någon statistisk signifikant skillnad. Resultaten visar på samband mellan kalibrering av utrustning och hur väl resultaten överensstämmer med konventionella metoder. För audionom/sjukvård och patienten kan denna utveckling innebära att hörselscreening kan erbjudas till individer som inte annars hade haft tillgång till hörselundersökning. Vårdpersonal kan med endast en kortare utbildning genomföra hörselmätningar med smartphones och tablets på patienter. Men mer forskning behövs kring vilken apparans påverkan är för audionom/sjukvård och patient.

## REFERENSER

- Abu-Ghanem, S., Handzel, O., Ness, L., Ben-Artzi-Blima, M., Fait-Ghelbendorf, K., & Himmelfarb, M. (2016). Smartphone-based audiometric test for screening hearing loss in the elderly. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 273(2), 333-339. doi: 10.1007/s00405-015-3533-9
- Basole, R. C., & Karla, J. (2011). On the Evolution of Mobile Platform Ecosystem Structure and Strategy. *Business & Information Systems Engineering*, 3(5), 313-322. doi: 10.1007/s12599-011-0174-4
- Block, R. (2007, 30 maj, Senast Uppdaterad Date). Steve jobs live from D 2007. Blogginlägg Hämtad från <http://www.engadget.com/2007/05/30/steve-jobs-live-from-d-2007/>
- Bogardus, J. S. T., Yueh, B., & Shekelle, P. G. (2003). Screening and Management of Adult Hearing Loss in Primary Care: Clinical Applications. *JAMA*, 289(15), 1986-1990. doi: 10.1001/jama.289.15.1986
- Boothroyd, A. (2007). Adult Aural Rehabilitation: What Is It and Does It Work? *Trends in Amplification*, 11(2), 63-71. doi: 10.1177/1084713807301073
- Davis, A., Smith, P., Ferguson, M., Stephens, D., & Gianopoulos, I. (2007). Acceptability, benefit and costs of early screening for hearing disability: A study of potential screening tests and models. *Health Technology Assessment*, 11(42), 1-1.
- Demorest, M. E., Wark, D. J., & Erdman, S. A. (2011). Development of the screening test for hearing problems. *American Journal of Audiology*, 20(2), 100-110. doi: 10.1044/1059-0889(2011/10-0048)
- Dillon, B. (2012). Using mobile phones to collect panel data in developing countries. *Journal of International Development*, 24(4), 518-527. doi: 10.1002/jid.1771
- eHälsomyndigheten. (2014). *Historik*. Hämtad 2016-05-06, från <http://www.ehalsomyndigheten.se/Om-oss-/Historik/>
- eHälsomyndigheten. (2014). *Uppdrag och verksamhet*. Hämtad 2016-05-06, från <http://www.ehalsomyndigheten.se/Om-oss-/Uppdrag-och-verksamhet/>
- Ericsson, A. (2014). Ericsson mobility report, on the pulse of the networked society. *Ericsson, Sweden, Tech. Rep. EAB-14, 61078*.
- Foulad, A., Bui, P., & Djalilian, H. (2013). Automated Audiometry Using Apple iOS-Based Application Technology. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 149(5), 700-706. doi: 10.1177/0194599813501461
- Gabriel, Z., & Bowling, A. N. N. (2004). Quality of life from the perspectives of older people. *Ageing and Society*, 24(5), 675-691. doi: 10.1017/S0144686X03001582

- Garcia-Swartz, D. D., & Garcia-Vicente, F. (2015). Network effects on the iPhone platform: An empirical examination. *TELECOMMUNICATIONS POLICY*, 39(10), 877-895. doi: 10.1016/j.telpol.2015.07.011
- Gates, G. A., Cooper, J. C., Kannel, W. B., & Miller, N. J. (1990). HEARING IN THE ELDERLY - THE FRAMINGHAM COHORT, 1983-1985 .1. BASIC AUDIOMETRIC TEST-RESULTS. *Ear and Hearing*, 11(4), 247-256.
- Givens, G. D., & Elangovan, S. (2003). Internet Application to Tele-Audiology-- "Nothin' but Net". *American Journal of Audiology*, 12(2), 59-65. doi: 10.1044/1059-0889(2003/011)
- Handzel, O., Ben-Ari, O., Damian, D., Priel, M. M., Cohen, J., & Himmelfarb, M. (2013). Smartphone-Based Hearing Test as an Aid in the Initial Evaluation of Unilateral Sudden Sensorineural Hearing Loss. *Audiology and Neurotology*, 18(4), 201-207. doi: 10.1159/000349913
- ISO. (1998). ISO 389-8. Acoustics: Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones: International Standards Organization Geneva.
- Kam, A. C. S., Sung, J. K. K., Lee, T., Wong, T. K. C., & van Hasselt, A. (2012). Clinical evaluation of a computerized self-administered hearing test. *International Journal of Audiology*, 51(8), 606-610. doi: 10.3109/14992027.2012.688144
- Kay, M., Santos, J., & Takane, M. (2011). mHealth: New horizons for health through mobile technologies. *World Health Organization*, 66-71.
- Khoza-Shangase, K., & Kassner, L. (2013). Automated screening audiometry in the digital age: Exploring Uhear™ and its use in a resource-stricken developing country. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 29(1), 42-47. doi: 10.1017/S0266462312000761
- Koch, S., & Kerschbaum, M. (2014). Joining a smartphone ecosystem: Application developers' motivations and decision criteria. *Information and Software Technology*, 56(11), 1423-1435.
- Kochkin, S. (1997). MarkeTrak IV: What is the viable market for hearing aids? *Hearing Journal*, 50, 31-40.
- Krumm, M. (2007). Audiology telemedicine. *J Telemed Telecare*, 13(5), 224-229. doi: 10.1258/135763307781458912
- Laplante-Lévesque, A., Brännström, K. J., Ingo, E., Andersson, G., Lunner, T., Linköpings, u., . . . Filosofiska, f. (2015). Stages of Change in Adults Who Have Failed an Online Hearing Screening. *Ear and Hearing*, 36(1), 92-101. doi: 10.1097/AUD.0000000000000085
- Larrosa, F., Rama-Lopez, J., Benitez, J., Morales, J. M., Martinez, A., Alanon, M. A., . . . Rey-Martinez, J. (2015). Development and evaluation of an audiology app for

- iPhone/iPad mobile devices. *ACTA OTO-LARYNGOLOGICA*, 135(11), 1119-1127. doi: 10.3109/00016489.2015.1063786
- Lin, F. R., & Albert, M. (2014). Hearing loss and dementia - who is listening? *Aging and mental health*, 18(6), 671-673. doi: 10.1080/13607863.2014.915924
- Lotfi, Y., Mehrkian, S., Moossavi, A., & Faghieh-Zadeh, S. (2009). Quality of life improvement in hearing-impaired elderly people after wearing a hearing aid. *Archives of Iranian Medicine*, 12(4), 365-370.
- Lupton, D., & Jutel, A. (2015). 'It's like having a physician in your pocket!' A critical analysis of self-diagnosis smartphone apps. *SOCIAL SCIENCE & MEDICINE*, 133, 128-135. doi: 10.1016/j.socscimed.2015.04.004
- Lycke, M., Boterberg, T., Martens, E., Ketelaars, L., Pottel, H., Lambrecht, A., . . . Debruyne, P. R. (2016). Implementation of uHear™ - an iOS-based application to screen for hearing loss - in older patients with cancer undergoing a comprehensive geriatric assessment. *Journal of Geriatric Oncology*, 7(2), 126-133. doi: 10.1016/j.jgo.2016.01.008
- Maclennan-Smith, F., Swanepoel, D. W., & Hall, J. W. (2013). Validity of diagnostic pure-tone audiometry without a sound-treated environment in older adults. *International Journal of Audiology*, 52(2), 66-73. doi: 10.3109/14992027.2012.736692
- Mahomed-Asmail, F., Swanepoel, D. W., Eikelboom, R. H., Myburgh, H. C., & Hall, I. I. J. (2016). Clinical Validity of hearScreen™ Smartphone Hearing Screening for School Children. *Ear and Hearing*, 37(1), e11-e17. doi: 10.1097/AUD.0000000000000223
- Margolis, R. H., & Morgan, D. E. (2008). Automated Pure-Tone Audiometry: An Analysis of Capacity, Need, and Benefit. *American Journal of Audiology*, 17(2), 109-113. doi: 10.1044/1059-0889(2008/07-0047)
- Mathers, C., Smith, A., & Concha, M. (2000). Global burden of hearing loss in the year 2000. *Global burden of Disease*, 18, 1-30.
- Nationalencyklopedin [NE]. (2016). *Screening*. Tillgänglig: <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/screening>
- Pacala, J. T., & Yueh, B. (2012). Hearing Deficits in the Older Patient: "I Didn't Notice Anything". *JAMA*, 307(11), 1185-1194. doi: 10.1001/jama.2012.305
- Paglialonga, A., Tognola, G., & Pinciroli, F. (2015). Apps for Hearing Science and Care. *American Journal of Audiology*, 24(3), 293-298. doi: 10.1044/2015\_AJA-14-0093
- Peer, S., & Fagan, J. J. (2015). Hearing loss in the developing world: Evaluating the iPhone mobile device as a screening tool. *SAMJ SOUTH AFRICAN MEDICAL JOURNAL*, 105(1), 35-39. doi: 10.7196/SAMJ.8338

- Peterson, C. M., & Peterson, T. O. (1988). The Dark Side of Office Automation: How People Resist the Introduction of Office Automation Technology. *Human factors in management information systems, 1*, 183.
- Sandström, J., Swanepoel, D. W., Carel Myburgh, H., & Laurent, C. (2016). Smartphone threshold audiometry in underserved primary health-care contexts. *International Journal of Audiology, 55*(4), 232-238. doi: 10.3109/14992027.2015.1124294
- Stenfelt, S., Janssen, T., Schirkonyer, V., & Grandori, F. (2011). e-Health technologies for adult hearing screening. *Audiology Research, 1*(1S), e14-e14. doi: 10.4081/audiore.2011.e14
- Swanepoel, D. W., Clark, J. L., Koekemoer, D., Hall Iii, J. W., Krumm, M., Ferrari, D. V., . . . Barajas, J. J. (2010). Telehealth in audiology: The need and potential to reach underserved communities. *International Journal of Audiology, 49*(3), 195-202. doi: 10.3109/14992020903470783
- Swanepoel, D. W., Myburgh, H. C., Howe, D. M., Mahomed, F., & Eikelboom, R. H. (2014). Smartphone hearing screening with integrated quality control and data management. *International Journal of Audiology, 53*(12), 841-849. doi: 10.3109/14992027.2014.920965
- Svenska audiologiska metodboksgruppen [SAME]. (2004). *Handbok i hörselmätning*. Bromma: SAME och C A Tegnér AB.
- Szudek, J., Ostevik, A., Dziegielewski, P., Robinson-Anagor, J., Gomaa, N., Hodgetts, B., & Ho, A. (2012). Can uHear me now? Validation of an iPod-based hearing loss screening test. *Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery, 41*(1), S78-S84. doi: 10.2310/7070.2011.110089
- West, J., & Mace, M. (2010). Browsing as the killer app: Explaining the rapid success of Apple's iPhone. *TELECOMMUNICATIONS POLICY, 34*(5), 270-286. doi: 10.1016/j.telpol.2009.12.002
- World Health Organization. (2010). *Neonatal and infant hearing screening. Current issues and guiding principles for action. Outcomes of a WHO informal consultation held at World Health Organization headquarters (9–10 November 2009)*: World Health Organization,.
- World Health Organization. (2013). *Millions of People in the World have a Hearing Loss that can be Treated or Prevented*. Genève, Schweiz: World Health Organization,.
- Vårdredaktionen, Västra Götalandsregionen. (2015). *Läs din journal via nätet*. Hämtad 2016-04-30, från <http://www.1177.se/Vastra-Gotaland/Tema/E-tjanster/Artiklar/Las-din-journal-via-natet3/>
- Yeung, J., Javidnia, H., Heley, S., Beauregard, Y., Champagne, S., & Bromwich, M. (2013). The new age of play audiometry: prospective validation testing of an iPad-based play audiometer. *JOURNAL OF OTOLARYNGOLOGY-HEAD & NECK SURGERY, 42*, 21. doi: 10.1186/1916-0216-42-21

- Yeung, J. C., Heley, S., Beauregard, Y., Champagne, S., & Bromwich, M. A. (2015). Self-administered hearing loss screening using an interactive, tablet play audiometer with ear bud headphones. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PEDIATRIC OTORHINOLARYNGOLOGY*, 79(8), 1248-1252. doi: 10.1016/j.ijporl.2015.05.021
- Young, L. (2013). Tap into new ways of working: greater understanding of the benefits of telehealth and telecare systems is needed. *Nursing Standard*, 27(18), 62.
- Yousuf Hussein, S., Wet, S., Biagio de Jager, L., Myburgh, H. C., Eikelboom, R. H., & Hugo, J. (2015). Smartphone hearing screening in mHealth assisted community-based primary care. *J Telemed Telecare*. doi: 10.1177/1357633x15610721