



MEDICINSKA FAKULTETEN

Lunds universitet

Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi

Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

**Stabilitet för Acceptable Noise Level (ANL) hos
normalhörande vuxna personer vid upprepade
mätningar inom samma testsession och dess relation
till arbetsminneskapacitet**

Lucas Holm & Tobias Kastberg

Audionomutbildningen, 2012

Vetenskapligt arbete, 30 högskolepoäng

Handledare: Jonas Brännström och Steen Østergaard Olsen

Sammanfattning

Olika personer har olika acceptans för bakgrundsbrus vid samtidig lyssning till tal. Akustiska parametrar och sensoriska aspekter har hittills inte kunnat förklara variationen. Högre funktioner som t.ex. arbetsminne tros vara en av de bakomliggande mekanismerna men orsakerna är inte väl utredda. Testet Acceptable Noise Level (ANL) mäter acceptans för bakgrundsbrus men spridningen av resultat på ANL-testet är stor. Denna undersökning genomförde upprepade mätningar av acceptabel brusnivå inom samma testsession samt arbetsminnestester för att se om stabiliteten för upprepade ANL-mätningar tillsammans med arbetsminneskapaciteten kunde bidra till att förklara variationen. Arbetsminnestesterna som genomfördes mätte fonologiskt och visuospatialt arbetsminne. Vissa individer visade sig vara mer stabila än andra, men graden av stabilitet på ANL-testet kunde inte förklaras av resultatet på de utförda arbetsminnestesterna. En ökande stabilitet med antalet ANL-mätningar skulle kunna bero på en inlärningseffekt. Testet har låg reliabilitet pga. svagheter i metoden och därför är det svårt att dra några tydliga slutsatser från undersökningen. Förslag på metodologiska förbättringar ges.

Sökord: Acceptable Noise Level, arbetsminne, Most Comfortable Level, test-retest, reliabilitet

Förkortningar:

ANL – Acceptable Noise Level
MCL – Most Comfortable Level
BNL – Background Noise Level
CR – Coefficient of Repeatability
MM – Matrismönster
SR – Serial Recall av nonord

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
Syfte	1
Vad är ANL?	2
Stor variation i ANL	2
Hörsel och kognition	4
Arbetsminne	5
Den fonologiska loopen	5
Det visuospatiala skissblocket	6
Den centrala exekutiven	7
Den episodiska bufferten	7
Problemformulering	7
Hypotes och frågeställning	8
METOD	8
Rekrytering av testdeltagare	8
Acceptable Noise Level (ANL)	9
Arbetsminnestester	10
Serial recall av nonord	10
Matrismönster	11
Statistisk analys av resultat	11
RESULTAT	12
Stabilitet för ANL	12
ANL och dess relation till arbetsminne	13
Serial recall av nonord	13
Matrismönster	14
DISKUSSION	15
Metoddiskussion	15
ANL-test	15
Resultatdiskussion	17
ANL och stabilitet	17
Relation mellan ANL och arbetsminne	18
Kliniska implikationer	19
Implikationer för vidare forskning	20
Slutsatser	21
REFERENSER	21

INLEDNING

En svår, men mycket vanlig lyssningssituation, är då man ska lyssna på någon som pratar i en bullrig miljö. Människor är olika bra på att uppfatta vad som sägs i en bullrig situation, men blir också olika mycket störda av bakgrundsbruset (Rowland, Dirks, Dubno & Bell, 1985; Banbury & Berry, 2005). Olika frågor har väckts om vilka orsaker, förutom hörselnedsättning, som ligger till grund för hur olika personer kan urskilja tal i sådana ljudmiljöer. Broadbent och hans kollegor studerade redan på 1950-talet selektiv uppmärksamhet och dikotiskt lyssnande, dvs. olika simultana ljudstimuli i höger och vänster öra och 1958 introducerades termen cocktail party-fenomenet (Broadbent, 1958). Detta innebär att en människa kan rikta in sig på en person och uppfatta vad den säger trots att det är många andra som pratar runtomkring (Arlinger, Lunner, Lyxell & Pichora-Fuller, 2009). Från denna typ av forskning kring taluppfattning har man tagit ett annat spår som fokuserar på varför olika individer har olika svårt att stå ut med bakgrundsbrus (Nabelek, Tucker & Letowski, 1991). Men variationen för hur mycket brus man är villig att acceptera har inte visat sig vara relaterad till förmåga att uppfatta tal i bakgrundsbrus (Nabelek, Tampas & Burchfield, 2004) utan andra faktorer tycks avgöra detta.

Studier har visat att i mer komplexa lyssningsmiljöer där flera olika ljudsignaler måste sorteras räcker det inte med att bara se till akustiska parametrar och sensoriska aspekter av hörseln. Dagens forskning ser mycket till hur kognitiva faktorer som språk, minne och uppmärksamhet är involverade i olika aspekter av hörande (Akeroyd, 2008; Arlinger m.fl., 2009; Brännström, Zunic, Borovac & Ibertsson, 2012). Med detta som fokus kan man få en djupare förståelse för resultat i tidigare forskning, t.ex. undersökningar av acceptans för bakgrundsbrus.

Testet Acceptable Noise Level (ANL) mäter acceptans för bakgrundsbrus (Nabelek m.fl., 1991; 2004; Nabelek, Freyaldenhoven, Tampas, Burchfield & Muenchen, 2006).

Testresultaten är inte relaterade till hörselnedsättning (Nabelek m.fl., 1991; 2004) och därför kan man dra slutsatser om ANL-testet oavsett om man undersöker normalhörande eller personer med hörselnedsättning. Tidigare studier har funnit att variationen för normalhörande personers acceptans för bakgrundsbrus kan vara relaterat till arbetsminne (Brännström m.fl., 2012). Denna studie fortsätter att undersöka detta samband. Stabiliteten i ANL undersöks även för att se om den tillsammans med arbetsminne kan bidra till att förklara variationen.

Syfte

Syftet med vår studie är att undersöka om variationen för normalhörande personers acceptans för bakgrundsbrus kan bero på arbetsminne och/eller stabiliteten i testet.

Upprepade mätningar av acceptabel brusnivå inom samma testsession och arbetsminnestester görs för att se om stabiliteten för ANL tillsammans med arbetsminneskapaciteten kan bidra till att förklara variationen. Denna undersökning testar de två specifika komponenterna fonologiskt och visuospatialt arbetsminne. Stabiliteten för själva ANL-testet undersöks också för att se om det är tillförlitligt nog för att kunna säga något om stabiliteten för acceptans av bakgrundsbrus.

Vad är ANL?

1991 introducerade Nabelek m.fl. begreppet "Toleration of Background Noise" för att försöka förklara varför vissa hörapparat användare lyckas bättre än andra med att använda sin hörapparat regelbundet (Nabelek m.fl., 1991). En av de vanligaste förklaringarna till varför hörapparat användare väljer att inte använda sina hörapparater är att bakgrundsljudet är för starkt och det gör det svårt att höra tal (Nabelek m.fl., 1991). Då en tidigare studie visade att resultat på tal-i-brus-test för personer med hörselnedsättning endast var svagt korrelerat med subjektivt bedömd svårighet till kommunikation (Rowland m.fl., 1985) utvecklade Nabelek m.fl. (1991, 2004) det nya testet ANL som istället fokuserade på att mäta hur mycket brus en individ är villig att lyssna till vid samtidig lyssning till tal. Det kunde också användas som ett komplement till de olika enkäter, t.ex. Hearing Handicap Inventory for Elderly, HHIE, som används för att utvärdera subjektiv tillfredsställelse och nytta av hörapparater (Ventry & Weinstein, 1982). Nabelek m.fl. (1991) fann att personer som lyckades väl med hörapparat användande hade lägre ANL än de som använde sina hörapparater ibland eller aldrig. Därför föreslog Nabelek m.fl. (2006) att ANL kunde användas för att prediktera hörapparat användande.

ANL-testet går till så att en testperson får lyssna på en talsignal en kort stund och justerar sedan själv signalen till den nivå man tycker är mest behaglig, Most Comfortable Level (MCL). Därefter läggs ett bakgrundsbrus på samtidigt som talsignalen ligger kvar. Nivån på bakgrundsbruset justeras till den starkaste nivån man kan acceptera utan att behöva anstränga sig eller trötta ut sig om man skulle lyssna på talsignalen en längre stund. Denna nivå kallas Background Noise Level (BNL). Acceptable Noise Level (ANL) är skillnaden i dB mellan MCL och BNL ($MCL - BNL = ANL$). Försöken upprepas tre gånger och det slutliga ANL-värdet är medelvärdet av de tre försöken (Nabelek m.fl., 2004). Ett högt värde på ANL innebär att man har låg acceptans för bakgrundsbrus.

ANL är alltså en psykoakustisk regleringsmetod där testpersonen måste göra en kvalitativ bedömning och skalning av ljudsignalen (Arlinger m.fl., 2004). Alla mätmetoder är förenade med felkällor som gör att mätresultatet med viss sannolikhet avviker i någon omfattning från det sanna värdet. När det gäller mera komplicerade metoder, som kanske baserar sig på jämförelser av olika testljud, är sannolikheten ofta ännu mindre att en andra mätning ger samma resultat som den första. Både fysiologiska, psykologiska, psykoakustiska och elektroakustiska faktorer kan bidra till det totala mätfelet. Inläringseffekter är en annan möjlig orsak till systematiskt fel vid psykoakustiska mätningar. Slumpmässiga fel, som fluktuationer i koncentration hos lyssnaren kan också vara en faktor som påverkar mätningar (Arlinger m.fl., 2004). Sammantaget innebär detta stora utmaningar för ANL-testet.

Stor variation i ANL

Spridningen av resultat på ANL-testet är stor. Resultaten kan hamna mellan så skilda värden som 0 dB och 25-30 dB (Nabelek m.fl., 1991; Rogers, Harkrider, Burchfield, & Nabelek, 2003; Freyaldenhoven, Plyler, Thelin & Hedrick, 2007). Många olika studier har försökt förklara variationen, t.ex. fann Nabelek m.fl. (1991, 2004, 2006) vid undersökning av både normalhörande och personer med hörselnedsättning i åldrarna 18-87 år att ANL inte är beroende av ålder, grad av hörselnedsättning, mellanörefunktion eller resultat på tal-i-brustest.

Stor variation finns även bland normalhörande personer och detta indikerar att variationen inte beror på innerörefunktion (Nabelek m.fl., 2004).

Rogers m.fl. (2003) undersökte om det fanns något samband mellan ANL och kön och fann inte något stöd för det. Däremot verkade män föredra en högre MCL än kvinnor och en annan studie på normalhörande personer fann att ANL påverkas av presentationsnivån (Rogers m.fl., 2003; Franklin, Thelin, Nabelek & Burchfield, 2006); högre MCL ger högre BNL men BNL har en mindre tillväxt än MCL. Detta betyder att ANL är större vid högre presentationsnivåer. Ökningen av ANL är ungefär 1 dB per 4 dB ökning av MCL (Franklin m.fl., 2006).

Harkrider & Smith (2005) fann inget samband mellan ANL och yttre hårcellsfunktion eller aktivitet i efferenta hörselbanor via mediala olivocochleära bunt (MOCB). Detta undersöktes genom att vid ANL-mätningar på normalhörande samtidigt mäta kontralateral suppression av otoakustiska emissioner och kontralateral stimulation av stapediareflexen. Resultat från undersökningar av hörselbanorna genom hjärnstamsaudiometri på normalhörande pekade på en inverkan från högre funktioner i hjärnan (Tampas & Harkrider, 2006).

Metodologiska skillnader kan möjligtvis bidra till att förklara den spridning i resultat som observerats. Nabelek m.fl. (1991) fann att ANL är oberoende av brus. Detta fynd stöds inte av Brännström m.fl. (2011) som fick olika ANL delvis pga. olika typ av brus. Brännström m.fl. (2011) fann även att resultat för olika talstimuli inte bör jämföras direkt. I flera studier har testpersonerna fått trycka på knappar för att indikera om ljudnivån skulle justeras uppåt eller nedåt av den som utförde testet (Rogers m.fl., 2003; Nabelek m.fl., 2004; Tampas & Harkrider, 2006). I Brännström m.fl. (2011) har testpersoner fått justera ljudnivån själva med hjälp av attenuatorer utan visuell återkoppling av nivån.

Nabelek m.fl. (2004) undersökte test-reteststabiliteten hos 50 individer med hörselnedsättning under tre sessioner. Första mätningen var när individerna fick hörapparater för första gången, sedan efter en månad, och sedan efter ytterligare två månader. Resultat visade att de olika ANL-mätningarna hade hög korrelation och på individnivå var test-retest 0-4 dB mellan session ett och tre. Författarna drog slutsatsen att ANL har hög reliabilitet över en period på tre månader. Freyaldenhoven m.fl. (2006) fann att test-reteststabiliteten för ANL hos 30 normalhörande studenter var hög för gruppdata. I studien testades individerna vid tre tillfällen med en veckas mellanrum, och korrelationsberäkningar visade hög korrelation mellan mätningarna (Freyaldenhoven m.fl., 2006). Senare har det framkommit att test-retestskillnaden på individnivå kunde vara upp till 14 dB i Freyaldenhoven m.fl. (2006; Nabelek m.fl., 2007).

Freyaldenhoven m.fl. (2006) undersökte även personliga preferenser för brus med en egenutvecklade enkät vid de tre testtillfällena. Enkäten handlade om hur ofta personerna lyssnade till olika typer av bakgrundsbrus. Resultatet på varje fråga jämfördes på gruppnivå mellan testtillfällena och visade sig ha hög korrelation. Lyssnarna var konsekventa i sina svar, men deras preferens för bakgrundsbrus korrelerade inte med deras ANL. Författarna drog slutsatsen att detta kan indikera att lyssnare inte kan bedöma sin förmåga att acceptera bakgrundsbrus korrekt, åtminstone inte med den enkäten som användes i studien.

Olsen, Nielsen, Lantz och Brännström (2012) fann låg test-reteststabilitet mätt med Coefficient of Repeatability (CR; Bland & Altman, 2010) mellan två testöron inom samma testsession och även mellan två testsessioner med 12-77 dagar emellan. I studien utvärderades

stabiliteten, dels mellan första och andra testöret, och dels mellan första och andra sessionen. Värdet på CR baseras på standardavvikelsen (SD; $CR = 1.96 * SD$). Olsen m.fl. (2012) fann att CR var 6.0-8.9 dB mellan första och andra testöret, och 7.2-10.2 dB mellan första och andra sessionen, vilket indikerar låg stabilitet. Olsen m.fl. (2012) anger hörapparatanvändares minskade dynamikomfång pga. hörselnedsättning som ett förslag till förklaring till skillnaden i resultat mellan Nabelek m.fl. (2004) och sin egen studie.

Hörsel och kognition

Kognitiva förmågor beskrivs och förklaras inom kognitiv psykologi men kognitionens inverkan på hörsel undersöks mycket inom nutida audiologisk forskning (Arlinger m.fl., 2009, Lyxell m.fl., 2009).

Freyaldenhoven m.fl. testade 2005 ANL på personer med ADHD som medicinerades med centralstimulerande mediciner. De fann att ANL blev lägre då testpersonerna stod under behandling jämfört med när de inte stod under behandling. Freyaldenhoven och hennes kollegor drog slutsatsen att ANL sjunker pga. suppression av kortikal aktivitet och/eller ökade inhiberande processer (Freyaldenhoven m.fl., 2005). Sambandet mellan ANL och Auditory Evoked Potentials (AEP) undersöktes året efter av Tampas & Harkrider. De delade in sina testpersoner i två grupper, en med högt ANL; ≥ 16 dB och lågt ANL; ≤ 6 dB (testpersoner med $6 \text{ dB} < \text{ANL} < 16 \text{ dB}$ exkluderades från studien) och fann att gruppen med högt ANL hade signifikant kortare latenstider på våg III och V och högre amplituder än gruppen med lågt ANL. Författarna föreslog två tänkbara orsaker till detta; dels att centrala efferenta mekanismer skulle kunna vara starkare hos gruppen med lågt ANL, vilket innebär att sensorisk stimulans undertrycks mer. Och dels att centrala afferenta mekanismer skulle kunna vara mer aktiva hos personer med högt ANL. I studien undersöktes även sambandet mellan monotiskt ANL (talsignal och brus i samma öra) och dikotiskt ANL (talsignal i ett öra och brus i motsatta örat). Resultatet visade att monotiskt och dikotiskt ANL hade en signifikant korrelation och därmed drog Tampas och Harkrider slutsatsen att ANL beror åtminstone till en del på centrala egenskaper högre upp än den Superiora Olivocochleära Bunt (Tampas & Harkrider, 2006). Det finns dock motstridiga resultat, t.ex. fann Brännström m.fl. (2012) inget samband mellan ANL och AEP. Brännström m.fl. (2012) tror att detta delvis beror på bl.a. metodologiska skillnader.

En studie har funnit att BNL är positivt korrelerat med arbetsminneskapacitet, så att personer med lågt arbetsminne har lägre BNL och vice versa (Brännström m.fl., 2012). Författarna för fram argumentet att personer ställer in BNL på en nivå där man har en tillräcklig mängd arbetsminneskapacitet kvar för att lyssna och följa med i talsignalen utan att anstränga sig eller bli trött.

Adaption, uttröttnings och habituering är egenskaper i hörselsinnet man bör vara medveten om i alla typer av hörselmätningar. Hörselorganets reaktion på en konstant stimulering avtar med tiden från en initialt kraftigare reaktion till en relativt konstant lägre nivå (Arlinger m.fl., 2004). Detta kallas adaption och är en fysiologisk egenskap som uppstår i hårcellerna och nervfibrerna under tiden av stimuleringen. Uttröttnings (eng. fatigue) innebär att hörselorganet efter stimulering på starkare nivåer kan få förhöjda hörtrösklar och/eller minskning hörstyrka (Arlinger m.fl., 2004). Habituering innebär att testpersonen efter hand både fysiologiskt och psykologiskt reagerar svagare för stimuli. Detta kan uttryckas som att man efter en stund blir uttråkad och ger stimuli mindre uppmärksamhet. I en regleringsmetod kan detta leda till att

testpersonen omedvetet ställer in starkare och starkare nivåer ju längre testet fortgår. I ANL-testet skulle detta kunna leda till stigande nivåer på MCL vid upprepade mätningar. I psykoakustiska mätningar bör man också se till testpersonens förmåga och vilja att medverka. Hur mycket uppmärksamhet man ägnar stimuli kan påverka resultaten och det kan vara svårt att kontrollera graden av uppmärksamhet hos en testperson (Gelfand, 2009; Arlinger m.fl., 2004).

Arbetsminne

Arbetsminne innebär förmågan att samtidigt bearbeta och minnas information över en kort tid (Daneman & Carpenter, 1980; Repovs & Baddeley, 2006). Processerna som utgör arbetsminnet är inte enkla eller fullständigt utforskade och det finns flera föreslagna modeller som beskriver olika komponenter med skilda funktioner. Att processa och förstå språk är ett exempel på när samtidig bearbetning och lagring av information behövs. Daneman & Carpenter (1980) utformade ett test kallat Reading span test som mäter generell arbetsminneskapacitet. Med hjälp av detta test kunde man visa att en individs generella arbetsminneskapacitet reflekteras i individens läsförståelse. Sedan dess har det forskats mycket på området och man har bl.a. undersökt arbetsminnets betydelse för matematik, språk, inläring och andra förmågor (Ibertsson, 2009).

En modell av arbetsminnet som också är en av de mest använda är den multikomponentmodell som Baddeley och Hitch presenterade (1974). Modellen hade som utgångspunkt att arbetsminnet är ett gemensamt system som samtidigt behandlar flera arbetsuppgifter och sensoriska signaler. Modellen har flera delar med olika funktioner och begränsade kapaciteter. Den senaste revisionen av modellen består av fyra delar; den centrala exekutiven, den fonologiska loopen, det visuospatiala skissblocket och den episodiska bufferten (Repovs & Baddeley, 2006). Baddeleys arbetsminnesmodell och dess separata komponenter är en funktionell modell, dess komponenter bör inte ses som att de arbetar avskilda från varandra eller att de är entydigt lokaliserade (Repovs & Baddeley, 2006). Flera andra modeller finns som försöker förklara hur arbetsminnet är uppbyggt. Vissa modeller försöker främst förklara arbetsminnesprocesserna, men Baddeley & Hitch fokuserar på att kartlägga den funktionella strukturen (Ibertsson, 2009).

Den fonologiska loopen

Den fonologiska loopen består av två delar. Det fonologiska korttidsminnet som håller de senaste sekundernas auditiva input och en artikulatorisk upprepningsprocess (articulatory rehearsal process) som återhämtar och tyst reartikulerar innehållet i den fonologiska loopen (Baddeley, 1983). Auditiv input har automatisk åtkomst till det fonologiska korttidsminnet, medan t ex visuell input måste kodas om och gå via den artikulatoriska upprepningsprocessen (Repovs & Baddeley, 2006). Ytterligare ett par egenskaper definierar den fonologiska loopen. Det fonologiska korttidsminnet har en begränsad kapacitet och kan vid omedelbar seriell inläring hålla mellan fem och åtta objekt, beroende på vilken karaktär objekten har. Denna egenskap kallas begränsad spännvid (limited span; Repovs & Baddeley, 2006).

Effekten av fonologisk likhet (the phonological similarity effect) innebär att om de inlärd objekt är fonologiskt lika kan de bli svårare att komma ihåg. Om objekten däremot är semantiskt lika är effekten betydligt mindre (Baddeley, 1966). Då en person får en lista med

ord att komma ihåg och antingen samtidigt eller strax efter får höra på irrelevant tal kommer man ihåg signifikant färre ord jämfört med i en tyst miljö. Detta kallas för effekten av irrelevant ljud (the irrelevant sound effect). Effekten är oberoende av om det irrelevanta talet är fonologisk liksom orden man ska komma ihåg eller ej (Colle & Welsh, 1976; Hanley & Broadbent, 1987). Antalet ord som går att minnas är beroende av hur långa de är. Ju längre ord desto färre ord kommer man ihåg. Detta kallas för ordlängdseffekten (the word length effect) och är i linje med att arbetsminneskapaciteten är begränsad (Baddeley, Thomson & Buchanan, 1975). Då testdeltagare ska minnas ett antal ord och samtidigt högt upprepa ett orolaterat ord sjunker antalet ihågkomna ord signifikant (Baddeley m.fl., 1984). Detta beror sannolikt på att auditiv input har företräde till den fonologiska loopen och att man inte kan utnyttja sin artikulatoriska upprepningsprocess. Denna effekt kallas artikulatorisk suppression (articulatory suppression; Repovs & Baddeley, 2006). Testdeltagare kommer fortfarande ihåg några ord, vilket indikerar att man kan lagra information någon annanstans, t.ex. i den episodiska bufferten.

Det visuospatiala skissblocket

Det visuospatiala skissblocket är den komponent som hanterar och manipulerar visuell och spatial input. Det är uppdelat i visuella och spatiala undersystem, och har separata mekanismer för att lagra och återhämta information (Baddeley, 1996; Della Sala m.fl., 1999, Repovs & Baddeley, 2006). Kapaciteten för att manipulera visuell och spatial information delas med den centrala exekutiven. Logie (1995) föreslog en indelning av det visuospatiala skissblocket som liknar indelningen av den fonologiska loopen. Indelningen består av ett passivt visuellt minne, kallad "visual cache", och en dynamisk spatial återhämtande och återupprepande process, kallad "the inner scribe". Denna modell har dock inget stöd i de empiriska fynd som indikerar separata upprätthållande mekanismer för innehållet i det passiva visuella minnet och den återupprepande processen och bör enligt Repovs och Baddeley utvecklas vidare (Repovs & Baddeley, 2006).

Baddeley citerar också Alvarez och Cavanagh angående att en mer komplex uppgift har effekten att testpersoner minns färre objekt:

"the upper storage limit of four or five items is attainable only by the very simplest objects; as the visual information load per item increases, the storage limit drops to substantially lower levels"(Alvarez & Cavanagh, 2004).

Det visuospatiala skissblockets funktioner gränsar till perception och bildspråk som eventuellt kan överlappa funktionellt. Ytterligare något som inte är helt utrett är hur det visuospatiala skissblocket och den episodiska bufferten samverkar (Repovs & Baddeley, 2006).

En egenskap som det visuospatiala skissblocket har gemensamt med den fonologiska loopen är att det finns en effekt av irrelevant bild (irrelevant picture effect), liksom det finns en effekt av irrelevant ljud för den fonologiska loopen. McConell och Quinn (2004) drog slutsatsen att visuellt presenterat material får direkt tillgång till passivt visuellt minne. Slutsatser om det visuospatiala skissblocket är att det finns stort empiriskt stöd för att det är en distinkt komponent av arbetsminnet, och att det finns stöd för ytterligare indelning i subsystem (Repovs & Baddeley, 2006).

Den centrala exekutiven

Den centrala exekutiven är den viktigaste komponenten i Baddeleys multikomponentmodell (Repovs & Baddeley, 2006). Samtidigt är det den minst studerade och minst förstådda delen (Baddeley, 1986). Ett ramverk kallat Supervisory Activating System (SAS) har föreslagits som en modell för att förklara de processer som pågår i den centrala exekutiven (Norman & Shallice, 1986). De fyra specifika egenskaperna i SAS är förmågan att fokusera, förmågorna att dela och växla uppmärksamhet och förmågan att sammankoppla innehållet i arbetsminnet med innehållet i långtidsminnet. Empiriska fynd pekar på att flera separata exekutiva funktioner finns även om denna modell inte förklarar alla processer och funktioner i den centrala exekutiven (Repovs & Baddeley, 2006).

Den episodiska bufferten

Det senaste tillägget till Baddeleys modell är den episodiska bufferten och den lades till för att empiriska data inte till fullo kunde förklaras med modellen med tre komponenter (den fonologiska loopen, det visuospatialska skissblocket och den centrala exekutiven; Baddeley, 2000, Repovs & Baddeley, 2006). Ett av de empiriska fynden var den stora individuella skillnaden i resultat på Daneman & Carpenters arbetsminnestest som indikerade att modellen behövde expanderas (1980, 1983). Den episodiska bufferten integrerar information från långtidsminnet och andra komponenter i arbetsminnet till multimodala sekvenser och tidsepisoder (Repovs & Baddeley, 2006). På så vis fungerar den episodiska bufferten som mellanhand och buffert mellan andra subkomponenter av arbetsminnet. Detta ger förmågan att skapa och hantera nya representationer, och genom det också överväga olika tänkbara utgångar (Repovs & Baddeley, 2006). Daneman & Carpenter (1980) var också inne på att hjärnan grupperar information i arbetsminnet. De berörde något som liknar en episodisk buffert då de nämnde Schiffrin & Schneiders begrepp "chunking" som innebär en gruppering av information till enheter (Schiffrin & Schneider, 1977; Daneman & Carpenter, 1980):

"One example of how differences in capacity could result in qualitative differences in processing is in the chunking process. This process recodes concepts and relations into higher order units. One prerequisite for chunking is that each of the individual concepts be present simultaneously in working memory" (Schiffrin & Schneider, 1977).

Problemformulering

Den stora skillnaden i test-retest för ANL behöver undersökas vidare. Nabelek m.fl. (2004) fick vid undersökning av hörapparatbärare ett test-retest på 0-4 dB på individnivå. Freyaldenhoven m.fl. (2006) fann att test-retest hade hög och signifikant korrelation på gruppnivå för olika stimuli och drog slutsatsen att ANL-testet har hög reliabilitet. I Nabelek m.fl. (2007) framkom det att test-retest på individnivå i Freyaldenhoven m.fl. (2006) kunde vara upp till 14 dB. Olsen m.fl. (2012) fann låg test-reteststabilitet mätt med CR enligt Bland & Altman (2010). En låg test-reteststabilitet kan tyda på en låg reliabilitet för ANL-testet.

Stabiliteten för flera ANL-mätningar inom samma testsession är dåligt utredd. Vi undrar om ANL förändras under den tid det tar att göra en eller flera mätningar. Detta skulle ha relevans för jämförbarheten mellan olika ANL-tester, t.ex i tester där ett öra i taget testas. Om test-

reteststabiliteten för ANL är låg på individnivå kan det vara svårt att dra några slutsatser utifrån individers resultat. För att kunna dra slutsatser på grupp nivå krävs tillräckligt många testdeltagare.

Brännström m.fl. (2012) fann att generellt arbetsminne mätt med Listening span test korrelerade signifikant negativt med BNL ($r(\text{siffra}) = \text{siffra}, p < \text{siffra}$), och möjligtvis också med ANL. Enligt Baddeleys arbetsminnesmodell har olika delar av arbetsminnet olika uppgifter i kognitivt krävande situationer (Repovs & Baddeley, 2006). Att lyssna på tal i brus är en komplex lyssningssituation och vi undrar om vissa delar av arbetsminnet i högre grad än andra kan bidra till att förklara den variation som setts vid mätningar av ANL (Nabelek m.fl., 1991, Rogers m.fl., 2003). Hittills har ingen undersökt om ANL korrelerar med arbetsminnestest framtagna för specifika komponenter av arbetsminnet, enligt Baddeleys arbetsminnesmodell (Repovs & Baddeley, 2006). Denna studie undersöker de två specifika komponenterna fonologiskt och visuospatialt arbetsminne är relaterade till ANL-resultat.

Hypotes och frågeställning

Vår hypotes är att individer med hög visuospatial arbetsminneskapacitet även har hög fonologisk arbetsminneskapacitet. Vi tror att dessa individers ANL är stabilt vid upprepade mätningar inom samma testsession och att ANL ökar för individer med låg arbetsminneskapacitet, d.v.s. de föredrar en lägre nivå på bakgrundsbruset ju fler mätningar som görs.

Är ANL stabilt vid upprepade mätningar inom samma testsession och är det relaterat till specifika komponenter av arbetsminnet?

METOD

Studien innefattade tre olika test; binauralt ANL, serial recall av nonord och matrismönster. De två sistnämnda mäter två olika aspekter av arbetsminnet enligt Baddeleys arbetsminnesmodell (Repovs & Baddeley, 2006). Fyra fullständiga mätningar (tre försök) med binauralt ANL utfördes i direkt följd, dvs. tolv försök totalt. Alla tester utfördes i ett ljudisolerat rum som mötte specifikationerna i ISO 8253-1 och tog ca. 60 min per deltagare (ISO 1998). Testerna utfördes på Audiologiska avdelningen på Skånes universitetssjukhus i Malmö. Luftledningsaudiogram, ANL-test och serial recall av nonord utfördes med Sennheiser HDA200 hörtelefoner. En Otometrics Madsen Astera-audiometer användes vid audiogram- och ANL-mätningarna. Audiometern och hörtelefonerna kalibrerades enligt IEC 60318-2, ISO 389-8 och ISO 389-5 med en Brüel och Kjaer 2610 förstärkare med en 4144 mikrofon i en 4152 öronsimulator (IEC, 1998; ISO 2004; ISO 2006). Ordningen på deltesterna balanserades mellan testdeltagarna enligt en latinsk kvadrat-metod.

Rekrytering av testdeltagare

Deltagarna till studien rekryterades främst från författarnas familjer och vänner. Några rekryterades via e-postutskick till audiologistuderanter vid Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi vid Institutionen för kliniska vetenskaper, Lunds Universitet. Totalt testades 32

personer i åldrarna 18 till 40 år med svenska som modersmål. Av de 32 deltagarna var 13 kvinnor och 19 män.

Testdeltagarna säkerställdes som normalhörande och otologiskt friska genom en kort intervju, otoskopering och luftledd tonaudiometri. Alla testdeltagare hade tonmedelvärden bilateralt på 20 dB HL eller bättre för frekvenserna 0.5, 1, 2 och 4 kHz. Deskriptiva data visas i tabell 1. Deltagarna fick ta del av både skriftlig och muntlig information om studien och de olika undersökningarna innan mätningarna påbörjades och gav sitt skriftliga medgivande till att delta. Studien godkändes av den Etiska kommittén vid Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi, Institutionen för Kliniska Vetenskaper Lund, Lunds Universitet.

Tabell 1. Avser deskriptiva data för testpersonerna i studien. Tonmedelvärde (PTA) räknades ut som medelvärdet av 0.5, 1, 2 och 4 kHz.

<i>Variabel</i>		<i>Testpersoner</i>	
		<i>(n=32)</i>	
Ålder (år)	M	25.9	
	SD	5.2	
	Intervall	18-40	
Kön	Kvinnor	40,6%	n=13
	Män	59,4%	n=19
PTA (dB HI Höger)	M	1.8	
	SD	3.6	
	Intervall	-9 - 10	
Vänster	M	1.9	
	SD	4.5	
	Intervall	-5 - 16	

Acceptable Noise Level (ANL)

ANL är skillnanden i dB mellan MCL och BNL ($MCL - BNL = ANL$). Vanligtvis upprepas proceduren tre gånger och ANL-mätningen är medelvärdet av de tre försöken. Våra testpersoner fick göra tolv försök, dvs. fyra ANL-mätningar. De separata försöken nummerades 1-12 och de fyra mätningarna kallades ANL A, ANL B, ANL C och ANL D där ANL A var den första mätningen och ANL D den sista.

Deltagarna började med att läsa svenska instruktioner av ANL-testet översatta från de engelska instruktionerna (Nabelek m.fl., 1991, 2004, 2006; Rogers m.fl., 2003; Brännström m.fl., 2011). Efter detta gavs instruktionerna verbalt och deltagarna fick möjlighet att ställa frågor. Vid den verbala instruktionen förtydligades det att historien var en talsignal som inte gick att förstå och att mätningarna skulle upprepas många gånger. Deltagarna fick också veta att testaren skulle berätta när hälften av mätningarna var genomförda. Detta gjordes för att hålla deltagarna alerta och fokuserade på uppgiften.

Talsignalen startades på 48 dB SPL som testpersonen utgick från när MCL ställdes in. Med en attenuator justerade testpersonen först ljudnivån uppåt, så att det blev för starkt, sedan nedåt, så att det blev väldigt svagt och till sist justerade testpersonen ljudnivån upp igen tills MCL-nivån hittats, varpå testpersonen signalerade detta till testaren. Bakgrundsbruset startades på samma nivå som talsignalen startades på, medan talsignalen var kvar på MCL-nivån.

Testpersonen justerade först upp ljudnivån på bakgrundsbruset så att det blev för starkt och överröstade talsignalen, sedan ned så att talsignalen blev alldeles tydlig och till sist upp igen tills BNL-nivån hittats, även detta signalerade testpersonen till testaren. Deltagarna justerade nivån på signalerna i steg om 2 dB med hjälp av två attenuatorer utan visuell återkoppling av nivån.

Talsignalen bestod av International Speech Test Signal (ISTS) som beskrivs i detalj i Holube m.fl. (2010). ISTS består av korta segment som liknar stavelser från sex kvinnliga talare som talar sex olika språk (engelska, arabiska, franska, spanska, mandarin och tyska). Den ursprungliga talsignalen kom från inspelningar av dessa talare, då de på vars ett språk läste historien "Nordanvinden och solen". Inspelningsarna klipptes ned till segment som motsvarade ungefär en stavelse. Dessa segment konkatenerades till en signal som låter som tal och innehåller vanligt tals egenskaper (fonem, pauser, långtidsspektra, osv.) men utan att det går att förstå. Meningen är att signalen ska efterlikna den ursprungliga talsignalen så långt som möjligt men sakna semantiskt innehåll och kunna användas som standardiserad mätsignal. ISTS valdes för att få mindre spridning av resultaten på grund av semantiskt innehåll och för att kunna jämföras med ANL-tester utförda på andra testplatser oavsett vilket språk som talas där (Brännström m.fl., 2011).

Bruset kom från CD-skivan Dantale (spår 12, Dantale noise). Det är ett talvägt, amplitudmodulerat vitt brus. Dantaleinspelningen beskrivs i detalj i Elberling m.fl. (1989). RMS-värdet för talsignalen och bruset var likställt och låg på -20 dB för talsignalen respektive -19.7 dB för bruset jämfört med datorns ljudkorts maximala utnivå. Signalerna och programvaran som användes var samma som användes av Brännström m.fl. (2011).

Arbetsminnestester

Arbetsminnestesterna togs från testbatteriet Sound Information Processing System (SIPS; Sahlén, Reuterskiöld-Wagner, Nettelbladt & Radeborg, 1999). Serial recall av nonord är utarbetat efter Gathercole och Pickering (2000) procedurer och matrismönster är utarbetat efter Della Sala, Baddeley, Allamano & Wilsons (1999) modell. Testerna utfördes på en bärbar dator.

Serial recall av nonord

Deltagarna informerades verbalt om att en röst skulle läsa upp nonsensord, två stycken till att börja med. När ordserien var uppläst visade datorprogrammet en ruta där det stod "Återge", då ombads deltagaren att upprepa orden högt. Deltagarna informerades om att testet inte gick på tid, och att de inte behövde återge orden i någon särskild ordning. Efter hand blev det fler och fler ord, till slut så många att det blev svårt att komma ihåg alla. De första tre ordserierna innehöll två ord, därefter ökade antalet ord i serien med ett ord var tredje ordserie. De tre sista ordserierna innehöll sju ord. Detta gav totalt 18 serier och 81 ord. Orden presenterades binauralt via Sennheiser HDA200 hörtelefoner. Innan testet startades fick deltagarna lyssna på ett annat test med samma röst för att ställa in ljudnivån och varje deltagare fick själv välja ljudnivå till en lagomnivå (MCL). För att få godkänt på ett ord var deltagaren tvungen att upprepa ordet helt korrekt, en testare jämförde ordet med en lista över orden och antecknade om det repeterats korrekt eller inte. Resultatet räknades som andel rätt ord i procent samt Span size. Span size är den högsta nivå av ord per omgång, som deltagaren fick helt rätt på minst

två av tre ordserier. Nonsensorden saknade semantiskt innehåll så språklig förmåga bör inte inverkat på resultaten och alla orden var av samma längd så ingen ordlängdeffekt (word length effect) behövde heller beaktas.

Matrismönster

Deltagarna informerades verbalt om att de skulle få se ett ljusgrått rutmönster med fem gånger fem rutor. Under ca 1 sekund ändrade en av rutorna färg till från grått till svart och deltagarnas uppgift var att klicka på den rutan som ändrade färg och sedan klicka på OK. Efter hand var det fler och fler rutor som ändrade färg så att det blev svårt att komma ihåg alla. De tre första omgångarna ändrade en ruta färg, sedan ökade antalet ändrade rutor var tredje omgång och de tre sista omgångarna ändrade åtta rutor färg, totalt blev detta 24 omgångar. Testet gick inte på tid och rutorna bytte färg samtidigt, så deltagarna behövde inte klicka på rutorna i någon särskild ordning. Deltagarna upplystes också om att datorn och/eller programmet gjorde att muspekaren kunde vara lite långsam i reaktionerna. Resultatet i antalet klick registrerades av programmet och presenterades i ett kalkylblad. Ett poäng räknades som då deltagarna fyllt i alla rutor korrekt på en nivå. Resultatet räknades som antal rätt och andel rätt i procent.

Statistisk analys av resultat

Rapporterade data består av medelvärde, standardavvikelse och intervall för de fyra ANL-mätningarna, procent rätt på serial recall av nonord och matrismönster. ANL räknades ut genom att först ta differensen mellan MCL och BNL, båda i dB SPL ($MCL - BNL = ANL$) och sedan ta medelvärdet av ANL för tre försök (t.ex. $(\text{försök 1} + \text{försök 2} + \text{försök 3})/3 = ANL$ A). Kolmogorov-Smirnovs test visade normalfördelning för undersökningsvariablerna. En korrelationsberäkning gjordes mellan testpersonernas ANL-resultat och resultatet på de båda arbetminnestesterna.

För att bedöma stabiliteten hos ANL-testerna räknades coefficient of repeatability (CR) ut (Bland & Altman, 2010). CR beräknas som standardavvikelsen (SD) multiplicerat med 1.96 för differensen mellan två mätningar. Detta gjordes på skillnaden i dB mellan testpersonernas medelvärden på ANL A och ANL B, ANL A och ANL C, ANL A och ANL D, ANL B och ANL C, ANL B och ANL D samt ANL C och ANL D. Rapporterade data består av medelvärde, standardavvikelse och intervall för de fyra ANL-mätningarna A-D. För att bedöma om värdet på CR är av klinisk betydelse används ett värde kallat minimal clinical important difference (MCID). Detta har uppskattats till 4 dB av Olsen m.fl. (2012) baserat på att nytta av förbättrat signal-brusförhållande av riktmikrofoner ligger på 3 – 4 dB.

Stabiliteten hos de inledande ANL-försöken 1-4 beräknades med CR. Beräkningen gjordes mellan försök 1 och 2, 1 och 3, 1 och 4, 2 och 3, 2 och 4 samt 3 och 4. Rapporterade data består av medelvärde, standardavvikelse och intervall för de första fyra försöken 1-4. Försöken 5-12 utelämnades alltså i denna analys.

För att kunna jämföra individers stabilitet på ANL undersöktes absolutbeloppen av differenserna mellan de fyra ANL-testerna. Absolutbeloppet är ett tal utan dess eventuellt negativa tecken och skrivs som $|-x| = x$, eller $|x| = x$. Detta gav ett mått på individens variation

där både ökning och minskning mellan mätningarna bidrog lika mycket. Ju lägre värde desto mindre varierade individens ANL. Samma sak gjordes för försök 1-4.

Brännström m.fl. (2012) fann att en grupp med hög arbetsminneskapacitet hade lågt ANL och en grupp med låg arbetsminneskapacitet högt. För att kunna jämföra våra resultat med detta och undersöka om det fanns gruppskillnader i ANL delades testdeltagarna in i två grupper efter deras resultat på serial recall av nonord. Den ena gruppen hade resultat över medelvärdet och den andra gruppen hade resultat under medelvärdet. Två ytterligare grupper skapades med testdeltagarnas resultat på matrismönster som utgångspunkt. Båda dessa gruppindelningar fick fördelningen 14/18 personer, men det var inte samma individer i grupperna med lågt respektive högt arbetsminne för de två arbetsminnestesten. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) användes för att undersöka om det fanns skillnader mellan ovanstående grupper. Dessa gruppers olika medelvärden på variation av ANL jämfördes med independent samples T-test för att se om de skiljde sig åt.

RESULTAT

Medelvärde, intervall och standardavvikelse för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) och resultatet på serial recall av nonord och matrismönster är presenterade i tabell 2. Individuella resultat för ANL A-D och arbetsminnestester presenteras i Bilaga 1. Standardavvikelserna och intervallen för ANL A-D indikerar att spridningen av resultatet är stor.

Tabell 2. Avser testpersonernas medelvärde (M), standardavvikelse (SD) och intervall för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) samt de båda arbetsminnestesterna serial recall av nonord (SR) och matrismönster (MM).

<i>n</i> =32	ANL A (dB)	ANL B (dB)	ANL C (dB)	ANL D (dB)	SR (%)	MM (%)
M	4.7	5.1	5.3	5.6	49.2	80.6
SD	10.9	10.9	11.2	10.5	9.5	14.2
Intervall	-20.7 - 29.3	-13.3 - 35.3	-11.3 - 34.0	-10.0 - 29.3	32.1-66.7	37.5-100.0

Stabilitet för ANL

Jämförelsen av de fyra ANL-testerna visas som medelvärdet, standardavvikelsen och CR för differensen mellan ANL A och B, ANL A och C, ANL A och D, ANL B och C, ANL B och D samt ANL C och D i tabell 3. Beräkningen av CR visar att värdet på CR minskar med antalet mätningar inom samma testsession. Det innebär att skillnad i test-retest minskar med ökande antal mätningar. Endast jämförelsen mellan ANL C och D uppfyller villkoret att CR bör vara lägre än MCID.

Tabell 3. Visar medelvärde (M), standardavvikelse (SD), intervall samt coefficient of repeatability (CR) för differenserna mellan ANL-testerna A och B, A och C, A och D, B och C, B och D samt C och D.

<i>n</i> =32	ANL A - B (dB)	ANL A - C (dB)	ANL A - D (dB)	ANL B - C (dB)	ANL B - D (dB)	ANL C - D (dB)
M	-0.4	-0.6	-0.9	-0.1	-0.5	-0.3
SD	3.9	5.5	5.7	3.2	3.8	2.0
Intervall	-8.0 - 10.0	-12.7 - 14.0	-13.3 - 10.7	-5.3 - 7.3	-6.0 - 8.0	-4.0 - 5.3
CR	7.6	10.7	11.3	6.3	7.4	3.9

Tabell 4 visar medelvärde, standardavvikelse och intervall för ANL-försöken 1-4.

Tabell 4. Visar medelvärde (M), standardavvikelse (SD), intervall för de fyra första ANL-försöken 1-4.

<i>n</i> =32	Försök 1 (dB)	Försök 2 (dB)	Försök 3 (dB)	Försök 4 (dB)
M	4.1	5.1	5.3	5.6
SD	10.9	12.4	12.1	11.4
Intervall	-26 - 28	-22 - 46	-14 - 44	-18 - 34

Jämförelsen av ANL-försöken visas som medelvärdet, standardavvikelsen, intervallet och CR för differensen mellan ANL 1 och 2, ANL 1 och 3, ANL 1 och 4, ANL 2 och 3, ANL 2 och 4 samt ANL 3 och 4 i tabell 5. Beräkningen av CR visar att värdet på CR är högre för ANL 1-2, 1-3 och 1-4 än för ANL 2-3, 2-4 och 3-4. Detta innebär att det är mindre skillnad i test-retest för försök 2-4 än för försök 1-3, som ANL A grundar sig på.

Tabell 5. Visar medelvärde (M), standardavvikelse (SD), intervall samt coefficient of repeatability (CR) för differenserna mellan de fyra första ANL-försöken 1 och 2, 1 och 3, 1 och 4, 2 och 3, 2 och 4 samt 3 och 4.

<i>n</i> =32	ANL 1 - 2 (dB)	ANL 1 - 3 (dB)	ANL 1 - 4 (dB)	ANL 2 - 3 (dB)	ANL 2 - 4 (dB)	ANL 3 - 4 (dB)
M	-1.1	-0.9	-0.6	0.2	0.5	0.3
SD	9.6	9.8	9.0	3.2	4.0	3.8
Intervall	-48 - 8	-46 - 12	-36 - 14	-8 - 8	-6 - 12	-8 - 10
CR	18.8	19.3	17.7	6.3	7.8	7.5

Individuell stabilitet mättes som absolut differens i dB mellan två ANL-tester inom samma testsession. Medelvärdet var 3.1 dB, standardavvikelsen var 2.0 dB och intervallet var 0.8 – 7.4 dB. MCID har uppskattats till 4 dB av Olsen m.fl. (2012) och kan användas som en gräns för största tillåtna skillnad mellan två olika mätningar för att ANL-resultaten ska hålla tillräckligt hög reliabilitet för att vara kliniskt tillförlitligt. I vår undersökning hade 10 individer större differens än 4 dB som medelvärde av de sex jämförelserna och 16 individer hade större differens än 4 dB vid jämförelse mellan två av någon av ANL-testerna. Fullständig tabell över testpersoners absoluta differenser mellan ANL-testerna A-D samt medelvärde presenteras i bilaga 1.

ANL och dess relation till arbetsminne

Serial recall av nonord

Korrelationsberäkningen mellan de båda arbetsminnestesterna visade på en signifikant positiv korrelation, $r(32) = 0.465$, $p < 0.01$, vilket indikerar att individer som presterade bra på serial recall av nonord också presterade bra på matrismönster. Värdet indikerar dock att sambandet bara kan förklaras till viss del. Ytterligare signifikant positiv korrelation fanns mellan ANL C och serial recall av nonord, $r(32) = 0.387$, $p < 0.05$, samt mellan ANL D och serial recall av nonord, $r(32) = 0.423$, $p < 0.05$. Detta indikerar att individer som hade ett högt resultat på serial recall av nonord också hade ett högt ANL vid de två sista ANL-testerna, ANL C och D.

Inga andra signifikanta korrelationer fanns mellan någon av ANL-testerna A-D och arbetsminnestesterna.

Två två-vägs repeated measures analysis of variance (ANOVA) utfördes för att avgöra om acceptansen för bakgrundsbrus under upprepade mätningar skiljde sig åt mellan testpersoner med arbetsminneskapacitet över respektive under medelvärdet. Den beroende variabeln var i båda fallen ANL A, B, C och D. Variabeln mellan testpersoner var i båda fallen grupp med två nivåer, personer med högt respektive lågt resultat på arbetsminnestesterna, $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$. Noll-hypotesen var att det inte fanns någon skillnad i ANL-resultatet mellan grupper av personer med låg respektive hög arbetsminneskapacitet.

I tabell 6 visas medelvärde (M), standardavvikelse (SD) och intervall för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) och total absolut differens för grupperna med lågt respektive högt arbetsminne enligt resultat på serial recall av nonord. Resultatet på ANOVA visade inga signifikanta effekter inom grupperna $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$ enligt resultat på serial recall av nonord i hur deras acceptans för bakgrundsbrus påverkades av upprepade mätningar, $F(1,598, 47.949) = 0.416, p > 0.05$. Resultatet visade inte heller några signifikanta skillnader mellan grupperna $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$ enligt resultat på serial recall av nonord i hur deras acceptans för bakgrundsbrus påverkades av upprepade mätningar, $F(1, 30) = 2.552, p > 0.05$. Gruppen med låg arbetsminneskapacitet enligt resultat på serial recall av nonord hade ett lägre medelvärde på ANL A-D. Tendens var dock att gruppen med hög arbetsminneskapacitet hade ett högre medelvärde, större standardavvikelse och intervall. Detta innebär en större spridning inom denna grupp än inom gruppen med låg arbetsminneskapacitet. Independent samples T-test visade ingen signifikant skillnad i variation i ANL mellan grupperna högt respektive lågt resultat på serial recall av nonord, $t(30)=1.467, p=0.153$.

Tabell 6. Visar medelvärde (M), standardavvikelse (SD) och intervall för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) och absolut differens för grupperna med lågt respektive högt arbetsminne enligt resultat på serial recall av nonord.

Serial Recall av nonord			ANL A (dB)	ANL B (dB)	ANL C (dB)	ANL D (dB)	Absolut differens (dB)
$AM_{låg}$	$(n=14)$	M	1.7	1.9	1.7	2.1	3.7
		SD	7.2	6.7	7.7	7.1	2.3
		Intervall	-8.7 - 16.7	-6.7 - 16.0	-10.0 - 17.3	-6.7 - 17.3	0.8 - 7.4
$AM_{hög}$	$(n=18)$	M	7.0	7.6	8.0	8.3	2.7
		SD	12.7	13.0	12.9	12.1	1.7
		Intervall	-20.7 - 29.3	-13.3 - 35.3	-11.3 - 34.0	-10.0 - 29.3	0.8 - 7.0

Matrismönster

I tabell 7 visas ANL:s medelvärde, standardavvikelse och intervall för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) och total absolut differens inom grupperna $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$. Resultatet visade inga signifikanta skillnader inom grupperna $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$ enligt resultat på matrismönster i hur deras acceptans för bakgrundsbrus påverkades av upprepade mätningar, $F(1,599, 47.959) = 0.393, p > 0.05$. Resultat visade inte heller några signifikanta skillnader mellan grupperna $AM_{låg}$ och $AM_{hög}$ enligt resultat på matrismönster i hur deras acceptans för bakgrundsbrus påverkades av upprepade mätningar, $F(1, 30) = 0.008, p > 0.05$. Detta indikerar att det inte finns någon skillnad i resultat på ANL-testerna mellan de två grupperna med lågt respektive

högt arbetsminne enligt resultat på matrismönster. Independent samples T-test visade heller ingen signifikant skillnad i variation i ANL mellan grupperna högt respektive lågt resultat på matrismönster, $t(30)=1.555$, $p=0.130$.

Tabell 7. Visar medelvärde (M), standardavvikelse (SD) och intervall för de fyra ANL-testerna (ANL A-D) och total absolut differens för grupperna med lågt respektive högt arbetsminne enligt resultat på matrismönster.

Matrismönster			ANL A (dB)	ANL B (dB)	ANL C (dB)	ANL D (dB)	Absolut differens (dB)
AM _{låg}	(n=14)	M	4.7	5.1	4.9	5.1	3.7
		SD	9.1	9.0	10.9	11.2	2.2
		Intervall	-7.3 - 26.7	-4.7 - 26.7	-10.0 - 28.7	-10.0 - 29.3	0.8 - 7.4
AM _{hög}	(n=18)	M	4.6	5.1	5.6	6.0	2.7
		SD	12.3	12.5	11.7	10.3	1.7
		Intervall	-20.7 - 29.3	-13.3 - 35.3	-11.3 - 34.0	-9.3 - 28.7	0.8 - 7.0

DISKUSSION

Metoddiskussion

ANL-test

Resultat från ANL-testet på olika testplatser bör vara jämförbara. Detta ställer krav på ett standardiserat test med hög reliabilitet och validitet. Denna del av diskussionen utgår från våra egna erfarenheter med framförallt ANL-testet.

Tolkning av instruktionerna leder till svårigheter för tester att hålla hög reliabilitet och validitet. Ett exempel på svårtolkad instruktion är följande som finns med i en del engelska instruktioner till ANL-testet (Rogers m.fl., 2003, sid 376):

“The amount of attention you give to the story is completely up to you. Please give the same amount of attention to the story each time the procedure is completed.”

Hur mycket uppmärksamhet individer väljer att lägga på talsignalen skiljer sig åt och kan bero på instruktionen. Brännström m.fl. (2011) fick signifikant olika resultat på två testplatser delvis pga. skillnader i instruktion. Ett annat exempel på en svaghet i instruktionen är frasen: ”om du skulle lyssna till talsignalen en längre stund”. Många av våra testpersoner begärde att få detta preciserat till ett mer konkret värde. Denna typ av formuleringar lämnar öppet för tolkningar och testpersoner skulle kunna tolka ”en längre stund” som väldigt olika tidsperioder och därmed antingen underskatta eller överskatta hur mycket brus de är villiga att acceptera. Eventuella personliga preferenser för brus eller andra subjektiva faktorer skulle kunna göra att ANL-testet uppfattas på ett annorlunda sätt. En av våra testpersoner arbetar t.ex. som ljudtekniker och är van att lyssna efter brus och brum som indikation på att något är fel. Freyaldenhoven m.fl. (2006) fann dock ingen korrelation mellan personliga preferenser för brus och ANL. Vi tror inte att personliga preferenser för brus förändras över en veckas tid, men om det skulle ha gjort det för en enskild individ skulle det inte ha framkommit med den analysmetod som Freyaldenhoven m.fl. (2006) använde. Det finns utmaningar med att testa

preferens för bakgrundsbrus som liknar de svårigheter som finns för ANL. Det behövs en annan enkät eller andra metoder än den enkät som användes av Freyaldenhoven m.fl. (2006).

ANL-testet mäter inte en aktuell situation direkt utan en kort exempelsituation ska generaliseras för att representera en inneboende förmåga. Testpersonen måste själv göra generaliseringen och skatta sin brustolerans och då blir testpersonens förmåga att förutspå sitt eget beteende en mätosäkerhet. Testpersonen måste tolka hur länge *"en längre stund"* är, hur trött man kan vara *"utan att bli trött"*, man kan vara olika trött just då man ska tolka detta och man måste veta hur lätt man själv blir trött. De olika elementen av tolkningsmöjligheter och uppskattningar staplas på varandra vilket skapar ett ständigt expanderande mätfel. För att ANL-testet ska kunna användas till att prediktera hörapparatanvändande krävs att resultaten har en hög precision och är jämförbara mellan olika testplatser. Det är alltså flera olika delar av testet som behöver standardiseras för att öka dess reliabilitet och validitet.

I testet av det fonologiska arbetsminnet hamnade alla testpersoner på span size-nivåerna två, tre och fyra, där sju är maximum. Eftersom stegnivåerna blev stora och det blev svårt att skilja individens resultat åt var inte span size ett användbart mått. För att kunna jämföra resultatet med resultatet på matrismönster och för att få större noggrannhet i resultaten använde vi oss istället av procent rätt ord som rättning. Då ingår antal rätt ord på alla nivåer i beräkningarna. På nivå sex och sju tror vi av erfarenhet av att själv ha gjort testet att andra mekanismer än vad testet är avsett för att mäta kan spela in för resultaten. Till exempel ger möjligen ord fem, sex och sju en effekt av irrelevant ljud (irrelevant sound effect; Repovs & Baddeley, 2006) med markant större inverkan på objekten i den fonologiska loopen än vad de första fyra orden gör.

Det finns en risk för att olika testare har olika strikta kriterier för när ett ord är korrekt återgivet. Uttal och dialekt kan innebära oklara gränser för rätt och fel. Därför kan det vara vanskligt att jämföra resultat från olika tester på serial recall. En annan oönskad påverkan av resultaten kan ha kommit av att testpersonerna valt att tillämpa olika strategier för vilka ord man försöker minnas när de kommit över sin span size-nivå. De som valt att bara koncentrera sig på t.ex. de två första eller sista orden kan ha lyckats med detta medan de som alltid försökt minnas alla orden misslyckats. Ett annat test hade kanske kunnat ge oss ett skarpare mått på testpersonernas fonologiska loop.

Samtidigt tror vi att egenskapen i sig är svår att mäta eftersom den bygger på Baddeleys arbetsminnesmodell, som är en förenkling av verkligheten vilket bidrar till att precisionen och noggrannheten i arbetsminnestester minskar.

I det visuospatiala arbetsminnestestet ändrade rutor färg från ljusgrå, till svart, och sen tillbaka till ljusgrå igen. Stor kontrastskillnad gjorde att bilden av rutorna fastnade på näthinnan, och det i sin tur gjorde det lättare att hitta rätt rutor. Vi misstänker att detta hjälpte många av testdeltagarna till ett bättre resultat.

Då programvaran till arbetsminnestesterna (SIPS) kördes utgjorde det emellanåt en stor belastning för den bärbara dator som användes. Detta gjorde att under tiden då rutorna ändrade färg till svart gick det inte att röra muspekaren, vilket tog fokus från själva testet. Några gånger då testpersoner klickade på en ruta, så avmarkerades den direkt automatiskt, och detta kan också ha påverkat resultatet.

Resultatdiskussion

ANL och stabilitet

Vi ville undersöka om ANL hinner förändras under den tid det tar att göra en mätning, dvs. tre försök. Vi undersökte stabiliteten för själva testet för att kunna säga något om stabiliteten för egenskapen vi testade. En stor spridning av resultatet tyder på stor variation för den testade egenskapen. Om en individ har olika resultat vid olika tillfällena kan det antingen tyda på att acceptabel brusnivå kan förändras mellan olika testtillfällen, eller att det finns en felkälla inom testet och spridningen av resultaten inte speglar den egentliga variationen. Vi tror att spridningen av resultatet beror på både dålig precision i testet och en egenskap som kan ge fluktuerande värden.

Vi jämförde våra resultat på ANL A-D med Brännström m.fl. (2011) som i ”Condition 3” använde identiskt talstimuli och brus. Medelvärde, standardavvikelse var liknande men intervallet var något större i vår studie. Brännström m.fl. (2011) testade monauralt, men vi har testat binauralt. Denna skillnad i metod kan tänkas ha bidragit till skillnaden i resultat.

Tidigare undersökningar fann att ANL hade hög test-reteststabilitet genom korrelationsberäkning för grupper av individer, men på individnivå kunde test-retest vara upp till 14 dB (Freyaldenhoven m.fl., 2006; Nabelek m.fl., 2007). I Nabelek m.fl., (2004) var test-retest av ANL 0-4 dB hos hörapparat användare mätt utan deras hörapparater, detta indikerar hög ANL- stabilitet hos testpersonerna. Olsen m.fl. (2012) fann att CR var 6.0 - 8.9 dB med 15-30 min mellan mätningarna och 7.2 - 10.2 dB mellan två testsessioner åtskilda av minst 12 dagar. Vår studie fann att CR var 7.6 - 11.3 dB för fyra seriella mätningar, se tabell 3, vilket är liknande det fynd som Olsen m.fl. (2012) rapporterade. Ett högt värde på CR innebär att felmarginalen är hög, detta kan göra att det är svårt att dra några slutsatser av mätningen. Freyaldenhoven m.fl. (2006), Olsen m.fl. (2012) och vår studie utfördes på normalhörande personer medan Nabelek m.fl. (2004) utfördes på hörapparat användare. Graden av hörselnedsättning är inte relaterad till ANL (Nabelek m.fl. 1991), men resultatet i Nabelek m.fl. (2004) indikerar att stabiliteten för ANL mätt som test-retest är bättre för hörapparat användare än för normalhörande. Vår studie indikerar att stabiliteten ökar vid upprepade mätningar inom samma testsession. Vi tror att ökningen av stabiliteten beror på att det kan finnas en inlärningseffekt, som tidigare förts fram som en möjlig förklaring av Olsen m.fl. (2012). Effekten av denna verkar vara störst i de inledande mätningarna – se tabell 3 och 5.

Ett förslag till förklaring till skillnaden i resultat mellan Nabelek m.fl. (2004) och Olsen m.fl. (2012) är att hörapparat användare kan ha ett minskat dynamikomfång om deras hörselnedsättning är av sensorinueral typ (Olsen m.fl., 2012). Ett minskat dynamikomfång kan tänkas minska sannolikheten för en stor spridning av resultaten eftersom ANL är beroende av MCL. Vår studie innefattade endast normalhörande så detta skulle kunna vara en del förklaringen till spridningen i våra resultat. Ytterligare en eventuell skillnad mellan studierna kan bero på om testpersonerna gjorde ANL-testet för första gången eller ej. Det är inte specificerat i Nabelek m.fl. (2004) om artikeln bygger på en tidigare mätning eller om testpersonerna fått göra om ANL-testet. I Olsen m.fl. (2012) hade ingen av testpersonerna gjort ANL-testet tidigare. Detta har endast betydelse om det finns en inlärningseffekt av testet

som gör att test-retest blir mer stabilt om erfarna testpersoner används. Ytterligare förslag till förklaring av skillnaden i resultat mellan Nabelek m.fl. (2004), Olsen m.fl., (2012) och vårt resultat är att hörapparat-användare kan tänkas relatera testsituationen mer specifikt till problematiska lyssnings-situationer de upplever med sina hörapparater dagligen. Eftersom de är vana vid att behöva hantera denna typ av situationer kan man tänka sig att deras skattning av sin tolerans för brus blir mer noggrann.

ANL-testet innebär att testpersonen själv ställer in önskad presentationsnivå på talsignalen, MCL. Vi tror att då testpersoner får tillgång till attenuatorerna (Brännström m.fl., 2011) och kan justera ljudnivån själv får mätningen högre precision än vid den typ av indirekt justering som använts tidigare (Rogers m.fl., 2003; Nabelek m.fl., 2004; Tampas & Harkrider, 2006). Samma typ av reglering bör användas om man vill jämföra olika studiers resultat. En vanlig effekt av att lyssna en längre tid på en ljudsignal är att habituering inträffar, vilket innebär att man vänjer sig vid ljudvolymen och gärna vill höja volymen efterhand (Gelfand, 2009; Arlinger m.fl., 2004). Nivån på MCL kan också fluktuera, Gelfand menar att MCL inte är en enda nivå, utan snarare ett intervall (Gelfand, 2009). En studie har funnit att ANL påverkas av nivån på MCL (Franklin m.fl., 2006) och därmed är det möjligt en person kunna få olika ANL-resultat på höger och vänster sida bara pga. habituering.

Olsen m.fl. (2012) fann att ANL på grupp-nivå ökade signifikant från det första till det andra testöret inom samma test-session. Vi fann en ökning på grupp-nivå med 0.9 dB från ANL A-D, och med 1.5 dB från försök 1-4. Det är stor skillnad i CR sett till jämförelser av försök 1-4, se tabell 5, vilket indikerar att inlärningseffekten är stor. Om man skulle genomföra fyra försök, där första försöket fungerar som en träningsomgång, och ANL baseras på försök två till fyra skulle stabiliteten troligtvis bli bättre pga. minskad inverkan av inlärningseffekten. En alternativ eller kompletterande förklaring till inlärningseffekt är den effekt som tidigare presenterat ljud har på upplevelse av ljudstyrka. Vilka ljudnivåer man nyligen lyssnat på fungerar som referensnivå (Punch m.fl., 2004b). Detta skulle kunna innebära att första försökets referens till MCL-nivå inte är densamma som i de resterande försöken. Detta är ytterligare ett argument för att använda en träningsomgång.

Vi tittade på individers absoluta skillnader mellan de fyra ANL-testerna A-D och medelvärdet av dessa skillnader. Värdet på MCID uppskattades av Olsen m.fl. (2012) till 4 dB. Tio individer hade större skillnad än 4 dB i medelvärde och 16 av 32 individer hade en större förändring än 4 dB mellan åtminstone två av mätningarna, se bilaga 1. Därmed var det alltså 50 %, som hade större skillnad i ANL än MCID vid två olika mätningar inom samma test-session. Detta innebär att ANL inte håller tillräckligt hög reliabilitet för att vara kliniskt tillförlitligt med MCID som mått och 4 dB som gränsvärde. Om ANL används till att prediktera hörapparat-användande kan den dåliga reliabiliteten leda till att en persons resultat på ANL i ett öra spår goda framtidsutsikter till hörapparat-användande medan andra örat spår ett misslyckande.

Relation mellan ANL och arbetsminne

Resultaten visade signifikant korrelation mellan testpersonernas resultat på de båda arbetsminnestesterna, vilket bekräftar en del av vår hypotes. Våra resultat gav inga signifikanta effekter i ANL-resultat mellan grupper med högt och lågt fonologiskt respektive visuospatialt arbetsminne. Värdet på effekten i ANOVA mellan ANL och serial recall av nonord, $F(1, 30) = 2.552$, $p > 0.05$, indikerade dock att arbetsminne påverkar resultatet och att

ett större testmaterial kanske hade kunnat ge signifikant skillnad mellan grupperna. Baserat på våra resultat i ANOVA för ANL och matrismönster verkar ANL inte vara relaterat till visuospatialt arbetsminne. Inom alla grupper verkar det finnas stor spridning av ANL, som indikeras av stor standardavvikelse och stort intervall. Därmed är det också svårt att dra några slutsatser utifrån eventuella skillnader i medelvärden mellan grupperna.

Resultatet på serial recall av nonord hade signifikant positiv korrelation med ANL C och D. Detta resultat står i kontrast till Brännström m.fl. (2012) som fann signifikant negativ korrelation mellan resultat på arbetsminnestest mätt med Listening span test och BNL. Vårt resultat indikerar att vid upprepade mätningar har personer med hög arbetsminneskapacitet högt ANL vid de två sista mätningarna. Det ger oss anledning att fortsätta undersöka arbetsminnets roll i ANL. Två tänkbara förklaringar till att våra resultat skiljer sig från Brännström m.fl. (in press) är att vi har använt olika arbetsminnestester (vårt testade mer specifik och Brännströms mer generell arbetsminneskapacitet) och den låga reliabiliteten hos ANL-testet. Olika arbetsminnestester har olika komplexitet vilket leder till att de är olika bra på att visa individuella skillnader i arbetsminneskapacitet. De arbetsminnestester vi använde hade liten spridning i resultat, se bilaga 1, vilket gjorde resultatets korrelation med ANL mindre tydlig. Baddeley lade till den episodiska bufferten till sin arbetsminnesmodell i ett försök att förklara den spridning i resultat på Reading span test som observerats av Daneman och Carpenter (1980; 1983; Repovs & Baddeley, 2006). Brännström m.fl. (in press) undersökte arbetsminne med Listening span test och fann en signifikant negativ korrelation mellan ANL och arbetsminneskapacitet. Det hade varit intressant att undersöka om ANL är relaterat till de två andra komponenterna i Baddeleys arbetsminnesmodell, den episodiska bufferten och den centrala exekutiven. Det hade också varit intressant att fortsätta undersöka ANL:s relation till fonologiskt arbetsminne med andra arbetsminnestester.

Sammantaget är det svårt att dra slutsatser om arbetsminneskapacitetens roll i ANL utifrån resultatet pga. metodernas svagheter.

Kliniska implikationer

ANL-testet tycks dras med stora svårigheter som främst berör den stora spridningen av resultaten. Felmarginalerna verkar stora vilket indikerar att testet behöver förändras i grunden. Framför allt behöver många delar standardiseras för att man ska kunna jämföra resultat från olika studier. MCL och obehagsnivåer påverkas av testmetoden och instruktionerna och trots att metoderna är allmänt accepterade saknas standardiserade mätmetoder även för dem (Punch, Joseph & Rakerd, 2004a).

Vi har stött på följande punkter aktuella för standardisering:

- Instruktionerna behöver göras mycket mer specifika för att minska skillnader i tolkning.
- Det verkar finnas en stark inlärningseffekt som har allra starkast inverkan på första försöket och därför tror vi man alltid bör göra fler försök än tre (se tabell 3 & 5). Om man gör fyra försök, där första försöket fungerar som en träningsomgång, och ANL baseras på försök två till fyra ökar reliabiliteten för resultaten. Eftersom testets dåliga reliabilitet medför en risk för att få olika resultat på olika testöron tror vi man kan tjäna på att alltid göra binaural mätning av ANL och använda tiden man vinner på detta till att göra

ytterligare försök för att öka reliabiliteten. Detta förutsätter dock en symmetrisk hörselnedsättning och central hörselnsfunktion.

- Testpersoner med tidigare erfarenhet av ANL-test och hörapparat användare som bättre kan relatera till testsituationen är kanske mindre påverkade av inlärningseffekten. Detta skulle innebära att hörapparat användare och normalhörande inte bör jämföras utan vidare.
- Startnivån på stimulit bör alltid ligga på samma dB SPL eftersom en testpersons bedömning påverkas av nivån på föreliggande referensljud (Punch m.fl., 2004b).
- MCL bör alltid ställas in på nytt vid varje försök eftersom ANL är beroende av presentationsnivå (Rogers m.fl., 2003; Franklin m.fl., 2006) I en del undersökningar har MCL bara ställts in en gång och sedan har endast BNL ställts in tre gånger (Rogers m.fl., 2003).
- Testpersonerna bör alltid reglera stimulit på samma vis, förslagsvis med egna attenuatorer i 2 dB-steg.
- Samma stimuli bör användas. ISTS ger fördelen att semantiskt innehåll saknas vilket gör att spridningen av resultaten minskar (Brännström m.fl., 2011) och olika testplatser får jämförbara resultat trots att man har testpersoner som talar olika språk.

Implikationer för vidare forskning

Innan man kan dra några slutsatser utifrån ANL bör man öka reliabiliteten och validiteten för testet. Vi föreslår att vidare forskning fokuserar på att antingen genomföra föreslagna standardiseringar av ANL, eller ännu hellre utforskar nya mätmetoder. En metod som utgick från konstantmetoden skulle kunna ge bättre reliabilitet (Arlinger m.fl., 2004). Contour test (Punch m.fl. 2004a) är en konstantmetod som mäter omfång av MCL. I detta test får testpersonerna lyssna till spondéer presenterade en i taget på fasta nivåer och gradera dess hörstyrka enligt en sjugradig skala. Skalstegen beskriver hörstyrkan från väldigt svag till obehagligt stark och man har märkt att många testpersoner anger en behaglig hörstyrka på flera olika nivåer. Detta visar att MCL snarare är ett intervall av nivåer än en konstant nivå (Punch m.fl., 2004a). Vi tror att ANL mätt med en liknande konstantmetod kan visa ANL som ett intervall istället för en fast nivå. På detta vis kan man se på variationen på ett annorlunda sätt och få ny information och förståelse om tolerans för bakgrundsbrus. Eftersom individens inneboende egenskaper som trötthet och koncentration kan variera, och att MCL kan variera mellan olika nivåer tycker vi att det är ett rimligt antagande att även ANL kan variera.

Våra resultat visar att det i framtida forskning fortfarande finns anledning att undersöka arbetsminnets roll för ANL. Tidigare forskning har pekat på att högre funktioner har en inverkan på ANL (Tampas & Harkrider, 2006). Baddeley lade till den episodiska bufferten till sin arbetsminnesmodell i ett försök att förklara den spridning i resultat på Reading span test som observerats av Daneman och Carpenter (Repovs & Baddeley, 2006). Listening span test har tidigare testats i forskning om ANL (Brännström m.fl., 2012), men den episodiska bufferten har inte undersökts tidigare i ANL-forskning. Därför hade det varit intressant att undersöka om ANL är relaterat till den episodiska bufferten. Även den centrala exekutiven vore intressant att undersöka för att få en bild av hur högre funktioner och ANL är relaterade.

Det hade också varit intressant att fortsätta undersöka relationen mellan ANL och fonologiskt arbetsminne med andra arbetsminnestester än serial recall av nonord.

Slutsatser

Individer med hög visuospatial arbetsminneskapacitet hade även hög fonologisk arbetsminneskapacitet. Trots att ANL-metodiken har stora brister som gör det svårt att hitta tydliga samband kan vi ändå se svaga indikationer på att arbetsminne och ANL är relaterat. Resultat på ANL är med stor sannolikhet relaterat till fonologisk arbetsminneskapacitet men inte till visuospatial arbetsminneskapacitet. Detta samband behöver utredas vidare med bättre metodologi för ANL och fler typer av arbetsminnestester. Vissa individer visade sig vara mer stabila än andra vid upprepade mätningar inom samma testsession, men graden av stabilitet korrelerade inte med resultatet på de utförda arbetsminnestesterna.

ANL-testet har många metodologiska svagheter som leder till låg reliabilitet, bl.a. instruktionen, och dessa felkällor gör att vi misstänker att spridningen i resultaten inte speglar den egentliga variationen. Nuvarande mätmetod innebär att test-reteststabiliteten var låg för upprepade mätningar i samma testsession. En ökande stabilitet med antalet ANL-mätningar skulle kunna bero på en inlärningseffekt. Denna har starkast effekt vid de första försöken.

REFERENSER

- Akeroyd M. A., (2008). Are individual differences in speech reception related to individual differences in cognitive ability? A survey of twenty experimental studies with normal and hearing-impaired adults. *International Journal of Audiology*, 47, 53-71. doi: 10.1080/14992020802301142
- Almqvist, B., Arlinger, S., Bergholtz, L., Bjuréus, E., Ekström, L., Harris, S., Holmberg, M., Leijon, A., Lennart, I., Rosenhall, U. & Wikström, I., (2004). *SAME Handbok i Hörselmätning*. Bromma: C-A Tegnér AB.
- Alvarez G. A. & Cavanagh P., (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and number of objects. *Psychological Science*, 15, 106-111. doi: saknas/ej funnet
- Arlinger S., Lunner T., Lyxell B. & Pichora-Fuller M. K., (2009). The emergence of cognitive hearing science. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 371-384. doi: 10.1111/j.1467-9450.2009.00753.x
- Baddeley A. D., (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365. doi: 10.1080/14640746608400055
- Baddeley A. D., (1983). Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 302, 311-324. doi: saknas/ej funnet
- Baddeley A. D., (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press

Baddeley A. D., (1996). Exploring the Central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5-28. doi: 10.1080/027249896392784

Baddeley A.D., (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.

Baddeley A. D. & Hitch G. J., (1974). Working memory. Bower G. A, (Red), *Recent advances in learning and motivation*, Vol. 8, (ss 47-90). New York: Academic Press.
http://www.google.se/books?hl=sv&lr=&id=o5LScJ9ecGUC&oi=fnd&pg=PA47&dq=baddel+ey+hitch+working+memory&ots=8y7J-VagW4&sig=73shRLkiP-bCnM7nVh1EXO4Jbao&redir_esc=y#v=onepage&q=baddeley%20hitch%20working%20memory&f=false (Senast besökt 120516.)

Baddeley A. D., Lewis V. J. & Vallar G., (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36, 233-252. doi: 10.1080/14640748408402157

Baddeley A. D., Thomson N. & Buchanan M., (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589. doi: 10.1016/S0022-5371(75)80045-4

Banbury, S. P. & Berry, D. C., (2005). Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics*. 48, 25-37. doi: 10.1080/00140130412331211390

Bland J. M. & Altman D. G., (2010). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*, 47, 931-936. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2009.10.001

Broadbent D. E., (1958). *Perception and communication*. Amsterdam: Elsevier Science.

Brännström K. J., Lantz J., Holme Nielsen L. & Østergaard Olsen S., (2011). Acceptable noise level with Danish, Swedish, and non-semantic speech materials. *International journal of Audiology*, 51, 146-156. doi: 103109/12992027.2011.609183

Brännström K. J., Zunic E., Borovac A. & Ibertsson T., (In press). Acceptance of background noise, working memory capacity, and auditory evoked potentials in subjects with normal hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*. doi: saknas/ej funnet

Colle H. A. & Welsh A., (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 17-32. doi: 10.1016/S0022-5371(76)90003-7

Daneman M. & Carpenter P. A., (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466. doi: 10.1016/S0022-5371(80)90312-6

Daneman M. & Carpenter P. A., (1983). Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 561-584. doi: 10.1037/0278-7393.9.4.561

Della Sala S., Gray C., Baddeley A., Allamano N. & Wilson L., (1999). Pattern span: a tool for unwinding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37, 1189-1199. doi: 10.1016/S0028-3932(98)00159-6

Elberling C., Ludvigsen C. & Lyregaard P. E., (1989). DANTALE: a new Danish speech material. *Scandinavian Audiology*, 18, 169-175. doi: 10.3109/01050398909070742

Franklin Jr C. A., Thelin J. W., Nabelek A. K. & Burchfield S. B., (2006). The effect of speech presentation level on acceptance of background noise in listeners with normal hearing. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 141-146. doi: 10.3766/jaaa.17.2.6

Freyaldenhoven M. C., Thelin J. W., Plyler P. N., Nabelek A. K. & Burchfield S. B., (2005). Effect of Stimulant Medication on the Acceptance of Background Noise in Individuals with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 677-686. doi: 10.3766/jaaa.16.9.5

Freyaldenhoven M. C., Fisher Smiley D., Muenchen R. A. & Konrad T. N., (2006). Acceptable Noise Level: reliability measures and comparison to preference for background sounds. *Journal of the American Academy of Audiology*. 17, 640-648. doi: 10.3766/jaaa.17.9.3

Freyaldenhoven M. C., Plyler P. N., Thelin J. W. & Hedrick M. S., (2007). The effects of speech presentation level on acceptance of noise in listeners with normal and impaired hearing. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 50, 878-885. doi: 10.1044/1092-4388(2007/062)

Gathercole S. E. & Pickering S. J., (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177-194. doi: 10.1348/000709900158047

Gelfand S. A., (2009). *Essentials of Audiology* (3rd ed.). New York: Thieme.

Hanley J. R. & Broadbent C., (1987). The effects of unattended speech on serial recall following auditory presentation. *British Journal of Psychology*, 78, 287-297. doi: 10.1111/j.2044-8295.1987.tb02247.x

Harkrider A. W. & Smith S. B., (2005). Acceptable noise level, phoneme recognition in noise, and measures of auditory efferent activity. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 530-545. doi: 10.3766/jaaa.16.8.2

Holube I., Fredelake S., Vlaming M. & Kollmeier B., (2010). Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *International Journal of Audiology*, 49, 891-903. doi: 10.3109/14992027.2010.506889

Ibertsson T., (2009). *Cognition and communication in children/adolescents with cochlear implant*. Doktorsavhandling. Lund: Media-Tryck.

IEC 60318-2. 1998. Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 2: An interim acoustic coupler for the calibration of audiometric earphones in the extended high-frequency range. Geneva: International Electrotechnical Commission.

ISO 8253-1. 1998. Acoustics: Audiometric test methods part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry. International Organization for Standardization 8253-1.

ISO 389-8. 2004. Acoustics: Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones. International Organization for Standardization 389-8.

ISO 389-5. 2006. Acoustics: Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz. International Organization for Standardization 389-5.

Logie R. H., (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, Storbritannien: Erlbaum

Lyxell, B., Wass, M., Sahlén, B., Samuelsson, C., Asker-Árnason, L., Ibertsson, T., Mäki-Torkko, E., Larsby, B. & Hällgren, M., (2009). Cognitive development, reading and prosodic skills in children with cochlear implants. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 463–474. doi: 10.1111/j.1467-9450.2009.00754.x

McConell J. & Quinn J. G., (2004). Complexity factors in visuo-spatial working memory. *Memory*, 12, 338-350. doi: 10.1080/09658210344000035

Nabelek A. K., Tucker M. F. & Letowski T. R., (1991). Toleration of background noises: Relationship with patterns of hearing aid use by elderly persons. *Journal of Speech and Hearing Research*, 34, 679-685. doi: saknas/ej funnet

Nabelek A. K., Tampas J. W. & Burchfield S. B., (2004). Comparison of speech perception in background noise with acceptance of background noise in aided and unaided conditions. *Journal of Speech and Hearing Research*, 47, 1001-1011. doi: 1092-4388/04/4705-1001

Nabelek A. K., Freyaldenhoven M. C. Tampas J. W., Burchfield S. B. & Muenchen R. A., (2006). Acceptable noise level as a predictor of hearing aid use. *Journal of the American Academy of Audiology*, 17, 626-639. doi: 10.3766/jaaa.17.9.2

Norman D. A. & Shallice T., (1986). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. Davidson R. J., Schwartz G. E. & Shapiro D., (Red), *Consciousness and self-regulation*, Vol. 4, (ss 1-18). New York: Plenum.

Olsen S. Ø., Nielsen L. H., Lantz J. & Brännström K. J., (2012). The Acceptable Noise Level: Repeatability with Danish and non-semantic speech materials for adults with normal hearing. Publicerad online före tryckning. *International Journal of Audiology*. doi: 10.3109/14992027.2012.666362

Punch J., Joseph A. & Rakerd B., (2004a). Most Comfortable and Uncomfortable Loudness Levels: Six Decades of Research. *American Journal of Audiology*. 13, 144-157. doi: 1059-0889/04/1302-0144.

Punch J., Rakerd B. & Joseph A., (2004b). Effects of test order on most comfortable and uncomfortable loudness levels for speech. *American Journal of Audiology*. 13, 158-163. doi: 1059-0889/04/1302-0158.

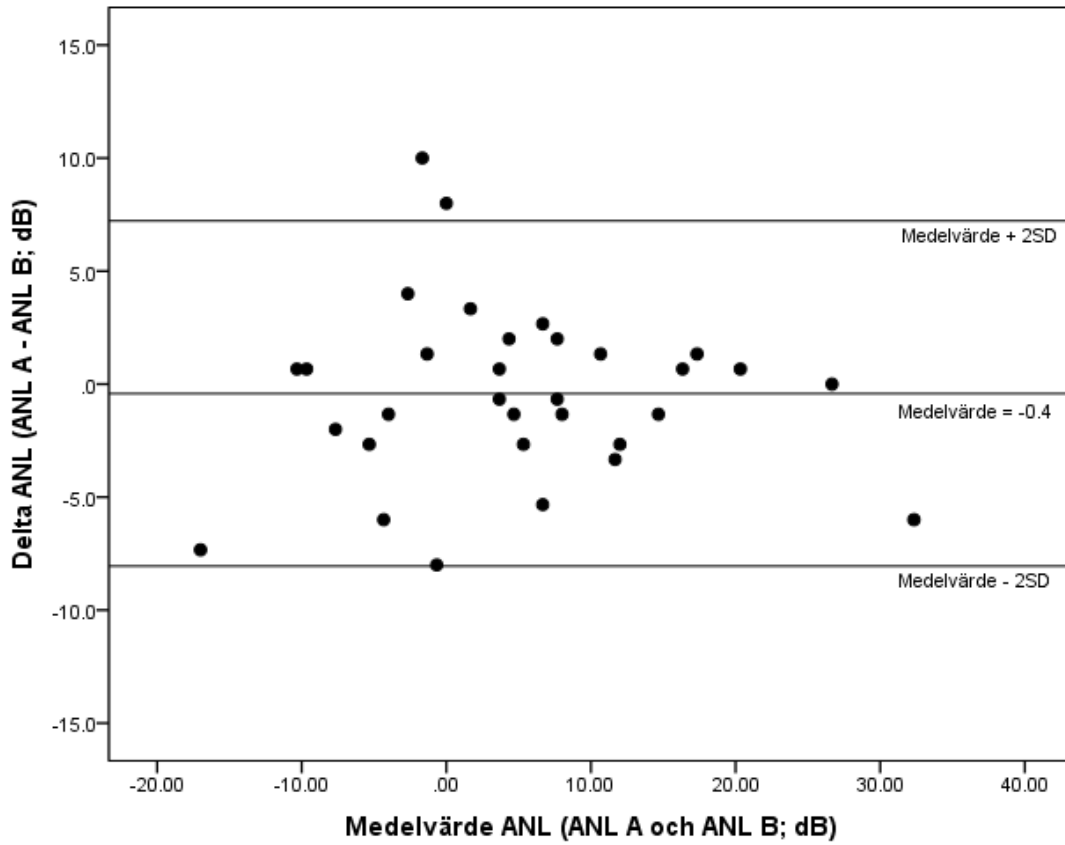
- Repovs G. & Baddeley A., (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5-21. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.12.061
- Rogers D. S., Harkrider A. W., Burchfield S. B. & Nabelek A. K., (2003). The influence of listener's gender on the acceptance of background noise. *Journal of the American Academy of Audiology*, 14, 372-382. doi: saknas/ej funnet
- Rowland J. P., Dirks D. D., Dubno J. R. & Bell T. S., (1985). Comparison of speech recognition in-noise and subjective communication assessment. *Ear and Hearing*, 6, 291-296. doi: saknas/ej funnet
- Rönnberg J., Rudner M., Lunner T. & Zekveld A. A., (2010). When cognition kicks in: Working memory and speech understanding in noise. *Noise Health*, 12, 263-269. doi: 10.4103/1463-1741.70505
- Sahlén B. Reuterskiöld-Wagner C. Nettelbladt U. & Radeborg K., (1999). Non-word repetition in children with language impairment – pitfalls and possibilities. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 34, 337-352. doi: 10.1080/136828299247441
- Shiffrin R. M. & Schneider W., (1977). Controlled and automatic human information processing. II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Tampas J. W. & Harkrider A. W., (2006). Auditory evoked potentials in females with high and low acceptance of background noise when listening to speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 1548-1561. doi: 10.1121/1.2167147
- Ventry I. M., & Weinstein B. E., (1982). The Hearing Handicap Inventory for the Elderly: A new tool. *Ear and Hearing*, 3, 128-134. doi: saknas/ej funnet

BILAGA 1

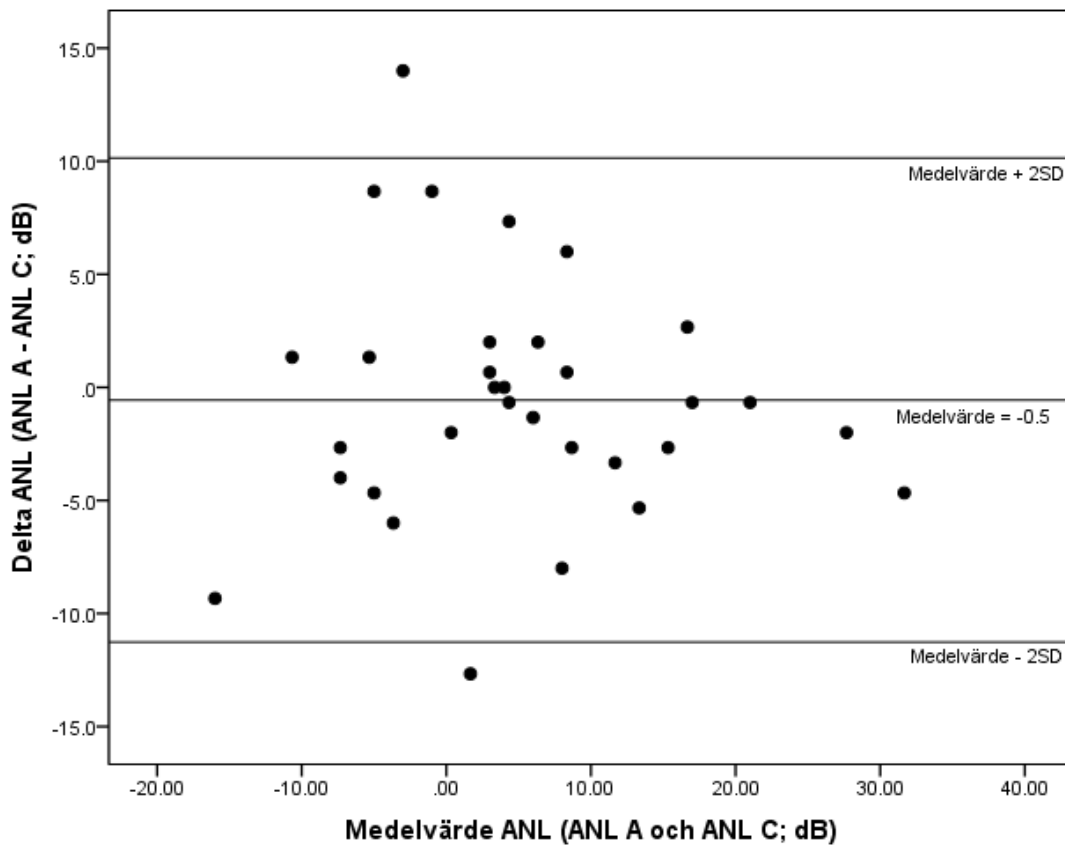
Tabell. Avser samtliga testpersoners resultat på ANL-testerna och arbetsminnestesterna Serial Recall av Nonord och Matrismönster.

Testperson, ID	Resultat på ANL och arbetsminnestester					
	ANL A (dB)	ANL B (dB)	ANL C (dB)	ANL D (dB)	SR (%)	MM (%)
1	-0,7	-4,7	-9,3	-10,0	50,6	66,7
2	3,3	0,0	2,7	0,7	42,0	79,2
3	-8,7	-6,7	-6,0	-3,3	38,3	91,7
4	18,0	16,7	15,3	14,7	49,4	87,5
5	-4,7	-3,3	-6,0	-6,0	35,8	66,7
6	4,0	-4,0	-10,0	-6,7	34,6	75,0
7	26,7	26,7	28,7	29,3	61,7	62,5
8	-7,3	-1,3	-2,7	-2,7	38,3	70,8
9	10,0	13,3	13,3	13,3	55,6	91,7
10	4,0	3,3	4,7	6,7	55,6	87,5
11	14,0	15,3	16,7	18,0	61,7	100,0
12	4,0	9,3	2,0	2,7	48,1	54,2
13	3,3	4,0	3,3	4,7	49,4	91,7
14	8,7	6,7	8,0	9,3	38,3	79,2
15	20,7	20,0	21,3	20,0	66,7	91,7
16	-20,7	-13,3	-11,3	-7,3	61,7	91,7
17	-0,7	-2,0	1,3	2,0	55,6	75,0
18	16,7	16,0	17,3	17,3	44,4	62,6
19	8,0	5,3	0,7	-2,7	32,1	37,5
20	-4,7	3,3	8,0	8,0	39,5	66,7
21	4,0	6,7	12,0	10,7	45,7	79,2
22	29,3	35,3	34,0	28,7	50,5	95,8
23	3,3	-6,7	-5,3	-4,0	48,1	87,5
24	7,3	8,0	10,0	10,7	64,2	95,8
25	-6,7	-4,0	-0,7	1,3	40,7	83,3
26	4,0	5,3	4,0	5,3	39,5	95,8
27	10,7	13,3	16,0	18,7	51,9	70,8
28	-9,3	-10,0	-5,3	-7,3	49,4	87,5
29	7,3	8,7	5,3	3,3	54,3	91,7
30	-10,0	-10,7	-11,3	-9,3	49,4	87,5
31	11,3	10,0	5,3	8,0	60,5	91,7
32	5,3	3,3	6,7	5,3	60,5	83,3

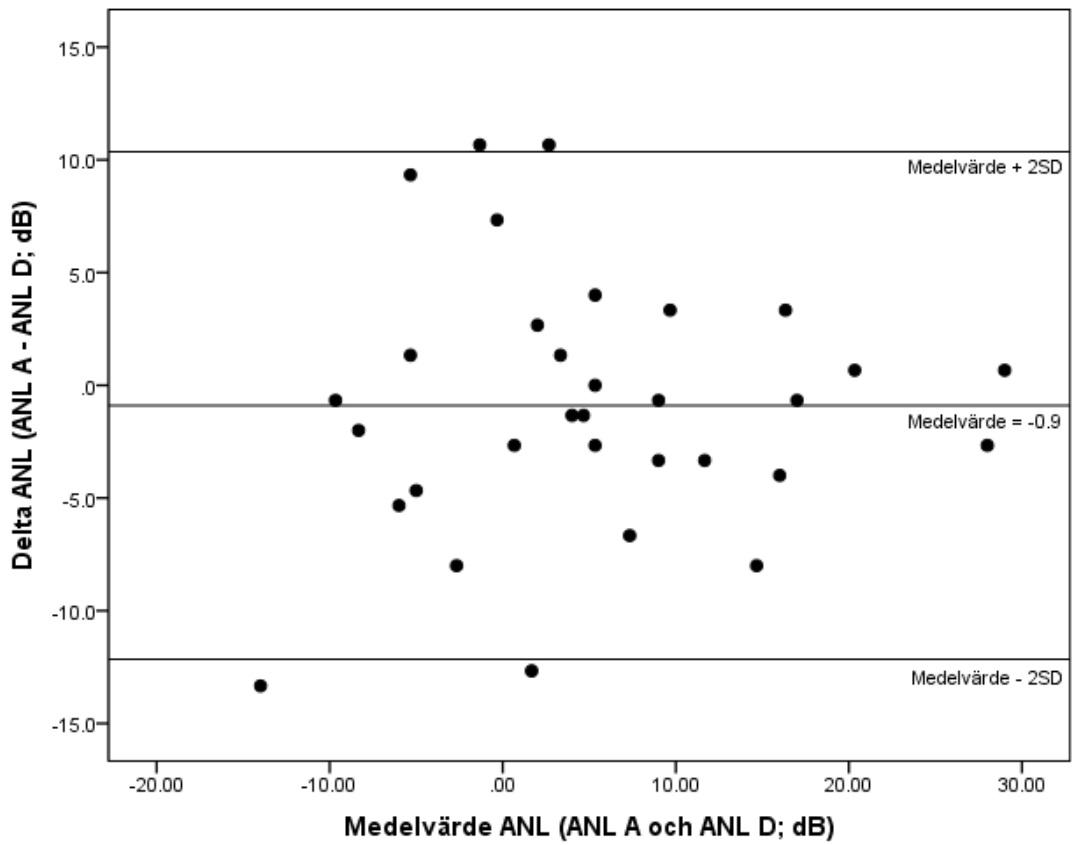
Bland-Altman-plot för ANL A och ANL B



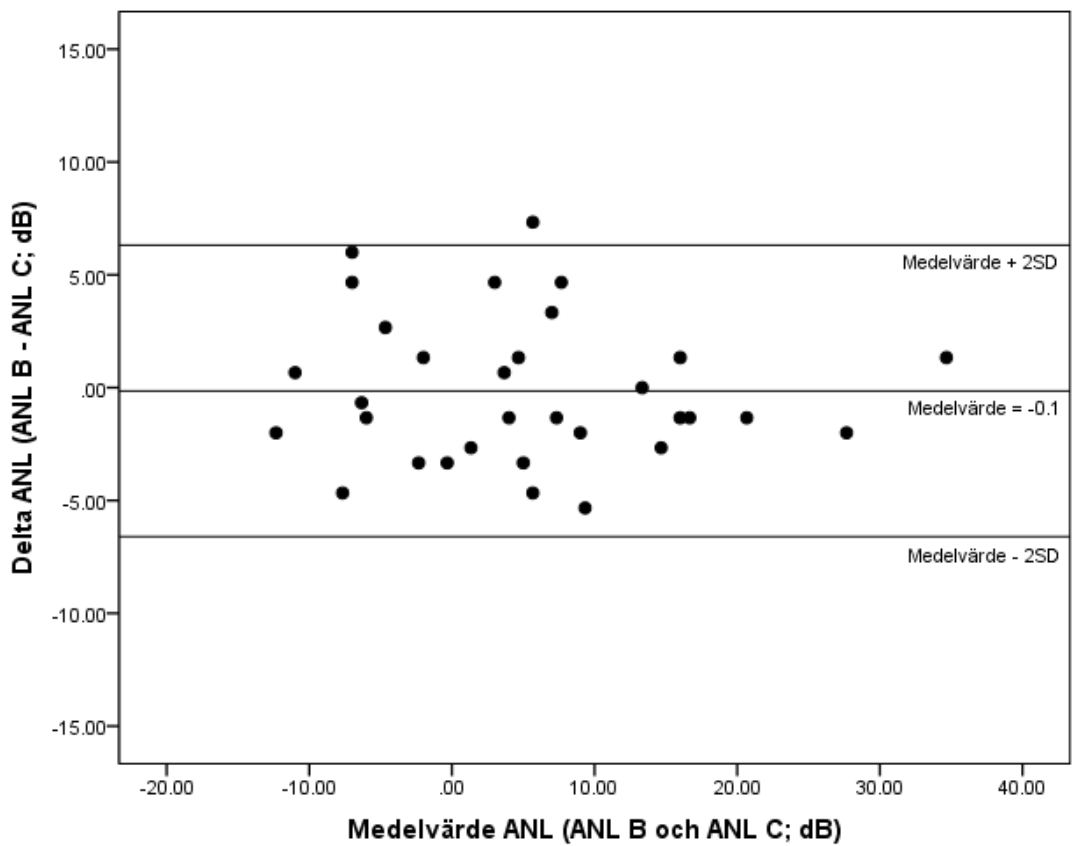
Bland-Altman-plot för ANL A och ANL C



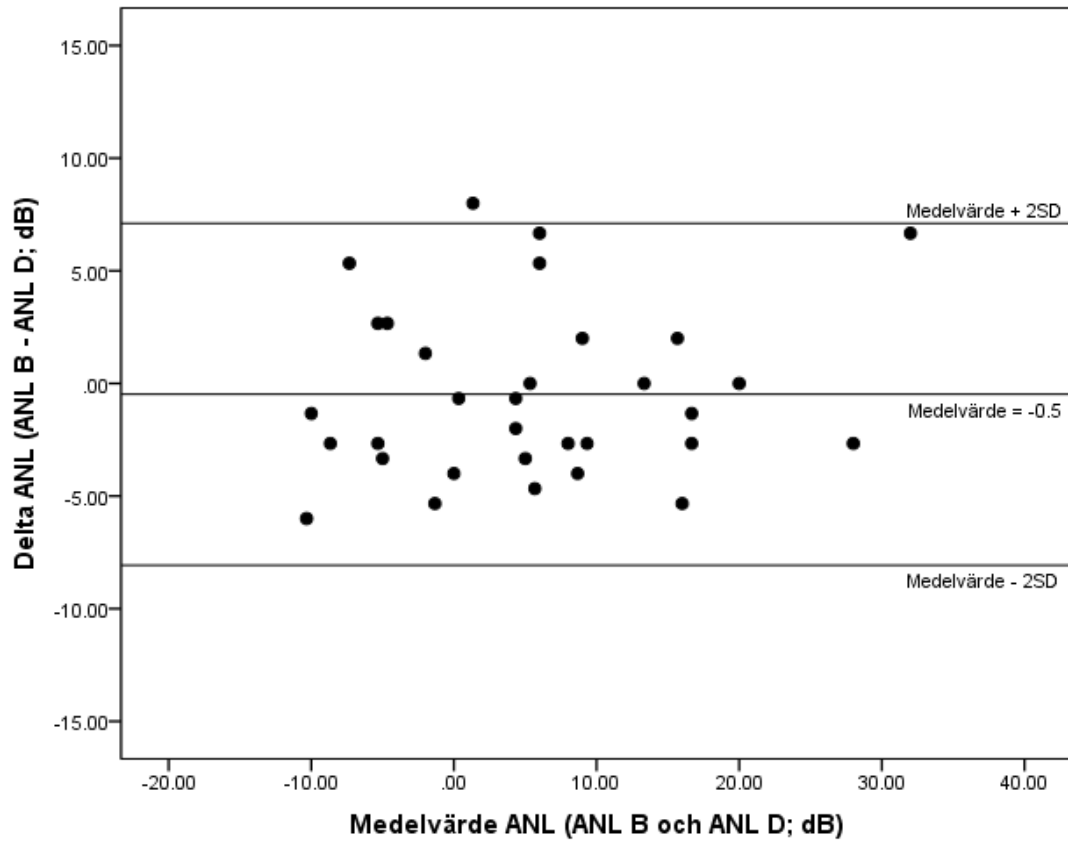
Bland-Altman-plot för ANL A och ANL D



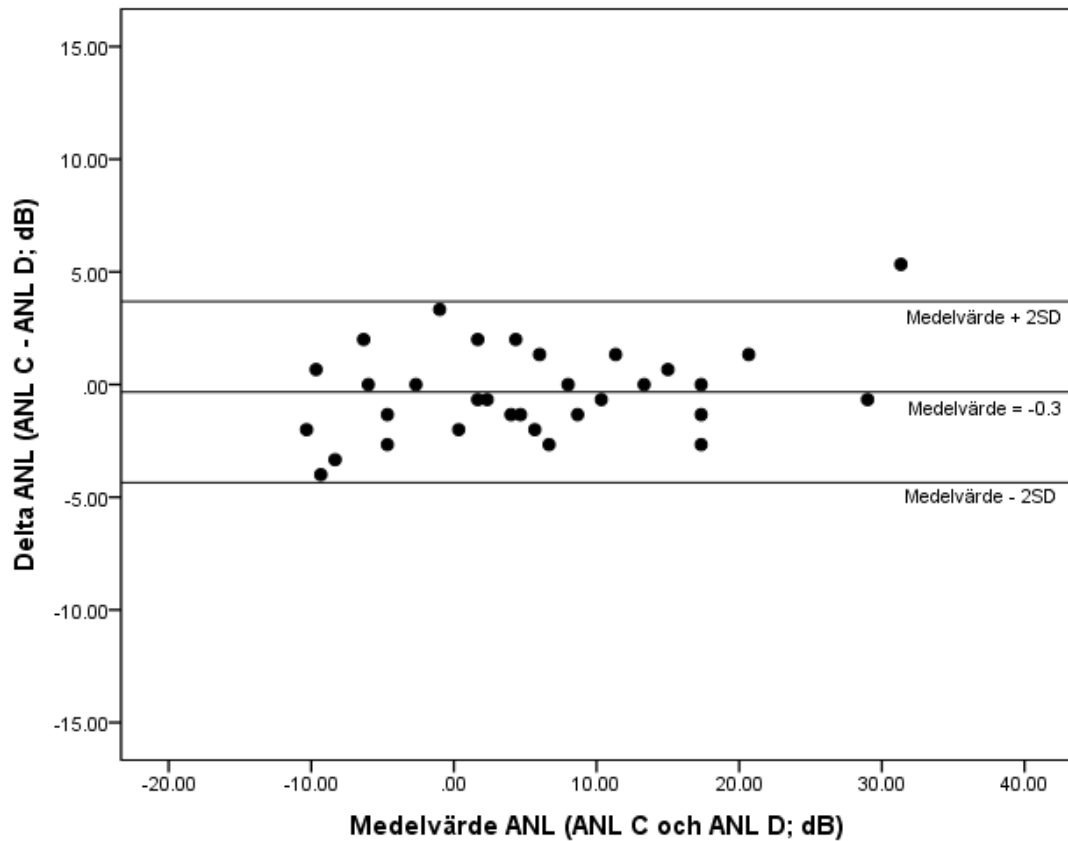
Bland-Altman-plot för ANL B och ANL C



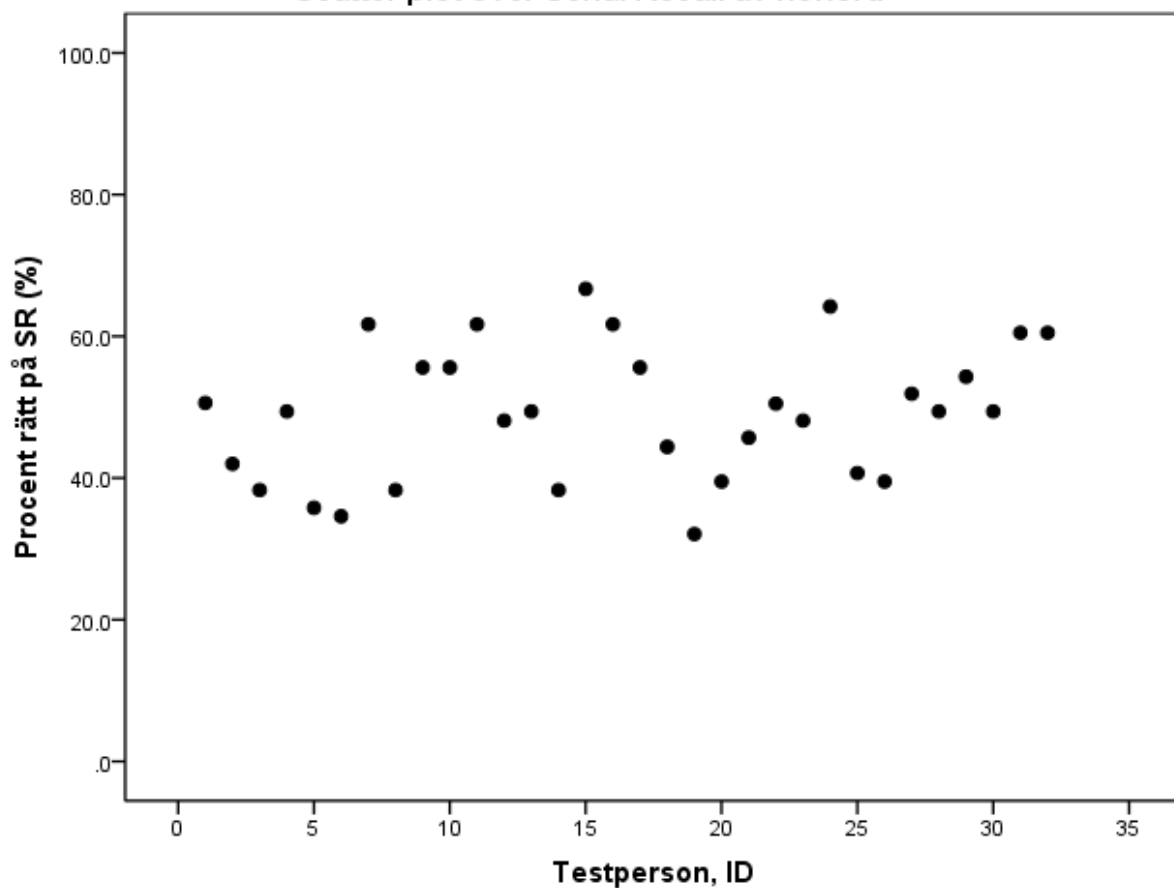
Bland-Altman-plot för ANL B och ANL D



Bland-Altman-plot för ANL C och ANL D



Scatter plot över Serial Recall av nonord



Scatter plot över Matrisbilder

