



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Institutionen för psykologi  
*Psykologprogrammet*

## **Effekter av vestibulärt applicerat elektriskt brus på uppmärksamhet i en normalpopulation**

**Alexander Holmberg**

Psykologexamensuppsats. 2015

Handledare: Professor Sverker Sikström, Professor Göran Söderlund

## **Abstract**

Attention plays an important role in our everyday lives, and inability to sustain attention can lead to difficulties performing tasks related to school or work performance. Using the theoretical framework of the Moderate Brain Arousal theory, according to which attentional problems originate in a dopamine imbalance, this study seeks to utilize the new technology of stochastic vestibular stimulation to improve the attentional ability of a non-clinical population. Participants were separated into low and high- attentional groups using Adult ADHD Self-Report Scale, ASRS. They then performed two attentionally demanding tests twice, once during stochastic vestibular stimulation and once during sham-stimulation, double-blinded. Results showed no statistical significance for the performed sustained attention and inhibition task (GoNogo), but showed a statistically significant interaction effect while performing a visuo-spatial working memory test (Spanboard) test. Results showed a statistically significant increase in performance for the high attentional group, but a decrease for the low-attentional group, contrary to expectations. These results are discussed.

*Keywords: Stochastic Vestibular Stimulation, SVS, Attention, ADHD, Moderate Brain Arousal, MBA, Vestibular Organs*

## **Sammanfattning**

Uppmärksamhet är väsentligt i våra dagliga liv, och oförmåga att bibehålla uppmärksamhet kan leda till svårigheter i skolan eller på arbetsplatsen. Med utgångspunkt i den neuropsykologiska teorin Moderate Brain Arousal, som förklarar bristande uppmärksamhet med dopaminergisk obalans, ämnar denna studie använda den nya metoden Stokastisk Vestibulär Stimulans för att förbättra förmågan till uppmärksamhet hos en icke-klinisk population. Deltagare sorterades in i hög respektive låg förmåga till uppmärksamhet genom Vuxen-ADHD självrapportskala, ASRS. Därefter fick de utföra två uppmärksamhetskrävande tester medan de stimulerades av antingen stokastisk vestibulär stimulans eller falsk, sham, stimuli. Resultat visade inga statistiskt signifikanta effekter på det utförda ihållande uppmärksamhets- och inhibitionstestet (GoNogo) testet, men visade en statistiskt signifikant interaktionseffekt på ett visuo-spatialt arbetsminnestest (Spanboard). Resultat visade en förbättring i höguppmärksamhetsgruppen, men en sänkning för låguppmärksamhetsgruppen. Ett resultat i motsatt riktning från det förväntade. Detta diskuteras.

*Nyckelord: Stokastisk Vestibulär Stimulans, SVS, Uppmärksamhet, ADHD, Moderate Brain Arousal, MBA, vestibulära organ*

Uppmärksamhet är ett av de områden inom kognitiv psykologi som har växt snabbast de senaste åren, och forskning inom detta ämne sker utifrån ett flertal olika teoretiska ramverk (Johnson & Proctor, 2004). Även utanför forskarsamhället har uppmärksamhet, och framförallt brist på sådan, blivit uppmärksammat i form av den nu vanliga diagnosen ADHD som de senaste åren blivit mycket omskriven (Beckman, 2007). Denna studie baseras på tidigare forskning av Söderlund och Sikström (2007), som visat att ett tillsatt auditivt vitt brus ökar uppmärksamheten hos individer med ADHD. Detta förklaras av Moderate Brain Arousal-teorin, som hävdar att det finns en optimal nivå av brus i hjärnan, där förmågan till uppmärksamheten är som störst. Men istället för auditivt brus används i denna studie en ny stimulationsmetod ”Stokastisk Vestibulär Stimulans”, med målet att undersöka resultatet av sådan stimulans på en normalpopulation uppdelad efter självrapporterad förmåga till uppmärksamhet.

## **Uppmärksamhet**

Uppmärksamhet spelar en stor roll i nästan allting vi företar oss, för att vi ska kunna bibehålla en tanke i huvudet eller interagera med vår omgivning krävs det att vi kan fokusera vår uppmärksamhet på det vi för tillfället ägnar oss åt (Johnson & Proctor, 2004). Utan uppmärksamhet skulle vi människor inte kunna lära oss ny kunskap eller utföra målinriktat tankearbete (Kindlon, 1998). Uppmärksamhet kan kanske bäst beskrivas som en samlingsterm för flera olika psykologiska funktioner, som används vid utförandet av olika former av uppgifter (Kindlon, 1998). Dessa funktioner kan vara svåra att separera från varandra och andra kognitiva funktioner, såsom minne och vissa exekutiva funktioner (Elisabeth, 1997).

Enkelt uttryckt kan man dela upp uppmärksamhet i input och output, där uppmärksamhet på inputnivå innebär förmåga att inhämta information, processa denna information utefter dess relevans för nuvarande aktivitet, och att sortera bort information som inte är relevant, medan uppmärksamhet på outputnivå innebär förmågan att ge en korrekt respons på denna information (Bench et al., 1993). Bristande förmåga till uppmärksamhet kan innebära problem att fokuserat arbeta med en uppgift under längre perioder, svårigheter att ignorera distraktioner och att inhibera oönskade impulser (Coffman, Clark & Parasuraman, 2014).

## **ADHD**

Diagnosen ADHD, som enligt socialstyrelsen ställs på runt 5% av svenska skolbarn (n.d.), kännetecknas av framförallt hyperaktivitet, dålig impuls kontroll och brister i förmåga till uppmärksamhet. Individer som diagnostiserats med ADHD uppvisar ibland symtom redan från tidiga år, då de håller en hög aktivitetsnivå och har svårigheter att sitta still och lyssna. I vissa fall framträder inte problematiken tydligt förrän vid skolstart, då svårigheter att organisera sitt arbete och behålla uppmärksamheten i klassrummet ofta uppträder (Beckman, 2007).

ADHD är en diagnos som ställs enbart utefter beteende och funktionella mått, men har i flera studier visat sig ha en neuropsykologisk bakgrund med ursprung i ett dysfunktionellt dopaminsystem (Cook et al., 1995). ADHD har i stora kvantitativa genetiska analyser visat sig korrelera med gener som styr hjärnans dopaminfunktion och det har även visat sig att ADHD-populationen generellt svarar på medicinering som påverkar de dopaminerga transportsystemen (Cook et al., 1995).

Dopamin är en neuromodulator som påverkar den mänskliga hjärnan genom att modulera neurotransmittorer såsom glutamat och GABA, och spelar stor roll bland annat i aktivering av hjärnans belöningssystem (Johansen, 2002). Sagvolden et al., (2005) beskriver en neuropsykologisk grund till ADHD (Sagvolden, 2005). Här lägger de fram hypotesen att ADHD orsakas av ett underaktivt dopaminsystem. Det dopamin som existerar i den mänskliga hjärnan kan delas in i två varianter, det toniska och det fasiska dopaminet. Toniskt dopamin existerar i små mängder kontinuerligt i vår hjärna utanför den synaptiska klyftan. Trots den låga kvantiteten av sådant toniskt dopamin är det ändå tillräckligt för att partiellt aktivera de känsliga dopaminreceptorerna i den synaptiska klyftan (Grace, 1995).

Det dopamin som utsöndras direkt in i den synaptiska klyftan från axoner vid externt stimuli kallas fasiskt dopamin, och utsöndras i mycket högre doser, och under mycket kortare tid, än det extracellulära toniska dopaminet. En hög dos av toniskt dopamin kompenseras automatiskt av hjärnans homeostatiska system med en lägre dos av fasiskt dopamin vid externa stimuli (Grace, 1995). En underproduktion av toniskt dopamin hos individer med ADHD, skulle istället innebära en överkompensation i form av förhöjda spikar av fasiskt dopamin. Kopplat till dopaminets roll som aktiverande part i hjärnans förstärkningssystem, skulle en sådan underproduktion innebära att en större mängd relevant extern stimuli skulle krävas för att aktivera dessa förstärkningar. Detta passar in i ADHD-populationens svårigheter att behålla motivation för en uppgift under en längre tidsperiod, men också i samma populations förmåga att ändå upprätthålla fokuserad uppmärksamhet i tillräckligt starkt

motiverande situationer.

### **Stokastisk resonans**

Stokastisk resonans är ett statistiskt fenomen som kan uppstå i varje icke-linjärt system där det existerar ett gränsvärde, en signal som delvis men inte till fullo når upp till detta gränsvärde, och en ytterligare slumpmässig signal, som genom sin slumpmässighet höjer den otillräckliga signalen över gränsvärdet (Moss, Ward & Sannita, 2004). Fenomenet uppstår då en signal som är slumpmässig över alla frekvenser ibland av ren slump hamnar på samma frekvens som den relevanta signalen och därigenom förstärker denna över det gränsvärde som signalen i sig själv ej kan uppnå. De frekvenser som inte korrelerar med den relevanta signalen är i sig ej starka nog att överskrida gränsvärdet, vilket innebär att de blir irrelevanta för systemet.

Stokastisk resonans kan uppstå i signalsystem skapade av människor, men existerar också i naturen. Bland annat uppstår fenomenet i flera system i den mänskliga hjärnan, bland annat i delar som uppfattar och reagerar på externa stimuli, där rätt nivå av ”Brus” i hjärnan kan möjliggöra uppfattandet av stimuli som normalt skulle ligga på en subliminal nivå. Sådant brus kan uppkomma exempelvis genom aktiverade postsynaptiska receptorer, fluktuationer i nivåer av signalsubstanser och andra normala processer i hjärnan. (Moss et al., 2004).

Fenomenet stokastisk resonans har utnyttjats i procedurer där organiska processer emuleras, så som hörselimplantat och konstgjorda lungor. I både hörsel- och andningssystem finns en naturlig slumpmässig variabilitet som genom stokastisk resonans ökar deras effektivitet, en effekt som kan efterliknas genom tillsatt slumpmässigt brus (McDonnell & Abbott, 2009).

### **Moderate Brain Arousal**

I en studie publicerad 2007 lade Sikström och Söderlund fram Moderate Brain Arousal (MBA) teorin (Sikström & Söderlund, 2007), som kombinerar den ovan beskrivna dopamincentrerade teorin med fenomenet stokastisk resonans för att förklara de problem med uppmärksamhet som ingår i ADHD-diagnosen. MBA-teorin beskriver en neuropsykologisk modell där toniskt dopamin existerar oberoende av yttre stimuli, fasiskt dopamin uppstår som respons på extern stimuli, och de två sorternas dopamin tillsammans utgör hjärnans totala mängd dopamin. Enligt MBA-teorin beror ADHD-populationens uppmärksamhetsproblem på en underproduktion av toniskt dopamin, som gör denna population extra känsliga för distraktioner från externa stimuli, och leder till svårighet att bibehålla fokuserad

uppmärksamhet. Denna underproduktion av dopamin innebär också en lägre nivå av internt brus i hjärnan, som enligt teorin skulle kunna förbättras med hjälp av externt tillfört stimuli. Ett sådana stimuli ska, för att kunna tillföra brus till hjärnan utan att i sig vara distraherande, ligga på en jämn nivå och vara av lagom intensitet. Enligt teorin skulle ett sådant tillfört brus, av rätt magnitud, återföra hjärnans totala mängd brus till en nivå där den åter kan dra nytta av fenomenet stokastisk resonans.

Auditivt vitt brus har med stöd av teorin framgångsrikt använts för att förbättra uppmärksamhet hos individer med ADHD i både storskaliga kvantitativa studier (Söderlund, Sikström & Smart, 2007) och i fallstudier med enstaka individer (Cook, Johnson & Bradley-Johnson, 2015).

### **Transkraniell elektrisk stimulans**

Möjligheten till elektrisk stimulans av hjärnan har varit känd ända sedan 1800-talet (Utz, Dimova, Oppenlander & Kerkhoff, 2010), men har, med undantag för den mer extrema varianten Elektro-konvulsiv terapi (ECT) varit relativt okänd och föga undersökt. Först under 2000-talet har olika former av Transkraniell Elektrisk Stimulans (TES) åter blivit intressanta för forskare, som nu undersöker om metoden kan bota eller lindra problematik såsom Parkinson, Alzheimers, smärta och depression, men också i syfte att förbättra olika kognitiva funktioner hos en icke-klinisk normalpopulation. (Berryhill, Peterson, Jones & Stephens, 2014).

Beroende på hur strömmen leds genom hjärnan kan TES delas in i tre olika former. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), där strömmen går i en riktning, antingen från plus till minus (anodalt) eller från minus till plus (katodalt), transcranial Alternating Current Stimulation (tACS), där strömmen växelvis skickas anodalt och katodalt med korta mellanrum, och transcranial Random Noise Stimulation (tRNS), där strömmens riktning och styrka slumpvis växlar styrka och riktning med korta intervaller, men där medelvärdet av strömimpulserna är 0 (Kadosch, 2013).

Mest känd och använd av dessa metoder är tDCS, som har visat sig kunna höja cortical excitabilitet genom att öka laddningen i stimulerade neuron (Nitsche & Paulus, 2001), medan den senast tillkomna varianten av TES är tRNS, som introducerades som koncept nyligen (Terney, Chaieb, Moliadze, Antal & Paulus, 2008). tRNS verksamma mekanism inte är lika undersökt som tDCS är, men har i senare studier även den visat sig öka kortikal neuronal excitabilitet, och har bland annat gett signifikant effekt vid symptomlindring av tinnitus (Joos, Ridder & Vanneste, 2015) och för att öka förmågan till ansiktigenkänning

(Romanska, Rezlescu, Susilo, Duchaine & Banissy, 2015). Utöver att ha gett större effekt än tDCS i vissa studier, har tRNS också fördelen att, vid normala stimulansnivåer, inte vara kännbart för den stimulerade individen. Detta möjliggör blinda och dubbelblinda studier, och minskar eventuellt obehag vid stimulans (Fertonani, Miniussi & Ferrari, 2015).

### **Vestibulära organ och Vestibulär stimulans**

Det vestibulära systemet är ett sinnesorgan som möjliggör människans förmåga att uppfatta när och hur vi förflyttar oss och att hålla balansen i olika situationer. De vestibulära organen består av semicirkulära kanaler som uppfattar roterande rörelser och vätskefyllda säckar som uppfattar acceleration och deacceleration (Highstein, Fay & Popper, 2003).

Elektrisk stimulans av balansorganen utfördes, precis som TES, redan under början av 1800-talet, men här appliceras elektroderna på benbitarna bakom öronen, de så kallade mastoidea processerna, istället för ovanpå skalpen (Fitzpatrick & Day, 2004). Sådan stimulans påverkar balanssinnet och leder till svajande hos en individ som står, eller upplevelsen av att vara i rörelse hos en individ som sitter (Fitzpatrick & Day, 2004). Sådan stimulans kallas Galvanisk vestibulär stimulans (GVS), och har i studier visat sig ha positiva effekter på flera visuo-spatiala funktioner, bland annat har metoden använts för att förbättra förmågan till ansiktsgenkänning efter stroke, men har också visat sig förbättra denna förmåga hos friska individer (Wilkinson, Nicholls, Pattenden, Kilduff & Milberg, 2008).

Slumpmässig ström av den sort som används vid tRNS applicerat på det vestibulära systemet kallas Stokastisk Vestibulär Stimulans (SVS), och har visats kunna förbättra balans hos individer drabbade av Parkinson (Samoudi, Jivegård, Mulavara & Bergquist, 2014). Eftersom strömmen som administreras vid SVS är randomiserad, och alltså inte bibehåller en viss spänning eller en viss riktning av strömmen mer än någon millisekund i taget, upplevs ingen påtaglig balanspåverkan vid stimulans, utan den effekt som uppvisats vid sådan stimulans tros åstadkommas genom stokastisk resonans (Iwasaki et al. 2014).

Stimulans av vestibulära organ har visats aktivera ett stort antal strukturer i hjärnan, fördelat över kortikala såväl som subkortikala områden. (Kim, Yogendrakumar, Chiang, Ty, Wang, & McKeown, 2013). Bland annat har studier som använt sig av fMRI upptäckt att vestibulär stimulans aktiverar de delar av temporalloben som hanterar hörselintryck (Bense, Stephan, Yousry, Brandt & Dieterich, 2001). Ett flertal kognitiva effekter har också påvisats genom sådan stimulans, däribland påverkan på minne och rumsuppfattning (Palla & Lenggenhager, 2014). Den stora spridningen av aktiverade hjärnområden vid vestibulär



stimulans tillsammans med de påvisade kognitiva effekterna av sådan, visar på möjligheten att använda det vestibulära systemet för att tillföra brus till hjärnan motsvarande det auditiva brus som i tidigare studier visats öka uppmärksamhet i en ADHD-population (Söderlund, Sikström & Smart, 2007). Att administrera vestibulärt elektriskt brus istället för auditivt har också fördelarna att man kan utföra en blind studie då stimulansen ej är kännbar.

Att tillföra en stimulans som ej är märkbar för den stimulerade individen innebär också att det kan uteslutas att den uppmätta effekten av auditivt brus beror på att ljudet maskera övriga distraherande ljud och därigenom ökar förmågan till uppmärksamhet.

**Säkerhet.** TES i allmänhet anses som säker att använda under kontrollerade former, både på en normalpopulation och på individer med neurologiska problem (Poreisz, Boros, Antal & Paulus, 2007). Vid MRI-undersökning av har inga strukturella förändringar observerats. Vid stimulans med tDCS kan den stimulerade individen i vissa fall uppleva att huden där elektroderna administrerats kliar, eller en lätt huvudvärk en kort stund efter. Dessa effekter rapporteras dock i samma utsträckning för individer som får stimulans och individer i en kontrollgrupp som får sham-stimulans, vilket tyder på en viss förväntanseffekt.

Vid studier på råttor har en nivå uppmätts där, om den inte överskrids, inga synbara skador på hjärnan uppmätts oavsett stimulansens längd. Denna gräns ligger mer än hundra gånger över den stimulans som vanligtvis ges vid tDCS, dock är dessa studier inte direkt överförbara på människor på grund av skallbenets olika densitet och skillnader i hjärnstruktur. (Liebetanz et. al., 2009)

Galvanisk vestibulär stimulans har inte visat sig ge några bieffekter utöver en lätt kliande känsla som uppstår hos vissa individer när stimulansens styrka överskrider 1 mA (Utz, et. al. 2011) och vid stimulans med den stokastiska vestibulära stimulans som används i denna studie har inga bieffekter rapporterats hos en normalpopulation, dock har metoden visats leda till en förstärkt känsla av illamående vid simultan behandling med Levodopa mot Parkinson hos ett fåtal individer (Samoudi, Jivegård, Mulavara & Bergquist, 2014).

I denna studie används av säkerhetsskäl även exklusionskriterier som normalt sett skulle användas vid transkraniell stimulans, som epileptiska problem, trots att det inte är en upplevd eller förväntad bieffekt av vestibulär stimulans.

Eftersom den använda metoden i föreliggande studie dels understiger även den nivå som räknas som säker i vetenskapliga sammanhang, 0.2-0.7 mA istället för 2 mA, dels appliceras på vestibulära organ istället för på kortikala områden och även appliceras med stokastisk ström snarare än likström, vilket kraftigt minskar den upplevda effekten av

stimulansen, kan denna studie betraktas som säker även jämfört med andra studier inom samma område.

## **Syfte**

Syftet med denna studie är att utifrån MBA-teorin undersöka om tillsatt elektriskt brus applicerat på vestibulära organ påverkar förmågan till uppmärksamhet hos en icke-klinisk population, och att undersöka hur denna påverkan förhåller sig till deltagarnas grundläggande nivå av uppmärksamhet.

## **Frågeställning**

”Hur påverkar Stokastisk Vestibulär Stimulans förmågan till uppmärksamhet hos individer med låg respektive hög uppmärksamhet”

## **Metod**

### **Deltagare**

15 friska vuxna individer, 6 män och 9 kvinnor, deltog i studien. 18 individer rekryterades initialt genom annonser i Lunds universitets lokaler, sociala medier och personlig rekrytering på Lunds universitets studentområde paradiset. Alla deltagare var över 18 och hade innan studiens påbörjan gett skriftligt samtycke till studien. Exklusionskriterier var epileptiska problem, pacemakers, och metallbitar i huvud eller hals. Två rekryterade deltagare exkluderades på grund av att de uppfyllde något av exklusionskriterierna, medan en deltagare påbörjade experimentet utan att fullfölja, och insamlad data från individen exkluderades därför från studien

### **Instrument**

**Självrapporterad uppmärksamhet.** För att utvärdera deltagarnas grundläggande förmåga till uppmärksamhet användes Adult ADHD Self-Report scale (ASRS) (Kessler et al. 2005). ASRS är ett självrapporteringsformulär som normalt används som diagnosstöd och diskussionsunderlag vid ADHD-utredningar. Testet består av 18 frågor gällande respondentens beteende de senaste sex månaderna, där varje beteende besvaras på en 4-gradig skala där svarsalternativen är aldrig, sällan, ibland, ofta eller mycket ofta. 9 av frågorna avser att mäta förmåga till uppmärksamhet, t.ex ” Hur ofta händer det att du har svårt att hålla kvar uppmärksamheten när du utför tråkigt eller monotont arbete?”. Resterande 9 frågor avser att

mäta hyperaktivitet och impulsivitet, t.ex. ” Hur ofta händer det att du känner dig rastlös eller har svårt att vara stilla? ”. I denna studie användes de 9 uppmärksamhetsmätande frågorna för att dela in deltagarna i två grupper. För att utföra denna indelning poängsattes de olika svaren på en skala från 0-4, där svaret ”aldrig” gav 0 poäng och svaret ”mycket ofta” gav 4 poäng. Därefter räknades poängen ihop och ett medelvärde av deltagarnas resultat räknades ut. Deltagarna delades in i två grupper genom att deltagare vars poäng understeg medelvärdet sades tillhöra gruppen med lågt egenskattad uppmärksamhet, och deltagare vars poäng översteg medelvärdet sade tillhöra gruppen med högt egenskattad uppmärksamhet.

**Uppmärksamhetstester.** För att mäta deltagarens förmåga till uppmärksamhet administrerades två datorbaserade tester: Spanboard (Backman & Truedsson, 2008), mäter arbetsminne och uppmärksamhet genom att visa deltagaren ett rutnät på 16 rutor. I dessa rutor framträder sedan röda prickar en efter en i ett förutbestämt mönster. När mönstret är avslutat spelas ett kort ljud upp och deltagaren skall sedan replikera detta mönster genom att klicka i rutorna i samma ordning som mönstret visades. I det första mönstret visas två prickar upp, därefter utökas detta med en prick varannan iteration av mönstret, tills testpersonen misslyckas två mönster i rad, därefter avslutas testet. Under den andra administrationen av testet gavs andra mönster än under det första testtillfället, för att undvika inlärningseffekter.

Deltagarna administrerades även ett GoNogo test (Mueller & Piper, 2014), där testpersonerna presenterades för fyra kvadrater med en blå stjärna i varje kvadrat. Varje sekund visades en bokstav upp i en slumpmässigt vald kvadrat, antingen ett P eller ett R, där P är fyra gånger så vanligt som R. Vid ett P ombads deltagarna att så fort som möjligt trycka på höger ”SHIFT”, tangent. Vid ett R ombads deltagarna att låta bli att trycka. Efter 80 sådana trials, 64 P och 16 R, instruerades deltagarna att istället trycka när ett R visas och att låta bli när ett P visas, efter 80 sådana trials avslutades testet.

Under administrationen av dessa tester stimulerades deltagarna av antingen Stokastisk ström eller sham-stimuli. Experimentet var dubbelblindt, då varken deltagare eller testledare hade möjlighet att avgöra vilken stimuli som gavs vilket testtillfälle, och ordningen på stimuli randomiserades mellan deltagarna. Deltagarna var inte heller medvetna om att de inte skulle mottaga stimulans vid ett av testtillfällena. Den stokastiska stimulansen gavs med den tidigare fastställda baselinen som grund, och bestod av mycket snabbt skiftande slumpmässiga strömimpulser, med ett medelvärde på 0 och med den tidigare fastställda baselinen som övre och undre gräns.

## Design

Denna studie är ett 2x2 mixed design experiment, där de oberoende variablerna är uppdelning i grupp efter egenskattad uppmärksamhet och använd stimulans (stokastisk eller sham). Beroende variabel är resultaten på de administrerade datorbaserade testerna. Analys av insamlad data sker genom Anova Repeated Measures test för att undersöka interaktionseffekter mellan de oberoende variablerna och eventuella huvudeffekter.

## Procedur

Varje deltagare kallades vid två olika tillfällen. Under det första besöket informerades deltagarna muntligt om hur experimentet skulle fortskrida och ett informations och samtyckesformulär presenterades för deltagaren.

För att applicera elektrisk stimulans till deltagaren användes en galvanisk stimulator med kapacitet att leverera både slumpmässig, stokastisk ström, växelström och likström. Stimulatorn kopplades till två rektangulära elektroder 7x4 cm, som täcktes med blågel, en saltfri, allergitestad konduktiv gel som förbättrar konduktivitet från elektroden in i huden och även fungerar som ett svagt klister. Därefter applicerades elektroderna på huden ovanför deltagarens mastoidea process, ovanför de vestibulära organen, och hölls på plats med två skumgummikuddar och bands fast med ett tygstycke. För att undvika att dålig kontakt mellan elektrod och deltagare gav upphov till stickande känslor i huden var testledaren noga med att se till att elektroden var så nära fäst vid huden som möjligt.

Innan stokastisk stimulans administrerades bestämdes en baseline för den elektriska stimulansen genom att testpersonen ombads sitta rakt men avslappnat i en stol med ögonen slutna, utan att luta sig mot ryggstödet. Växelström applicerades sedan enligt ett förutbestämt schema, som noga noterades av testledaren med hjälp av en timer. strömstyrkan varierade mellan -0.7 mA och 0.7 mA. Stimulans av växelström på detta sätt känns oftast som ett lätt gungande fram och tillbaka, men kan i vissa fall ge en mer generell upplevelse av lätt yrsel.

Genom deltagarens egenrapporterade upplevelse och testledarens observation av deltagaren under strömschemat identifierades vilka strömstyrkor som märkbart kunde påverka den enskilda deltagaren och vilka som var för svaga för att kunna ge någon märkbar effekt, den lägsta nivån som ändå gav märkbar effekt klassades därefter som deltagarens baseline, och antogs vara stark nog att påverka deltagaren, men inte så stark att den är fysiskt märkbar för deltagaren vid stokastisk stimulans, som är betydligt mindre påtaglig än den växelström som gavs vid kalibreringstillfället. I detta experiment varierade deltagarnas fastställda baseline från 0.2 mA upp till 0.7 mA. Därefter skattades deltagarens uppmärksamhet genom

ett självrapporteringsformulär, följt av att deltagaren fick genomgå testbatteriet under stimulans, antingen av stokastisk ström, eller av sham-stimuli, alltså ingen stimulans. Under det andra besöket fick deltagarna genomgå testbatteriet en andra gång, denna gång under påverkan av den stimulans som ej gavs vid det första experimenttillfället.

## **Etik**

Studien byggde på etiskt godkännande från regionala etikprövningsnämnden i Lund (DNR: 2012/207). Alla deltagare blev informerade om syftet med studien och vad deltagande skulle innebära. All experimentdata omkodades vid testning till ett anonymiserat kodnummer och kunde efter testets slut ej längre kopplas till individ. Testdeltagarna informerades om vilka bieffekter som de skulle kunna uppleva och att de kunde avbryta experimentet när de ville utan förklaring eller konsekvenser. De fick också skriva på ett samtyckesformulär där de även fick denna information skriftligt (Se Bilaga 2). Knuten till studien var Måns Magnusson, professor och överläkare på öron-, näs- och halskliniken, Universitetsjukhuset i Lund. Han var införstådd med studiens syfte och tillvägagångssätt.

## **Resultat**

För att analysera resultatet av studien användes IBM SPSS statistics 22. De använda betingelserna var indelning i uppmärksamhetsgrupp, hög eller låg, och administrerat stimuli, stokastisk ström eller inget stimuli/sham. Beroende variabel var resultatet på de två datorbaserade testen: Spanboard antal rätt och GoNogo antal rätt.

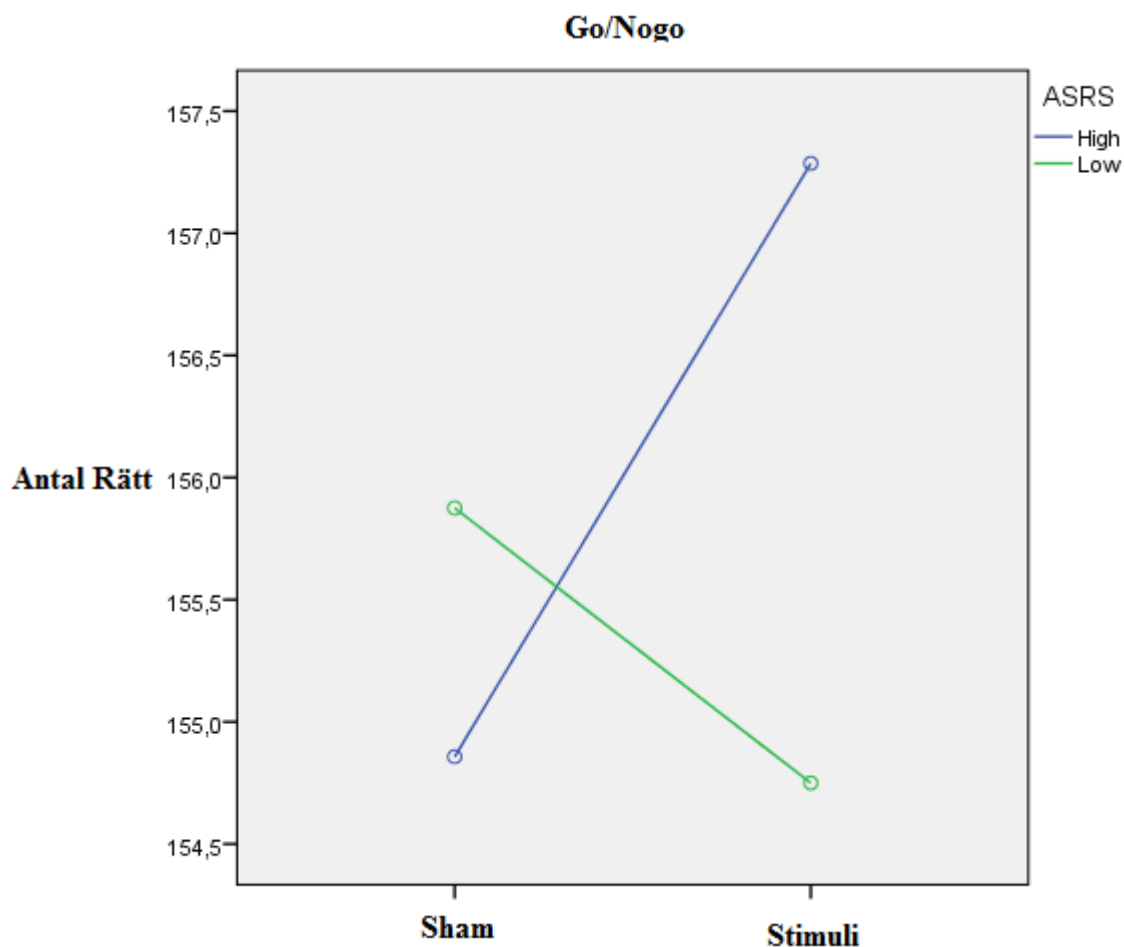
### **GoNogo uppdelat efter egenskattad uppmärksamhet**

Vid testning genomförd med ANOVA för upprepade mätningar återfanns inga signifikanta skillnader mellan deltagarnas resultat under stimulans med stokastisk ström och deras resultat utan stimulans  $F(1,13) = .595; p = .454; \eta_p^2 = .044$ . Inte heller mellan gruppen som skattat sin uppmärksamhet högt och den som skattat sin uppmärksamhet lågt återfanns någon signifikant skillnad.  $F(1,13) = .406; p = .529; \eta_p^2 = .014$ . Ingen signifikant interaktionseffekt återfanns mellan ASRS-indelningen och den givna formen av stimulans  $F(1,13) = 4.301; P = .607; \eta_p^2 = .021$  (Se *Figur 1*).

Medelvärde för antal rätt i gruppen med högt skattad uppmärksamhet var under sham-stimulans 154.86 med standardavvikelse 5.08, under stokastisk stimulans var medelvärde

157.29 med standardavvikelse 1.60. Medelvärde för antal rätt i gruppen med lågt skattad uppmärksamhet var under sham-stimulans 155.88 med standardavvikelse 1.64, under stokastisk stimulans var medelvärde 154.75 med standardavvikelse 3.45.

Resultatet visade tendenser till att individer med lågt självskattad uppmärksamhet presterade bättre än individer med högt självskattad uppmärksamhet vid sham-stimulans, medan individer med hög uppmärksamhet presterade bättre vid stimulans med stokastisk ström



Figur 1. Interaktionseffekt mellan stimulans och självskattad uppmärksamhet för GoNogo-Testet

### Spanboard uppdelat efter egenskattad uppmärksamhet

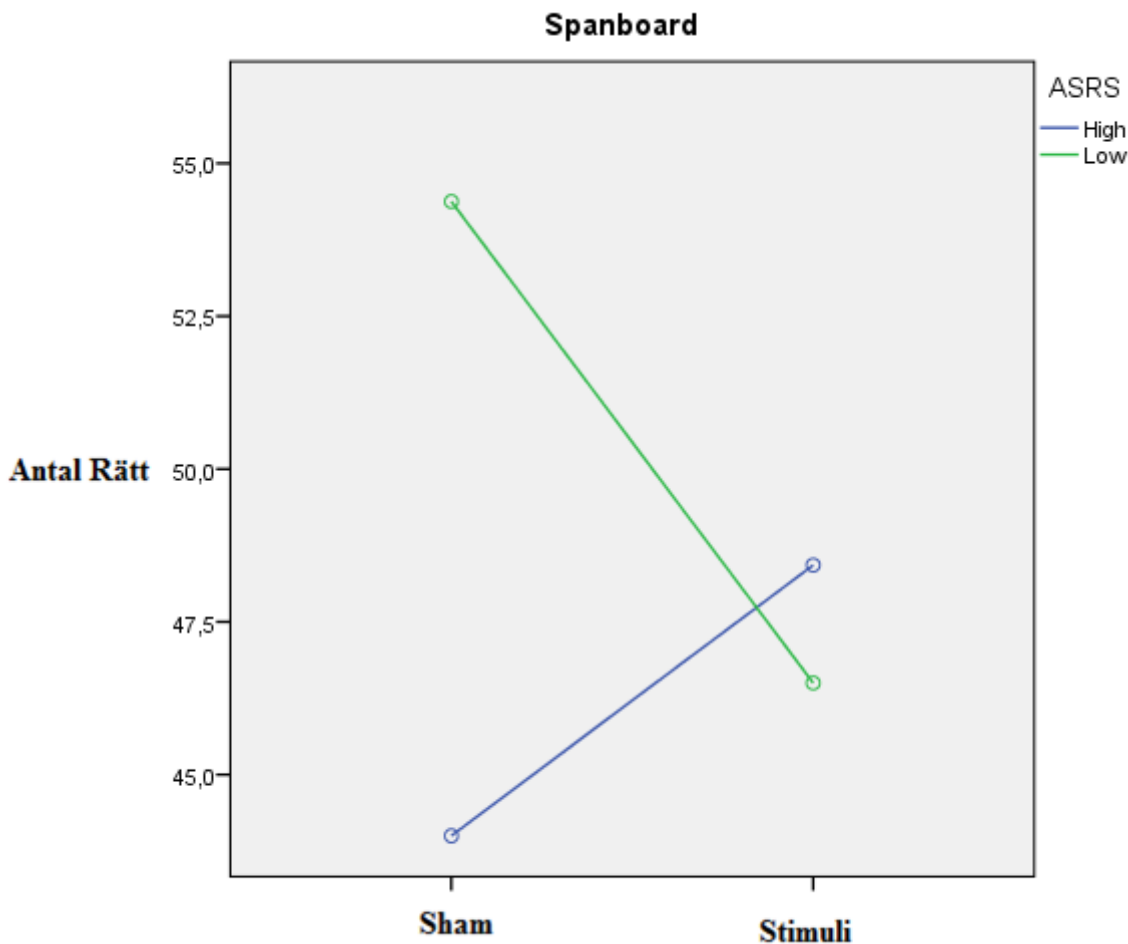
Vid testning genomförd med ANOVA för upprepade mätningar återfanns ingen signifikant skillnad mellan deltagarnas resultat under stimulans med stokastisk ström och deras resultat utan stimulans  $F(1,13) = .476; p = .502; \eta_p^2 = .035$  Inte heller mellan gruppen som skattat sin uppmärksamhet högt och den som skattat sin uppmärksamhet lågt återfanns

någon signifikant skillnad.  $F(1,13) = .277$ ;  $p = .607$ ;  $\eta_p^2 = .021$ .

En signifikant interaktionseffekt återfanns mellan ASRS-indelningen och den givna formen av stimulans  $F(1,13) = 6.069$ ;  $p = .028$   $\eta_p^2 = .318$  (Se *Figur 2*).

Medelvärde för antal rätt i gruppen med högt skattad uppmärksamhet var under sham-stimulans 44.00 med standardavvikelse 14.65, under stokastisk stimulans var medelvärde 48.43 med standardavvikelse 15.92. Medelvärde för antal rätt i gruppen med lågt skattad uppmärksamhet var under sham-stimulans 54.38 med standardavvikelse 17.63, under stokastisk stimulans var medelvärde 46.50 med standardavvikelse 16.32.

Resultatet visade att individer med lågt skattad uppmärksamhet presterade bättre än individer med högt självskattad uppmärksamhet vid sham-stimulans, medan individer med hög uppmärksamhet skattade bättre vid stimulans med stokastisk ström.



*Figur 2.* Interaktionseffekt mellan stimulans och självskattad uppmärksamhet för Spanboard-Testet

### **Skillnad mellan testtillfällena**

För att undersöka om skillnad fanns mellan deltagarnas resultat på de uppmärksamhetsmätande testerna under första och andra testomgången, oberoende av stimulans eller sham, användes ett paired samples t-test. Här återfanns ingen signifikant skillnad mellan resultatet på deltagarnas GoNogo-resultat under första och andra tillfället  $t(14) = 1.88, p = .081$ . Deltagarna presterade inte signifikant högre på GoNogo-testet under det andra testtillfället ( $M = 156.47, SD = 1.68$ ), än under det första ( $M = 154.87, SD = 4.16$ ). Dock återfanns en tendens till skillnad mellan testtillfällena.

En signifikant skillnad kunde återfinnas mellan deltagarnas resultat på Spanboard-testet mellan första och andra testtillfället  $t(14) = 2.73, p = .016$ . Deltagarnas resultat var högre under det andra testtillfället ( $M = 51.74, SD = 16.45$ ), än under det första tillfället ( $M = 45.20, SD = 15.09$ ).

Resultatet av de uppmärksamhetsmätande testerna, vid uppdelning efter egenskattad uppmärksamhet, gav ett resultat som var annorlunda än det som prediceras av MBA-teorin. För att förklara detta undersöktes huruvida en korrelation mellan deltagarnas egenskattade uppmärksamhet och vid vilket tillfälle stokastisk stimulans givits kunde återfinnas. Korrelationsanalys visar att det finns en statistiskt signifikant korrelation mellan dessa variabler  $r = .607, p = .016$ . De individer som skattat sin uppmärksamhet lågt fick alltså i signifikant större utsträckning stokastisk stimulans vid första testtillfället (6 av 8) än vad individer som skattat sin uppmärksamhet lågt fick (1 av 7).

På grund av den signifikanta korrelationen mellan egenskattad uppmärksamhet och indelningen i stimulationstillfälle i samband med att de funna resultaten visade på en omvänd interaktionseffekt än den förväntade valdes att också undersöka deltagarnas resultat utifrån en uppdelning baserad på deltagarnas egna resultat snarare än utifrån en separat självskattning. För att utföra denna uppdelning delades deltagarna upp i två grupper baserat på deras resultat på de två uppmärksamhetskrävande testerna vid det testtillfälle då stimulans ej gavs.

### **GoNogo uppdelat efter prestation**

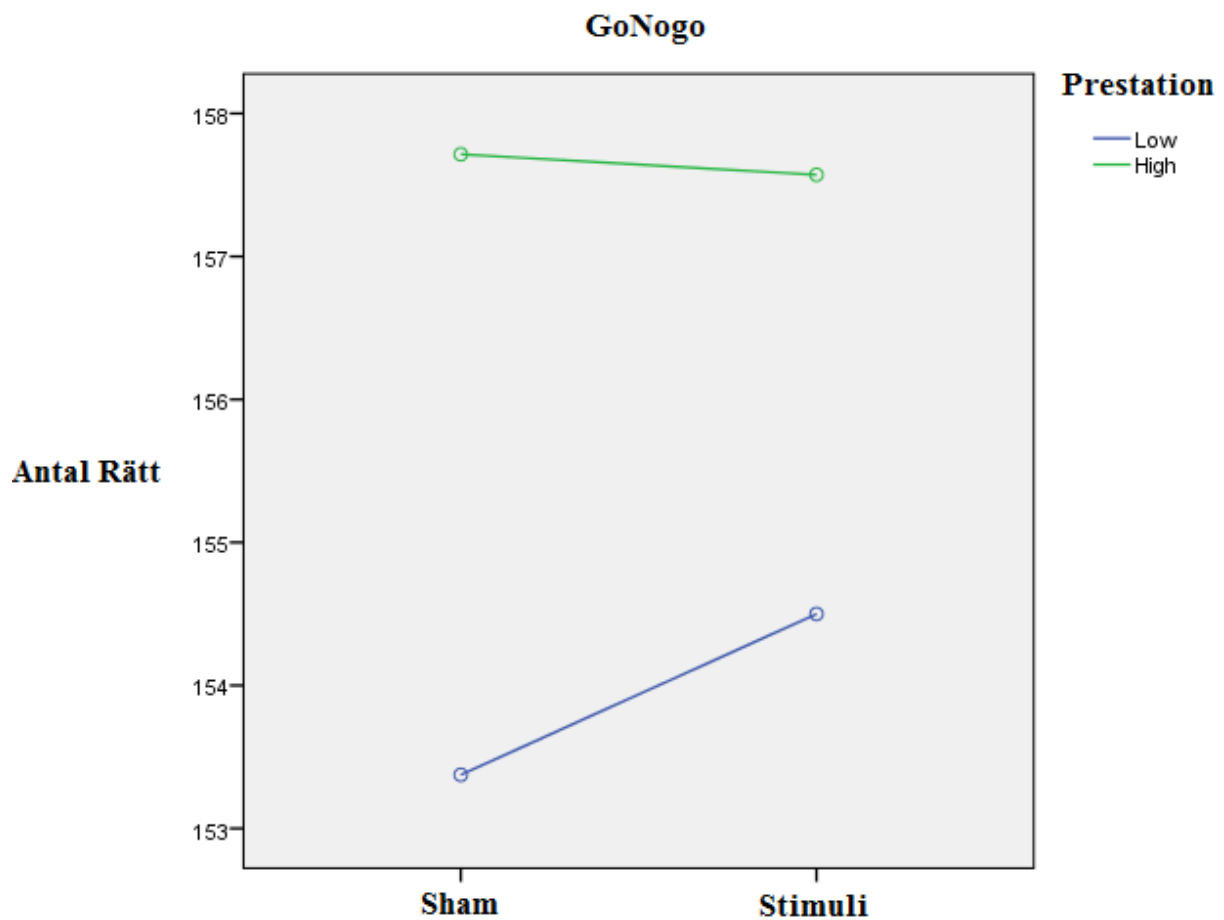
Vid testning genomförd med ANOVA för upprepade mätningar återfanns ingen signifikant interaktionseffekt mellan indelning efter sham-prestation och den givna formen av stimulans  $F(1,13) = .434; P = .521; \eta_p^2 = .032$  (Se *Figur 3*).

Medelvärde för antal rätt i den högpresterande gruppen var under sham-stimulans



157.63 med standardavvikelse .74, under stokastisk stimulans var medelvärde 157.88 med standardavvikelse 1.458. Medelvärde för antal rätt i den lågpresterande gruppen var under sham-stimulans 152.86 med standardavvikelse 3.81, under stokastisk stimulans var medelvärde 153.71 med standardavvikelse 2.69.

Resultatet visade att individer som presterade lågt på GoNogo-testet fick ett högre resultat under stokastisk stimulans, medan de som presterade högt fick ett lägre resultat, dock ej statistiskt signifikant.



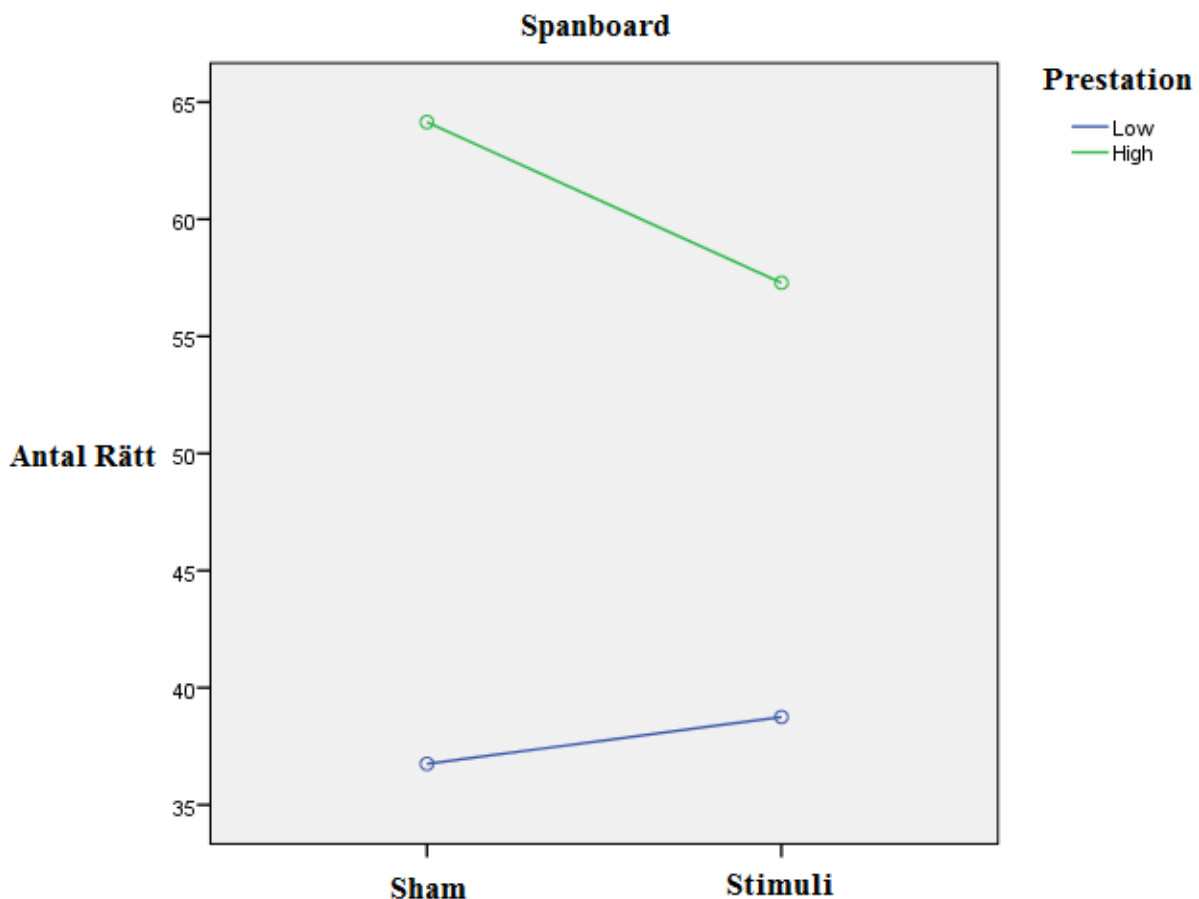
Figur 3. Interaktionseffekt mellan stimulans och gruppindelning utifrån sham-prestation för GoNogo-Testet

## Spanboard uppdelat efter prestation

Vid testning genomförd med ANOVA för upprepade mätningar återfanns ingen signifikant interaktionseffekt indelning efter sham-prestation och den givna formen av stimulans  $F(1,13) = 2.568$ ;  $p = .133$   $\eta_p^2 = .165$  (Se Figur 4).

Medelvärde för antal rätt i den högpresterande gruppen var under sham-stimulans 61.63, med standardavvikelse 13.52, under stokastisk stimulans var medelvärde 56.00 med standardavvikelse 16.54. Medelvärde för antal rätt i den lågpresterande gruppen var under sham-stimulans 35.71 med standardavvikelse 3.64, under stokastisk stimulans var medelvärde 37.57 med standardavvikelse 5.97.

Resultatet visade att individer som presterade lågt på Spanboard-testet fick ett högre resultat under stokastisk stimulans, medan de som presterade högt fick ett lägre resultat, dock ej statistiskt signifikant.



Figur 4. Interaktionseffekt mellan stimulans och gruppindelning utifrån sham-prestation för Spanboard-Testet

## Diskussion

Denna studie ämnar undersöka om en normalpopulations uppmärksamhet kan påverkas av stokastiskt vestibulärt stimuli med utgångspunkt i MBA-teorin. Studiens huvudhypoteser är att den vestibulära stimulansen tillsammans med deltagarnas självskattade förmåga till uppmärksamhet skulle påverka resultatet på två utförda datortester. Utifrån MBA-teorin förväntas individer med låg uppmärksamhet förbättras i högre utsträckning än individer med högt självskattad uppmärksamhet.

Analys av insamlad data visar på en signifikant interaktionseffekt mellan utförd stimulans och självskattad uppmärksamhet på den beroende variabeln antal rätt i testet spanboard, dock åt motsatt håll från det förväntade. Individer med högt skattad uppmärksamhet förbättras istället av vestibulär stimulans, medan individer med lågt skattad uppmärksamhet presterar lägre under stimulans. Analys av den andra beroende variabeln antal rätt på GoNogo visar tendenser åt samma håll, men uppnår ej statistisk signifikans. Även om en signifikant interaktionseffekt kunde återfinnas mellan stimulans och grupp kan resultatet inte sägas bekräfta MBA-teorin, då gruppen med lågt skattad uppmärksamhet ej fick ett stärkt resultat av administrerat brus. Då det vid vidare analys av resultatet visade sig att individer som skattat sig högt på uppmärksamhet var kraftigt överrepresenterade bland de deltagare som fick sham-stimulans vid det första testtillfället och stokastisk stimulans vid det andra testtillfället. Då deltagarna generellt presterade bättre på båda testerna under det andra testtillfället, oavsett stimulation, kan det ses som troligt att denna ojämna fördelning helt eller delvis förklarar den oväntade signifikanta interaktionseffekt som kunde återfinnas mellan självskattad uppmärksamhet och form av stimulans.

För att få en mer rättvisande uppdelning av uppmärksamhet och utesluta den slumpmässiga snedfördelningen av deltagarna som uppstått användes i stället resultaten från de datorbaserade uppmärksamhetsmätande tester som operationaliserar uppmärksamhet i studien. Uppdelningen gjordes utifrån det resultat som deltagarna uppnådde när de enbart fick sham-stimulans, för att bäst representera deras faktiska förmåga.

När statistisk analys av resultaten utfördes efter denna uppdelning framträdde ett resultat som mer överensstämmer med det som prediceras av MBA-teorin. Dock var resultaten ej tillräckligt starka för att räknas som statistiskt signifikanta. Denna brist på statistisk signifikans kan ha orsakats av metodologiska brister i studien, men också av brister i de utförda datorbaserade testerna, den utförda gruppindelningen eller i den administrerade stimulansen.

## **Gruppindelning**

Uppdelningen av individer i hög och låg uppmärksamhet genomfördes med hjälp av ett självskattningsformulär som normalt sett används som diagnosstöd för ADHD. Förväntningen var att användandet av detta formulär skulle kunna dela upp deltagarna i två grupper, där gruppen som skattat sig högt på uppmärksamhet skulle prestera bättre på det uppmärksamhetskrävande testbatteriet än de som skattat sig lågt. Så var inte fallet, utan individer med låg skattning på uppmärksamhet tenderade att prestera högre på dessa tester än individer som skattat sig högt på uppmärksamhet. Detta resultat förklaras av den slumpmässiga snedfördelningen mellan skattad uppmärksamhet och stimulationstillfälle. Dock var deltagarnas egenskattade uppmärksamhet en så pass svag prediktor av deltagarnas resultat på de datorbaserade testerna att denna slumpmässiga indelning i högre grad påverkade resultatet än uppdelningen efter egenskattad uppmärksamhet gjorde. Möjliga förklaringar till detta är att ASRS inte är ett lämpligt instrument för en sådan indelning, utan mäter en annan sorts uppmärksamhet än de som testats av det använda testbatteriet. En annan möjlighet är att testet är relevant för en ADHD-population, men ej kan diskriminera bland den normalpopulation som rekryterades till denna studie.

De frågor som används i ASRS-formuläret berör vardagligt beteende de senaste sex månaderna. Individer som uppvisar problem med uppmärksamhet i vardagen, eller i situationer där de känner sig uttråkade eller omotiverade kan ofta fokusera intensivt under korta stunder eller vid hög motivation. Därför finns en möjlighet att även de deltagare som normalt har svårt att behålla uppmärksamheten i vardagen presterade bra, då de var motiverade att utföra uppgifterna eller deras tävlingsinstinkt väcktes och de strävade efter att uppnå ett högt resultat. Det är möjligt att ett längre och mindre motiverande testbatteri hade sänkt resultatet för den grupp som skattade sig lågt på uppmärksamhet. Det är möjligt att en mer rättvisande egenskattning av uppmärksamhet eller en population med större spridning i skattning av uppmärksamhet hade haft en så pass stor predicerande kraft på de datorbaserade testerna att den funna förbättringseffekten från första till andra teststillfället inte hade påverkat resultatet i så hög grad.

## **Stimulans**

Den använda stimulansmetoden, SVS, har aldrig tidigare använts för att påverka kognitiva förmågor eller uppmärksamhet, utan har endast bevisats vara effektiv på balansproblematik. Forskningsprojekt pågår för närvarande inom detta område, men detta är det första färdiga resultatet. Som en förutsättning för att experimentet skall kunna ge resultat

enligt MBA-teorin krävs att den stimulansen, på samma sätt som det auditiva vita brus som administrerats i tidigare studier, tillför brus till hjärnan. En möjlig förklaring till varför individer som skattat sig lågt på uppmärksamhet ej statistiskt signifikant förbättrar sina resultat under stimulans är att SVS inte stimulerar hjärnans funktioner på samma sätt som auditivt vitt brus. Ett potentiellt alternativ är att direkt stimulera de delar av hjärnan som tros styra uppmärksamhet för att på mer direkt väg införa brus i de aktuella regionerna.

Stimulans av de vestibulära organen med likström eller växelström visar att sådan stimulans ger en kännbar effekt på den stimulerade individen, men då SVS är subliminal, och alltså inte ger den stimulerade individen någon subjektivt upplevd sensation, är det möjligt att det inte tillför brus till hjärnan på ett jämförbart sätt. Att det uppnådda resultatet visar på en tendens till effekt mellan skattad uppmärksamhet och stimulans tyder dock på att en sådan effekt finns, men detta kan inte fastslås säkert med utgångspunkt i resultatet av denna studie.

### **Testbatteri**

För att inom experimentet operationalisera uppmärksamhet användes två datorbaserade tester, Spanboard och GoNogo. Analys av de utförda testningarna visar att resultatet på de två testerna tenderar åt samma håll, där gruppen med låg uppmärksamhet presterar bättre än gruppen med hög uppmärksamhet överlag, vid sortering efter egenskattad uppmärksamhet, men där förhållandet blir det omvända vid stokastisk stimulans. Även vid uppdelning efter sham-prestation tenderar båda testernas resultat åt samma håll. Resultatet från Spanboard visar dock dessa tendenser betydligt starkare än GoNogo. En fördel som Spanboard har som kan förklara detta är den stegrande svårighetsgraden. Där GoNogo genomgår ett antal iterationer och sedan avslutas oberoende av deltagarens prestation fortsätter Spanboard med svårare och svårare uppgifter tills deltagaren misslyckas. Ett genomsnittligt resultat på GoNogo på 155.17 där 160 är max tyder på en takeffekt där de flesta deltagare lyckats bra eller mycket bra och spridningen mellan deltagare och betingelser därför blir liten.

### **Metodologiska Svagheter**

Syftet med denna studie var att utföra en dubbelblind experimentell studie där en grupp med låg uppmärksamhet och en grupp med hög uppmärksamhet skulle stimuleras med stokastisk vestibulär stimulans för att se hur det påverkade deras prestation på

uppmärksamhetskrävande test. Studiens största svaghet förefaller ligga i rekryteringsprocessen. Eftersom urvalet gjordes främst från universitetsområdet och uppdelning i uppmärksamhet gjordes först i efterhand, snarare än att ett större antal individer undersöktes och ett lämpligt antal valdes ut, kan det antagas att spridningen av grundläggande förmåga till uppmärksamhet inte var särskilt stor, och att genomsnittet för förmåga till uppmärksamhet hos deltagarna var relativt högt. Eftersom ett av studiens huvudsyften var att undersöka skillnader i effekt av den givna stimulansen mellan de två grupperna, och deltagare som i den initiala resultatanalysen skattade sig lågt för uppmärksamhet var den grupp som presterade bäst, kan det antas att studiens resultat inte är helt rättvisande ifråga om interaktionen mellan stimulans och gruppindelning, vilket gör det svårare att dra slutsatser om resultatet.

Till sin design var studien dubbelblind, då det med slumpmässig elektrisk stimulans är möjligt att vid tillräckligt låg magnitud använda sig av aktiv stimulering utan att det är fysiskt märkbart. På grund av svårigheter att helt fästa de använda elektroderna på huden upplevde ett litet antal testdeltagare svaga stickningar i huden vid stimulans, även om de inte kände av påverkan på de vestibulära organen i sig, vilket kan ha verkat distraherande under studien och medfört att vissa deltagare varit medvetna om att de mottog stimulans vid ett givet tillfälle.

### **Framtida forskning**

Att studien vid gruppindelning efter prestation visade en så pass stark tendens i riktning mot den förväntade interaktionseffekten trots det låga antalet deltagare och det något homogena urvalet visar på att ytterligare studier bör göras som undersöker såväl ytterligare användningsområden för stokastisk vestibulär stimulans som andra metoder för att testa MBA-teorin. Möjliga uppslag för framtida studier skulle kunna vara en replikation av denna studie med ett mer heterogent urval av deltagare, en testdesign där denna metod testas parallellt med auditivt brus för att jämföra verksamhetsgrad och därigenom se om det är samma mekanism som aktiveras eller en utökning av det använda testbatteriet för att undersöka påverkan på ytterligare kognitiva förmågor. Alternativt att replikera denna studie i större format, men med användning av samma stimulans kortikalt på områden som tros styra uppmärksamhet och därigenom undersöka om stokastisk resonans kan åstadkommas genom elektrisk stimulans utan att gå vägen via ett sinnesorgan.

### **Slutsatser**

Studien finner initialt en statistiskt signifikant interaktionseffekt mellan egenskattad uppmärksamhet och vestibulär stimulans. Egenskattad uppmärksamhet visar sig ha ett motsatt

förhållande till resultat på de uppmärksamhetskrävande testerna, vilket förefaller bero på en snedfördelning i de randomiserade stimulationstillfällena. När istället deltagarnas egna resultat används som instrument för att dela in de i grupper efter uppmärksamhet framstår ett resultat som motsvarar det som prediceras av MBA-teorin, dock utan statistisk signifikans.

Eftersom indelningen i uppmärksamhetsnivå inte i sig kunde predicera resultatet på de uppmärksamhetskrävande testerna, kan studiens resultat inte tala för eller emot MBA-teorin som användes som teoretiskt ramverk för experimentet, men resultatet tyder på att en replikation av experimentet med utökat antal deltagare, och eventuellt andra mätinstrument för uppmärksamhet skulle leda till ett resultat som tydligare sammanfaller med denna teori.

## Referenser

- Backman, A. & Truedsson, E. (2008). *Computerized Working Memory Training in Group and the Effects of Noise: a Randomised Pilot Study with 7 to 9 year old Children* (Psykologexamensarbete), Lunds universitet, Institutionen för psykologi.
- Beckman, V. (red.). (2007). *ADHD/DAMP – En uppdatering*. Lund: Studentlitteratur
- Bench, C., Grasby, P., Dolan, R., Frith, C., Friston, K., Pauls, E. & Frackowiak, R. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the stroop test. *Neuropsychologia*, 31(9), 907-922. doi:10.1016/0028-3932(93)90147-R
- Bense, S., Stephan, T., Yousry, T., Brandt, T., & Dieterich, M. (2001). Multisensory cortical signal increases and decreases during vestibular galvanic stimulation (fMRI). *Journal Of Neurophysiology*, 85(2), 886-899. Hämtad från:  
<http://jn.physiology.org/content/85/2/886.full>
- Berryhill, M. E., Peterson, D. J., Jones, K. T., & Stephens, J. A. (2014). Hits and misses: leveraging tDCS to advance cognitive research. *Frontiers in Psychology*, 5, 800. doi:10.3389/fpsyg.2014.00800
- Coffman, B., Clark, V., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage* 85, 895–908. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.07.083
- Cook Jr., E., Stein, M., Krasowski, M., Cox, N., Olkon, D., Kieffer, J., & Leventhal, B. (1995). Association of attention-deficit disorder and the dopamine transporter gene. *American Journal Of Human Genetics*, 56(4), 993-998.
- Cook, A., Johnson, C., & Bradley-Johnson, S. (2015). White noise to decrease problem behaviors in the classroom for a child with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Child And Family Behavior Therapy*, 37(1), 38-50. doi:10.1080/07317107.2015.1000234.



- Elisabeth, S. (1997). *The psychology of attention*. Hove : Psychology
- Fertonani, A., Miniussi, C., & Ferrari, C. (2015). What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clinical Neurophysiology*, 126(7), doi:10.1016/j.clinph.2015.03.015.
- Fitzpatrick, R. C., & Day, B. L. (2004). Probing the human vestibular system with galvanic stimulation. *Journal Of Applied Physiology*, 96(6), 2301-2316.
- Grace, A. (1995). The tonic/phasic model of dopamine system regulation: Its relevance for understanding how stimulant abuse can alter basal ganglia function. *Drug And Alcohol Dependence*, 37(2), 111-129. doi:10.1016/0376-8716(94)01066-T.
- Highstein, M. S., Fay, R. R., & Popper, N. A. (2003). *The vestibular system*.
- Iwasaki, S., Yamamoto, Y., Togo, F., Kinoshita, M., Yoshifuji, Y., Fujimoto, C., & Yamasoba, T. (2014). Noisy vestibular stimulation improves body balance in bilateral vestibulopathy. *Neurology*, 82(11), 969-975. doi:10.1212/WNL.0000000000000215.
- Johansen, E. B., Aase, H., Meyer, A., & Sagvolden, T. (2002). Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) behaviour explained by dysfunctioning reinforcement and extinction processes. *Behavioural Brain Research*, 13037-45. doi:10.1016/S0166-4328(01)00434-X.
- Johnson, A. Proctor R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*. Thousand Oaks, (California) : SAGE Publications.
- Joos, K., Ridder, D., & Vanneste, S. (2015). The differential effect of low- versus high frequency random noise stimulation in the treatment of tinnitus. *Experimental Brain Research*, 233(5), 1433-1440. doi:10.1007/s00221-015-4217-9.
- Kadosch, R., C. (2013) Using transcranial electrical stimulation to enhance cognitive functions on the typical and atypical brain. *Translational Neuroscience*, 4(1), doi: 10.2478/s13380-013-0104-7

- Kessler, R.C., Adler, L., Ames, M., Demler, O., Faraone, S., Hiripi, E., Howes, M.J., Jin, R., Secnik, K., Spencer, T., Ustun, T.B., Walters, E.E. (2005). The World Health Organization Adult ADHD Self-Report Scale (ASRS). *Psychological Medicine*, 35(2), 245-256
- Kim, D. J., Yogendrakumar, V., Chiang, J., Ty, E., Wang, Z. J., & McKeown, M. J. (2013). Noisy Galvanic Vestibular Stimulation Modulates the Amplitude of EEG Synchrony Patterns. *Plos ONE*, 8(7), 1-10. doi:10.1371/journal.pone.0069055
- Kindlon, D. J. (1998). The measurement of attention. *Child & Adolescent Mental Health*, 3(2), 72-78. doi:10.1111/1475-3588.00215
- Liebetanz, D., Koch, R., Mayenfels, S., König, F., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2009). Safety limits of cathodal transcranial direct current stimulation in rats. *Clinical Neurophysiology*, 120(6) 1201161-1167. doi:10.1016/j.clinph.2009.01.022
- McDonnell, M. D., & Abbott, D. (2009). What is stochastic resonance? Definitions, misconceptions, debates, and its relevance to biology. *Plos Computational Biology*, 5(5), 1-9. doi:10.1371/journal.pcbi.1000348
- Moss, F., Ward, L., & Sannita, W. (2004). Stochastic resonance and sensory information processing: A tutorial and review of application. *Clinical Neurophysiology*, 115(2), 267-281. doi:10.1016/j.clinph.2003.09.014
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *Journal of neuroscience methods* (222), 250–259
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901
- Palla, A., & Lenggenhager, B. (2014). Ways to investigate vestibular contributions to cognitive processes. *Frontiers In Integrative Neuroscience*, 8. doi=10.3389/fnint.2014.00040
- Poreisz, C., Boros, K., Antal, A., & Paulus, W. (2007). Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Research Bulletin*, 72208-214. doi:10.1016/j.brainresbull.2007.01.004

- Romanska, A., Rezlescu, C., Susilo, T., Duchaine, B., & Banissy, M. J. (2015). High-Frequency Transcranial Random Noise Stimulation Enhances Perception of Facial Identity. *Cerebral Cortex* (New York, N.Y.: 1991),
- Sagvolden, T., Johansen, E., Aase, H., & Russell, V. (2005). A dynamic developmental theory of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) predominantly hyperactive/impulsive and combined subtypes. *Behavioral And Brain Sciences*, 28(3), 397-419. doi:10.1017/S0140525X05000075
- Samoudi, G., Jivegård, M., Mulavara, A. P., & Bergquist, F. (2014). Effects of stochastic vestibular galvanic stimulation and LDOPA on balance and motor symptoms in patients with Parkinson's Disease. *Brain Stimulation*, 8(3) doi:10.1016/j.brs.2014.11.019
- Sikström, S., & Söderlund, G. (2007). Stimulus-dependent dopamine release in attention deficit/hyperactivity disorder. *Psychological Review*, 114(4), 1047-1075 doi:10.1037/0033-295X.114.4.1047.
- Socialstyrelsen (n.d.) Hämtat 12 Maj 2015 från:  
<http://www.socialstyrelsen.se/psykiskohalsa/adhd>
- Söderlund, G., Sikström, S., & Smart, A. (2007). Listen to the noise: noise is beneficial for cognitive performance in ADHD. *Journal Of Child Psychology & Psychiatry*, 48(8), 840-847. doi:10.1111/j.1469-7610.2007.01749.x
- Terney, D., Chaieb, L., Moliadze, V., Antal, A., & Paulus, W. (2008). Increasing human brain excitability by transcranial high-frequency random noise stimulation. *The Journal Of Neuroscience: The Official Journal Of The Society For Neuroscience*, 28(52), 14147-14155. doi:10.1523/JNEUROSCI.4248-08.2008
- Utz, K. S., Korluss, K., Schmidt, L., Rosenthal, A., Oppenländer, K., Keller, I., & Kerkhoff, G. (2011). Minor adverse effects of galvanic vestibular stimulation in persons with stroke and healthy individuals. *Brain Injury*, 25(11), 1058-1069. doi:10.3109/02699052.2011.607789
- Utz, K., Dimova, V., Oppenlander, K., & Kerkhoff, G. (2010). Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods

of non-invasive brain stimulation in neuropsychology-A review of current data and future implications. *Neuropsychologia*, 48(10), 2789-2810

Wilkinson, D., Nicholls, S., Pattenden, C., Kilduff, P., & Milberg, W. (2008). Galvanic vestibular stimulation speeds visual memory recall. *Experimental Brain Research*, 189(2), 243-248. doi:10.1007/s00221-008-1463-0

# Bilaga 1 – Information och Samtyckesformulär

## Information och samtycke till studie

**Studie:** I denna studie kommer du få utföra ett antal uppgifter på en dator, samtidigt som du genom två elektroder placerade bakom dina öron stimuleras med en svag elektrisk ström. Strömmen kommer att stimulera dina balansorgan, och är så pass svag att du inte kommer, eller knappt kommer att känna den. En svag, stickande känsla kan upplevas på huden om elektroden sitter för löst, men detta kan avhjälpas genom omplacering av elektroderna. Om du under studiens gång skulle uppleva någon form av obehag, meddela testledaren som då kan se över elektrodernas placering.

Inledningsvis kommer en grundnivå för din strömstyrka fastställas genom en runt fem minuter lång testsekvens, under denna kan du uppleva ett lätt gungande fram och tillbaka, något som upphör direkt efter testet.

**Säkerhet:** Denna metod har visat sig säker även med högre strömstyrka än vad som används i denna studie, med enda rapporterade bieffekt en viss rödhet och ett lätt kliande på huden hos några deltagare under en kort period.

**Anonymitet:** All data som samlas in i denna studie kommer att anonymiseras och kommer vid studiens slut inte längre kunna kopplas till dig som individ.

Jag bekräftar härmed att jag tagit del av ovanstående information och att jag är medveten om att jag kan avbryta mitt medverkande i studien när som helst, utan att ange orsak samt att inga personligt identifierbara uppgifter kommer att sparas efter experimentets slut.

---

Namn/förtydligande

---

Namn/teckning

---

Datum / Ort

Alexander Holmberg  
Institutionen för psykologi  
Lunds universitet  
Tel: 0730368447  
alexanderholmberg@gmail.com