



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för psykologi

Psykologprogrammet

Hur påverkas uppmärksamhet och arbetsminne av stimulering med tDCS och auditivt brus?

Daniel Adenmark Månsson & David Smidelik

Psykologexamensuppsats. 2014

Handledare: Sverker Sikström

Examinator: Sven Ingmar Andersson

Abstract

To sustain attention rather than getting caught by distractions is of utter importance for our working memory. The present study compared two techniques, transcranial direct current stimulation (tDCS) and white noise, as an attempt to enhance the attention of the test subjects. Attention was tested with a go/no-go test and working memory with an n-back test. The findings showed that the test subjects received a significantly improved working memory score when stimulated with tDCS and noise. Having the 2SR model as a theoretical framework, predicts an interaction between attention and the effects of tDCS and noise. The results in this study confirms this prediction by significant correlations regarding improved attention, seen on reaction time differences in go/no-go, and level of attentiveness measured by SnapScore-IV. The conducted study could not, however, conclude significant differences on the attention test score with either of the techniques.

Nyckelord: uppmärksamhet, arbetsminne, tDCS, brus, vitt brus, n-back, go/no-go, ADHD, SnapScore, stokastisk resonans, rIFG, 2SR

I vårt dagliga liv är det mycket som vill fånga vår uppmärksamhet, men endast ett fåtal intryck registreras och kommer till vårt medvetande. Uppmärksamhet kan delas in i att dels fokusera på specifika stimuli och dels att filtrera bort ”onödig” information (Broadbent, 1958). Det är inte sällan vi ställs inför uppgiften att hålla igång vår selektiva uppmärksamhet under längre tidsperioder då vi måste fokusera på något specifikt, men inte låta oss fångas av, för stunden, oviktiga stimuli. Att vi lyckas hålla uppmärksamheten på det vi gör istället för att fångas av distraktioner är också avgörande för vår förmåga att hålla saker i vårt arbetsminne (Kane, Bleckley, Conway & Engle, 2001), exempelvis genom att man misslyckas med att minnas det som sägs i klassrummet för att man parallellt planerar vad man ska hitta på efter skolan.

Ihållande uppmärksamhet (*eng.* sustained attention) är svår att bibehålla för de flesta när man blir översköld av stimuli, både digital och analog. Det kan handla om notifieringar om e-post, en alldeles för hög konversation i rummet intill eller blinkande telefoner (Fisher, 2007). Utöver dessa faktorer finns det andra orsaker som försvårar möjligheten att hålla uppmärksamheten riktad mot ett specifikt mål. En allt snabbare växande population får diagnoser relaterade till dessa svårigheter där attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) är en av de vanligare (<http://www.socialstyrelsen.se/psykiskhalsa/adhd>). Socialstyrelsen (2004) uppskattar att tre till sex procent av barn i skolåldern har diagnosen. Förutom problemen som detta innebär för individerna själva så är det ett flertal verksamheter, däribland skola, socialtjänst, hälso- och sjukvård, som påverkas och belastas resursmässigt av hanteringen av problemen diagnosen medför (Socialstyrelsen, 2002). För personer med uppmärksamhetssvårigheter, inte minst de med diagnosen ADHD, är det vanligt att behöva kämpa med att upprätthålla sin uppmärksamhet och samtidigt inte agera på distraktioner och impulser (Biederman, et al., 1996). Dessa svårigheter har också en särskild ogynnsam effekt i skolmiljön där DeShazo, Lynman och Grofer (2002) beskriver svårigheter för individer med ADHD att, trots normalbegåvning, nå de akademiska målen för läs- och skrivkunnet samt uppnå de matematiska färdigheter som deras jämnåriga presterar.

Yoshimasu et al. (2012) diskuterar också komorbiditet och konstaterar att prevalensen av annan psykologisk sjukdom ökar vid diagnosen ADHD. I artikeln nämns främst depression och ångestproblematik som vanligt förekommande men även prevalensen av sociala problem och drogmissbruk ökar, enligt författaren, i jämförelse med normalpopulationen. Uppmärksamhetsproblematik kan betraktas utifrån en dimensionell skala där

uppmärksamhetsdiagnoser, såsom ADD och ADHD, befinner sig i ena änden av denna skala. Studiens syfte var att belysa hur uppmärksamhet kunde påverkas i en icke-klinisk grupp. Då majoriteten av forskningen kring uppmärksamhet dock utgår ifrån uppmärksamhetsproblematik baserades studiens teoretiska underbyggnad i huvudsak på studier om ADHD.

Uppmärksamhet och beteendehinhibering

En stor del av uppmärksamhetsproblematiken består av brister i det som kallas för beteendehinhibering (Barkley, 1997). Fenomenet beteendehinhibering innebär att man hindrar eller avbryter ett pågående beteende (Bijttebier, Beck, Laurence & Vandereycken, 2008) och individer med inhiberings- och uppmärksamhetssvårigheter, så som vid diagnosen ADHD, kan till exempel ha svårt att läsa färdigt en text för att de ofta fångas av något annat som verkar mer intressant (Pitts, 2014). Vidare menar författaren att andra svårigheter kan handla om att spontant utbrista saker, att ha svårt att vänta på sin tur eller gärna avsluta andras meningar. Flera personer i Pitts studie uppger även att de inte kan låta bli att lägga sig i andras konversationer (Pitts, 2014).

Utöver Pitts observationer tog Barkley (1997) fram en modell för att visa hur bland annat arbetsminne, självreglering av affekter och tal-internalisering påverkas negativt om det finns brister i beteendehinhibitionen och impuls kontrollen. Vidare tydliggör han att arbetsminne innebär att hålla specifik information i fokus utan att det som ska minnas är direkt närvarande. Arbetsminnets funktion bygger därför på en förmåga till inhibering (Barkley, 1997) vilket tydliggör kopplingen mellan arbetsminne och uppmärksamhet.

Uppmärksamhetens neurologi

Monden et al. (2012) och Barkley (1997) beskriver hur viktigt det är att hitta en tydlig biologisk orsak för ADHD för att underlätta och påskynda diagnostisering och påbörja stödinsatser. Genom hjärnabbildningstekniken functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) tittade Monden et al. (2012) på 16 individer med diagnosen ADHD och jämförde dessa med 16 individer utan diagnosen. Slutsatsen var att individerna med icke-medicinerad ADHD hade en lägre aktivitet i right inferior frontal gyrus (rIFG) och i middle frontal gyrus (MFG) under en go/no-go task. Forskning gjord av Hampshire, Chamberlain, Monti, Duncan och Owen (2010) kunde genom fMRI konstatera att rIFG spelade en viktig roll för just beteendehinhibering, men även i en studie av Dove, Pollman, Schubert, Wiggings och von Cramon (2000) kunde man se att samma område var av betydelse för att kunna växla uppmärksamhetsfokus mellan olika

uppgifter. Tidigare forskning gjord av bland annat Bench et al. (1993) har genom positronemissionstomografi (PET) funnit liknande indikationer där framförallt högra prefrontala regionen associerats med problembeteenden kopplat till uppmärksamhet som kan finnas hos personer med diagnosen ADHD. Goel och Grafman (1995) testade patienter med prefrontala skador och dessa personer visade sig ha svårt för testen Tower of Hanoi och Tower of London. Även personer med diagnosen ADHD har i tidigare studier uppvisat svårigheter på dessa test (Pennington, Grossier & Welsh, 1993; Weyandt & Willis, 1994). Medan Pennington et al. (1993) menar att testen framförallt kräver arbetsminne, problemlösning och planering betonar Goel och Grafman (1995) snarare svikt i förmågan till responsinhibering. Sammantaget ger detta en bild av rIFG och den högra prefontala delen som varandes av stor betydelse för uppmärksamhet och förmågan till inhibering.

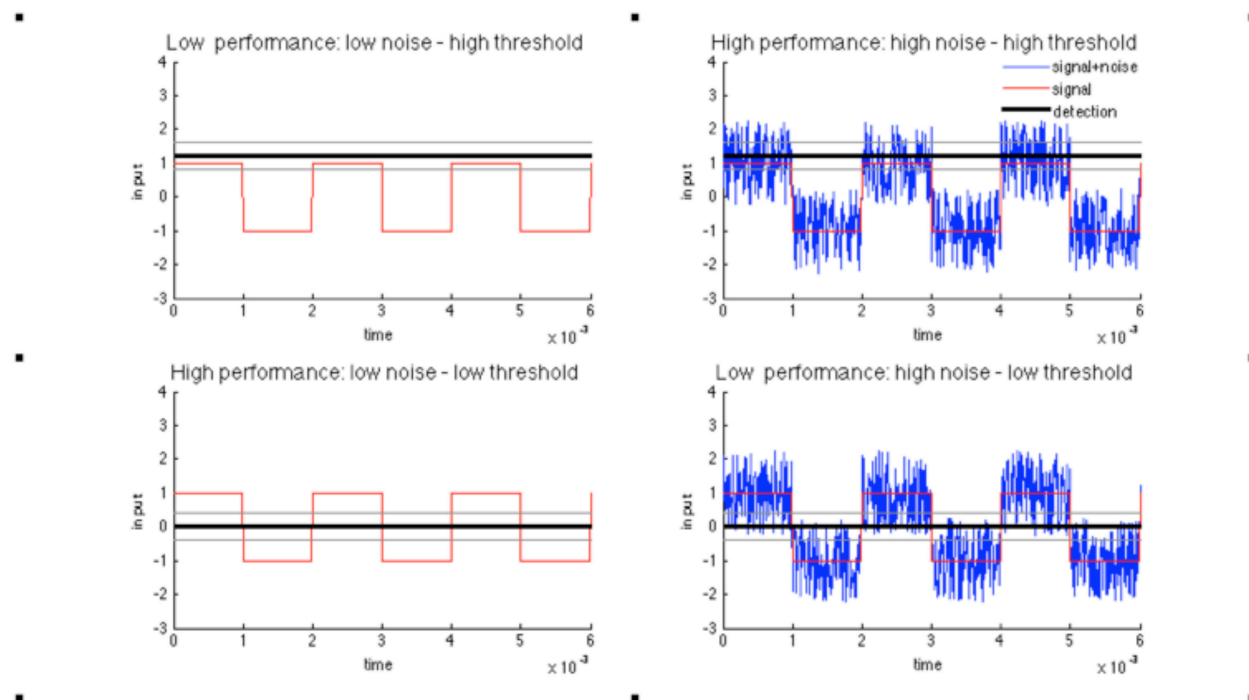
Stokastisk resonans(SR) och 2SR-teorin

I syfte att teoretiskt kunna förstå hur påverkan av uppmärksamhet kan fungera på neurologisk nivå så används i studien ett teoretiskt ramverk vid namn SR-teorin (Sikström et al., 2007) och den vidareutvecklade 2SR-teorin (Sikström, 2014). SR står för stokastisk resonans som kan beskrivas som ett statistiskt fenomen där stimuli som presenteras för systemet detekteras med större sannolikhet när brus är närvarande (Sikström et al., 2007). I ett system där ett gränsvärde behöver överträdas för att signalen ska upptäckas kan bruset hjälpa till att närma sig gränsvärdet för att signalen sedan ska kunna träda över. Bruset påverkar systemet genom att öka variabiliteten och därmed öka sannolikheten för att signalen ska kunna överträda gränsvärdet och därmed göra stimuli detekterbart. Stokastisk resonans har observerats i flera olika system, exempelvis i naturen där fenomenet har använts för att förklara större klimatförändringar såsom istider som uppstått trots väldigt små förändringar i de externa krafter som verkade på klimatsystemet. Det har också använts för att modellera olika processer i människans neuronala system där gränsvärdesmekanismer alltså förekommer genom aktionspotentialer i cellerna (Gammaitoni, Hänggi, Jung & Marchesoni, 1998).

2SR-teorin är en vidareutveckling av SR-teorin och innebär att man antingen ökar sannolikheten för stimuli att överträda gränsvärdet alternativt, tillfälligt, sänker gränsvärdet med syftet att stimuli ska bli lättare för systemet att detektera. En gränsvärdessänkning kan ske exempelvis genom att neuronerna, genom extern strömpåverkan av membranpotentialen, flyttas närmare det värde då den kommer att fyra av aktionspotentialen. 2SR-teorin är alltså en

utgångspunkt för att beskriva två olika sätt som påverkan kan ske i ett neuronalt system med syfte att stimuli lättare kan detekteras. 2SR-teorin ger också följande 4 prediktioner.

1. Förmågan till att detektera stimuli är hög när gränsvärdet och brus är lågt (nedre vänstra bilden) pga att signalen enkelt passerar gränsvärdet. 2. Förmågan är låg, antingen när gränsvärdet är för högt(övre vänstra bilden), eller brus har lagts till systemet (nedre högra bilden). 4. Om både gränsvärdet höjts och brus lagts till systemet så kommer aktiviteten att vara hög (Sikström, 2014).



Figur 1. Fyra prediktioner som följer av 2SR-teorin

För att åstadkomma och testa dessa båda effekter, sänkningen av gränsvärden och variabilitet, i det neuronala systemet så har vi i studien använt oss av två stycken tekniker, transcranial direct current stimulation (tDCS) för gränsvärdessänkning och vitt brus för att öka variabiliteten.

Transcranial direct current stimulation (tDCS)

tDCS är en generell stimuleringsteknik som syftar till att, icke-invasivt, stimulera olika specifika områden i hjärnan och som innebär att en svag elektrisk ström skickas mot skalpen genom två ytelektroder. Elektroderna (kallade anod och katod eller plus och minus) kan genom appliceringen av strömmen påverka polarisering hos neuronerna i det underliggande kortikala

området genom att antingen depolarisera eller hyperpolarisera cellmembranen (Nitsche et al., 2008). Den anodala elektroden har visats depolarisera cellmembranen medan den katodala elektroden istället hyperpolariserar dem (Nitsche et al., 2008). Genom att depolarisera cellmembranen påverkar anodal tDCS de underliggande neuronerna så att de får lättare att fyra av och man ökar på det sättet aktiviteten i området under elektroden (Jacobson, Ezra, Berger & Lavidor, 2012; Nitsche et al., 2008; Weiss & Lavidor, 2012). tDCS med lägre spänningsstyrkor (<2,0mA) skiljer sig från andra stimuleringsmetoder såsom TMS, transcranial magnetic stimulation, och TES, transcranial electric stimulation, genom att inte direkt påverka avfyringen av aktionspotentialen i neuronerna utan endast depolarisera/hyperpolarisera vilopotentialen i cellmembranen så att de närmar sig gränsvärdet för avfyrning (Nitsche, 2008).

Francis et al. (2003), visade i en studie på råttor, att svaga elektriska strömmar kräver en intensitet på 150 mV/mm för att det ska resultera i avfyrning av aktionspotentialen medan Miranda et al. (2006) kunde visa att 1,0mA av tDCS leder till ca 110mV/mm. En stimulering på 2,0 mA skulle enligt Zaehle, Rach och Herrmannz (2010) innebära en depolarisering av neuronerna som troligen leder till en avfyrning vilket innebär att 1,5 mA skulle leda till stimulering i närheten av gränsvärdena för neuronavfyrning.

Ett annat område som studerats för att visa på effekterna av tDCS är kortikala oscillationer vilket innebär att man, med hjälp av EEG, mäter den sammanvägda, koordinerade, elektriska aktiviteten vid ett specifikt kortikalt område (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2009). Studier har visat att denna aktivitets-koordination, uttryckt genom amplitud av frekvenser, kunnat knytas till aktiviteten hos en viss kognitiv förmåga (Klimesch, 1999). En studie har exempelvis visat att frekvensen av delta och theta-vågor ökar under den katodala elektroden medan de minskar under den anodala (Ardolino, Bossi & Priori, 2005). Minskning av exempelvis theta-vågor har knutits till en ökning av den kognitiva aktiviteten i det underliggande området (Jacobson et al., 2012).

tDCS som behandling. tDCS har undersökts som behandlingsmetod sedan flera årtionden tillbaka och har sedan starten visat positiva resultat gällande kognitiva förbättringar för flera olika neurologiska/neuropsykiatriska sjukdomar såsom allvarlig depression (Boggio et al., 2008) och schizofreni (Andrade, 2013) men även andra problematiska tillstånd såsom tinnitus (Fregni et al., 2006). Flera studier har också visat positiva resultat gällande påverkan av generella kognitiva områden såsom arbetsminne (Hoy et al., 2013), långtidsminne (Javadi & Cheng, 2013)

och uppmärksamhetsförmåga (Ditye, Jacobson, Walsh & Lavidor, 2012). Flera studier har inriktat sig på att påverka arbetsminne och har då anodalt stimulerat området i det vänstra prefrontala kortex (Fregni et al., 2005; Andrews, 2011), område F4 enligt det internationella 10-20 EEG-systemet. Frågan om hur stimulering av tDCS på de underliggande kortikala områdena långsiktigt påverkas har undersökts av Nitsche och Paulus (2000) som kunde visa att de långsiktiga effekterna av tDCS främst är beroende av duration och intensitet i stimuleringen.

Medan korttidseffekter av tDCS tros bero på icke-synaptiska mekanismer som uppkommer på grund av depolarisering av membranpotentialer (Nitsche et al., 2003) tänker sig Liebetanz et al. (2002) att långtidseffekterna av en stimulering beror på NMDA-mekanismer. NMDA-mekanismen fungerar i likhet med funktionerna long-term-potential (LTP) och long-term-depression (LTD) och innebär att det istället sker en långsiktig plastisk förändring till skillnad från den kortsiktiga förändringen av membranpotentialen.

Elektroplacering. En viktig parameter utöver duration och intensitet i stimuleringen är placeringen av elektroderna. Ditye et al. (2012) har visat att stimulering med tDCS, 4 dagar i rad, med 1.5mA i spänningsstyrka och 15 min duration, tillsammans med träning på en go/no-go-task leder till signifikant bättre resultat än motsvarande träning utan stimulering. I den aktuella experimentsituationen användes en elektroplacering i enlighet med studien av Ditye et al. (2012). Anodal stimuleringen gavs över området right inferior frontal gyrus (rIFG) då stimulering av detta område tidigare har visats ge en ökad förmåga till inhibering av beteende (Jacobson et al., 2012; Juan & Muggleton, 2012) samt att området har visats ha en koppling till problem med inhibering av impulser (Monden, et al., 2012; Aron & Poldrack, 2005).

Säkerhet. Flera studier har inriktats på att undersöka bieffekter samt oönskade upplevelser under administrerandet av tDCS (Kessler, Turkeltaub, Benson & Hamilton, 2012; Nitsche et al., 2008). En metastudie publicerad 2012 sammanställde resultatet från mätningar på 131 friska personer under sammanlagt 277 tDCS-sessioner och konkluderade att inga allvarliga effekter av behandling med tDCS kunde konstateras (Kessler et al., 2012). En stor andel av personerna (76%) rapporterade en stickande känsla medan 25 procent kände smärta. Forskarna lät också personerna bedöma hur starkt det rapporterade obehaget kändes. Mindre än två procent rapporterade en 3:a på den tregradiga skalan, där ”3” var starkast obehag, gällande alla frågor utom stickande känsla (15%), kliande känsla (20%), brännande känsla (7%), smärta (5%) och utmattning (3%). En annan studie mätte neuron-specifik enolase (NSE), en markör för neuronala

skador, och kunde inte hitta några förändringar i NSE-nivåer efter en tDC-stimulering i 13min med 1.0mA i intensitet (Nitsche & Paulus, 2001). Vid ett dokumenterat fall drabbades en testdeltagare av ett maniskt skov efter stimulering och vid ytterligare ett tillfälle fick en deltagare ett brännmärke i huden under elektroden (Palm, 2009).

Brus

Auditivt brus (eng. noise) kan beskrivas som ett randomiserat ljud liknande ljudfenomenet myrornas krig i en analog tv-apparat då sändningen upphört. Brus kan konstrueras på olika sätt gällande ljudstyrka och mellan vilka frekvenser ljudet randomiseras. De olika sorters brus som finns kategoriseras utefter färg, exempelvis vitt, brunt eller rosa beroende på hur ljudstyrkan fördelas över ljudfrekvens-bandet. Vitt brus har exempelvis en konstant ljudstyrka över hela frekvensbandet vilket innebär att det är samma ljudstyrka, mätt i dB, mellan 20-40Hz som mellan 400 och 420hZ.

För att beskriva hur brus kan påverka hur ett system fungerar bör man ha en förståelse för hur mekanismer som kräver överträddandet av ett gränsvärde aktiveras (Söderlund, Sikström & Smart, 2007). Det neuronala systemet i vår hjärna är ett exempel på ett system där gränsvärdesmekanismer är vanligt förekommande. Det är först när dendritträden, som är kopplade till neuronets kärna, skickar tillräckligt många impulser samtidigt, och därmed överskrider gränsvärdet för cellen, som axonen kan fyra av och därmed kommunicera med andra celler i det neuronala nätverket (Gazzaniga, et al., 2009).

Sikström et al. (2007) föreslår i sin artikel att det är det dopaminerga systemet som hos personer med låg uppmärksamhet har en lägre aktivitet och att brus därför skulle kunna ha en gynnsam effekt på denna grupp. Man brukar dela in avfyrning av dopamin i tonisk och fasisk avfyrning och det är den toniska avfyrningen, den dopaminutsöndring som sker oavsett om nervsystemet detekterar något stimulus eller inte, som visat sig vara mindre aktiv hos personer med låg uppmärksamhet. Fasisk dopamin-avfyrning sker istället när ett neuron fyra av i anslutning till ett detekterat stimulus och då den toniska dopamin-nivån konstaterats reglera stabiliteten på den fasiska avfyrningen resonerar författarna att en uppreglering av den toniska nivån skulle hjälpa det dopaminerga systemet att stabilisera sig (Sikström et al., 2007). Genom att tillföra brus till systemet så tänker sig författarna att den toniska nivån av dopamin kommer att öka vilket i sin tur leder till att avfyrningen av neuronerna vid stimuli, den fasiska dopamin-avfyrningen, blir mindre reaktivt och mer stabilt. Följden blir att det för personen med låg

uppmärksamhet blir lättare att koncentrera sig och hålla uppmärksamheten på uppgiften framför sig. Teorin kallas för moderate brain arousal model (MBA) och använder sig av SR-teorin.

Brus som behandling. När det gäller vitt brus som använts i behandlande syfte så har de tre studier som gjorts varit inriktade på personer med låg uppmärksamhetsförmåga.

Den första studie som uppmärksammade möjligheten att med hjälp av vitt brus öka uppmärksamheten hos personer ADHD genomfördes av Söderlund et al. (2007). Författarna fokuserade i studien på att förändra minneskapaciteten hos barn med ADHD genom att administrera vitt brus under tiden som barnen fick verb och substantiv upplästa för sig i meningar. Barnen fick under hälften av meningarna agera ut dem, till exempel köra bilen, och i den andra hälften av meningarna ombads de bara att försöka minnas orden. Resultatet av studien visade att barnen med ADHD hade lättare att minnas de meningar som agerades ut när brus administrerades samtidigt men att ingen skillnad hittades när meningarna bara skulle komma ihåg. Brus påverkade inte kontrollgruppen gällande de utagerade meningarna men försämrade resultatet på de meningar som endast skulle komma ihåg (Söderlund et al., 2007).

År 2009 följdes studien upp i syfte att undersöka en icke-klinisk population och där författarna, baserat på en post hoc indelning av deltagarna i hög eller låg uppmärksamhet undersökte hur deltagarna presterade på en dikotisk lyssningsuppgift. Deltagarna fick olika stimuli i olika öron och sedan undersökte författarna om deltagarna kunde komma ihåg ord som lästes upp i något av öronen. Deltagarna fick, samtidigt som orden lästes upp, vitt brus i ett av fyra lägen (tyst till 78dB) administrerat i hörlurarna. Både den lågpresterande och den högpresterande gruppen ökade sin prestationsnivå när brus var närvarande (Söderlund, Marklund & Lacerda, 2009). I samma studie, och med samma uppdelning på hög och lågpresterande individer, fick deltagarna i uppgift att försöka minnas en sekvens av röda prickar som dök upp i en rutmatris. Resultatet visade att den lågpresterande gruppen hade en bättre förmåga att minnas kombinationerna när brus var närvarande under både inkodning och återkallning men att den högpresterande gruppen istället fick ett sämre resultat med brus närvarande.

År 2010 gjordes ytterligare en uppföljning och denna gång delades deltagarna, barn utan diagnosen ADHD, in i grupperna "högt uppmärksamma" och "lågt uppmärksamma" baserat på lärarskattningar (Söderlund et al., 2010). Barnens uppgift var att försöka minnas meningar med verb och substantiv utan betingelse och med betingelsen brus. Författarna fann att barnen i gruppen "lågt uppmärksamma" presterade bättre när de administrerades brus medan gruppen

“högt uppmärksamma” presterade sämre (Söderlund et al., 2010).

Vad bidrar studien med?

Tidigare forskning har funnit en interaktion mellan brus och uppmärksamhet (Söderlund et al., 2009), men har inte tidigare undersökt interaktionen mellan uppmärksamhet och tDCS. Studien adresserar frågan om i vilken utsträckning teknikerna, vitt brus och tDCS, kan påverka uppmärksamheten och/eller arbetsminnet för personer ur normalpopulationen. Jämfört med tidigare studier där tDCS (Dybie et al., 2012) och vitt brus (Söderlund et al., 2009) använts är studiens syfte att undersöka hur stimulering av uppmärksamhet påverkar resultatet på uppmärksamhetstest och i kombination med det även undersöka påverkan på arbetsminnet. I studien görs också en analys av i vilken utsträckning uppmärksamhet och arbetsminne påverkas av betingelserna i förhållande till graden av uppmärksamhet, mätt genom Snapscore-IV, hos försökspersonerna.

Syfte

Studiens syfte var att kvantitativt undersöka om vitt brus i öronen och tDCS placerat över rIFG kunde förbättra förmågan till uppmärksamhet, och/eller arbetsminne, hos personer ur normalpopulationen. Studiens syfte var också att undersöka i vilken utsträckning samma betingelser påverkar försökspersonerna i förhållande till deras förmåga till uppmärksamhet.

Frågeställning

“I vilken utsträckning förbättras uppmärksamheten och/eller arbetsminnet för individer ur normalpopulationen av, separat administrerat, a) vitt brus eller b) tDCS samt; hur ser sambandet ut mellan graden av uppmärksamhet och påverkan av de olika betingelserna?”

Hypoteser

a1. Vitt brus förväntas inte förändra uppmärksamhet och arbetsminne, signifikant för experimentgruppen.

a2. Det kommer att finnas ett samband mellan grad av uppmärksamhet, mätt med Snapscore-IV, och förbättring av uppmärksamhet och arbetsminne genom stimulering med vitt brus.

b1. Genom stimulering av rIFG med tDCS förbättras uppmärksamhet och arbetsminne, signifikant för experimentgruppen.

b2. Det kommer att finnas ett samband mellan grad av uppmärksamhet, mätt med Snapscore-IV, och förbättring av uppmärksamhet och arbetsminne genom stimulering av rIFG

med tDCS.

METOD

Deltagare och rekrytering

I studien testades totalt 20 personer. Deltagarna varierade i ålder mellan 18 och 36 år och medelåldern var 26,75 år. Av de 20 deltagarna var åtta kvinnor.

Deltagarna rekryterades genom annonsering på anslagstavlor och genom aviseringar på sociala medier.

Intresserade individer fick genom ett webbaserat intresseformulär fylla i sina kontaktuppgifter och fick där ett antal frågor gällande exklusionskriterier. De valda exklusionskriterierna var syn- och hörselnedsättningar utan kompensatoriska hjälpmedel (glasögon och hörapparat), graviditet, aktivt missbruk av alkohol eller narkotika, konstaterad epilepsi, vid diagnosen borderline, hjärtproblem och förekomsten av metall- eller elektriska implantat.

Samtliga deltagare blev vid första testtillfället informerade om studiens grundläggande syfte och fick en kort beskrivning av teknikerna, deras eventuella bieffekter, samt blev ombudda att underteckna ett samtyckesformulär (se bilaga 1).

Deltagarna rekryterades och testades löpande. En utbalansering genomfördes också där betingelsen med vilken deltagarna testades första gången randomiserades, så kallad ”counterbalancing”. Deltagarna erhöll efter genomförd testning en biobiljett som kompensation för medverkan i studien.

Design

Till studiens primära syfte, att bedöma betingelsernas påverkan på personer ur normalpopulationen, användes en inom-individs design (1x3) där en grupp ur normalpopulationen undersöktes under tiden betingelserna (ingen betingelse, tDCS, brus) administrerades.

I studien användes också en korrelationsanalys för att specifikt undersöka hur uppmärksamhetsnivå korrelerade med förändringar i resultatet på de kognitiva testerna med hjälp av teknikerna brus och tDCS.

Instrument för kategorisering av uppmärksamhet

Snapscore-IV. Snapscore-IV är ett självskattningsformulär som syftar till att diagnostisera ADHD och ADD. Testets frågor flyttades för studiens syfte över till en webbenkät innehållande nio påståenden som hade syftet att bedöma deltagarnas uppmärksamhetsnivå. Snapscore-IV används kliniskt för att diagnostisera personer med ADHD/ADD och innehåller som standard 18 påståenden där nio av påståendena syftar till att bedöma hyperaktivitet och nio frågor som är inriktade mot bedömning av uppmärksamhetsnivån. Då en av studiens inriktningar var att undersöka hur tDCS och brus påverkar personer med olika uppmärksamhetsnivåer så användes endast de påståenden som var ämnade att bedöma uppmärksamhetsnivå. De nio påståenden, i testet benämnt som delskala "attention", finns översatta från den engelska utgåvan till svenska och det var dessa påståenden som deltagarna blev ombudda att svara på.

Kognitiva test

Två kognitiva test användes för att mäta uppmärksamhetsförmåga och arbetsminne hos deltagarna. Testen administrerades via en bärbar dator med en separat mus kopplad till sig.

Uppmärksamhet. Gällande uppmärksamhetsförmåga användes ett go/no-go-test där testpersonen på skärmen fick instruktioner om att klicka på en figur så snabbt som möjligt när personen såg en grön ifylld cirkel utan mönster på skärmen. Om den gröna cirkeln var mönstrad skulle personen inte trycka på knappen. Deltagaren fick 100 stimuli presenterat för sig och testet tog ca sju till tio minuter att genomföra. Antal rätt svar samt genomsnittlig reaktionstid registrerades för varje enskild deltagare.

Arbetsminne. För att mäta arbetsminne användes ett n-back-test (2-back). I den variant som användes i experimentet skulle deltagaren klicka på musknappen när det dyker upp ett stimulus som var det samma som det stimulus som presenterades två stimuli tillbaka i serien. Deltagaren fick totalt sett se 100 stycken stimuli under testillfället. Antal rätt svar samt reaktionstid registrerades för varje enskild deltagare.

Stimuleringsprotokoll

tDCS. Svag ström skickades genom två ytelektroder med måtten 3x4cm som fästes mot skalpen. Utrustningen som användes för att applicera strömmen kom från en batteridrivna tDCS-utrustning från företaget foc.us. Utrustningen har olika inställningslägen som innebär att den kan pulsera strömmen på olika sätt med en max-spänning på 2,0mA (<http://www.foc.us>). Inställningsläget som användes i studien var en konstant ström på 1,5mA vilket innebär att

spänningen ökas under cirka sju sekunder upp till det inställda värdet och avslutades 15 minuter senare genom att applikationen minskade strömmen gradvis ner till 0mA. 1,5mA har i flera studier visat sig vara en optimal spänningsstyrka i syfte att öka excitation i de områden som stimuleras. (Hsu et al., 2011; Jacobsson, 2012). Spänningsstyrkan och durationen av stimuleringen har utvärderats och bedömts säkra i flera studier (Kessler et al., 2012; Poreisz, 2007).

Placeringen av elektroderna har i flera studier också visat sig ha en viktig inverkan på resultatet av aktiveringen. I experimentet användes en placering av den anodala elektroden över right inferior frontal gyrus, rIFG som enligt det internationella 10-20 systemet för placering av elektroder på skalpen motsvarar området mellan F4, F8, C4 och T4, och den katodala elektroden kontralateralt, på område IOFC, Fp1 enligt det internationella 10-20 systemet.

Brus. Deltagaren fick instruktioner om att sätta på sig hörlurar av modell in-ear av märket Apple och fick sedan lyssna på bruset under en kort stund för att få en uppfattning av ljudstyrkan. Bruset kom från en iPhone-app, Smartnoise (<http://www.smartnoise.se>), som är utvecklad av prof. Sverker Sikström och dr. Göran Söderlund. Det brus som spelades upp var av typen vitt och hade en konstant ljudstyrka. Brusets ljudnivå fixerades i Smartnoise-appen, men kunde också uppmätas med Arbetmiljöverkets framtagna applikation för bullermätning, "Buller", till 78dB. Totalt fem mätningar med olika hörlurspar gjordes och samtliga mätningar indikerade en ljudnivå runt 78dB (+/- 2dB).

Experimentförfarande

Introduktion till testning. Varje deltagare testades med minst tre dagar emellan de båda testtillfällena i syfte att säkerställa att tDCS, om det var den första betingelsen i ordningen, inte skulle påverka nästkommande testningsresultat (Kuo, Paulus, & Nitsche, 2014).

Deltagaren fick först instruktioner om hur lång tid testningen skulle ta samt att detta var det första av totalt två testtillfällen. Varje test i experimentet introducerades i förväg och försökspersonen fick instruktionerna om hur testet gick till samt ungefär hur lång tid testningen skulle ta strax innan det påbörjades (se bilaga 2 för tDCS-administrering och bilaga 3 för testinstruktioner). Testens instruktioner administrerades på ett så, mellan deltagarna, homogent sätt som möjligt med hjälp av ett manus och deltagarna genomförde testen enskilt med undantag för testledaren som också satt i rummet. Testningen genomfördes i ett tyst rum där deltagaren satt under hela testförfarandet.

Baslinjemätning - tDCS och brus. När deltagarna kom till testtillfället fick de först genomföra go/no-go-testet (100 stimuli) och därefter n-back (2-back, totalt 100 stimuli) utan stimulering. Därefter administrerades antingen tDCS eller brus.

Experimentdel – tDCS. Vid administreringen av tDCS, fick deltagarna information om att de kunde förvänta sig en stickande känsla under elektroderna men att detta inte skulle hålla i sig efter att strömmen slagits av. Varje deltagares huvud mättes också för att elektroderna skulle kunna placeras på ett korrekt sätt i enlighet med det internationella 10-20 systemet för placering av elektroder på skalpen. I denna del av experimentet aktiverades utrustningen och strömmen flödade med en styrka av 1,5mA och var aktiv under 1 minut innan den kognitiva testningen påbörjades i syfte att vänja personen vid sensationen av den flödande strömmen. Strömmen var sedan aktiv under en period av 15 minuter under tiden som n-back och go/no-go-testet administrerades. Om testpersonen hann genomföra testningen innan den förinställda aktiveringen av utrustningen upphört fick stimuleringen pågå tills programmet var klart. Detta för att undvika sk fosfener, en snabb ljussensation som upplevs av hjärnan trots att något ljus inte skickats till ögat, till följd av ett plötsligt fall i spänning över katoden som placerats över IOFC.

Experimentdel – Brus. Vid testtillfället då brus administrerades fick deltagarna först information om att bruset har en styrka av ca 80 decibel och att det ungefärligen motsvarar en dammsugare i ljudvolym. De administrerades sedan brus i hörlurarna med hjälp av appen Smart noise och fick sedan göra go/no-go-testet (100 stimuli) samt n-back (2-back, totalt 100 stimuli).

Beräkningar och statistik

De statistiska analyserna genomfördes i IBM SPSS Statistics version 22. Då två förtest gjordes utan stimulering slogs dessa ihop och dividerades med två för att få fram en total baslinjemätning. Analyserna utfördes av personer som inte var blinda för experimentgrupperna eller för syftet med experimentet.

Resultat

Gällande personer ur normalpopulationen (N=20) undersöktes skillnaden i resultat mellan de tre olika betingelserna i de två olika testen. För detta test användes ANOVA för upprepade mätningar. De tre betingelserna var: ingen stimulering, tDCS och brus. Data uppvisade sfäriskhet, den jämförda variansen mellan mättillfällena, vilket innebär att varianserna var homogena.

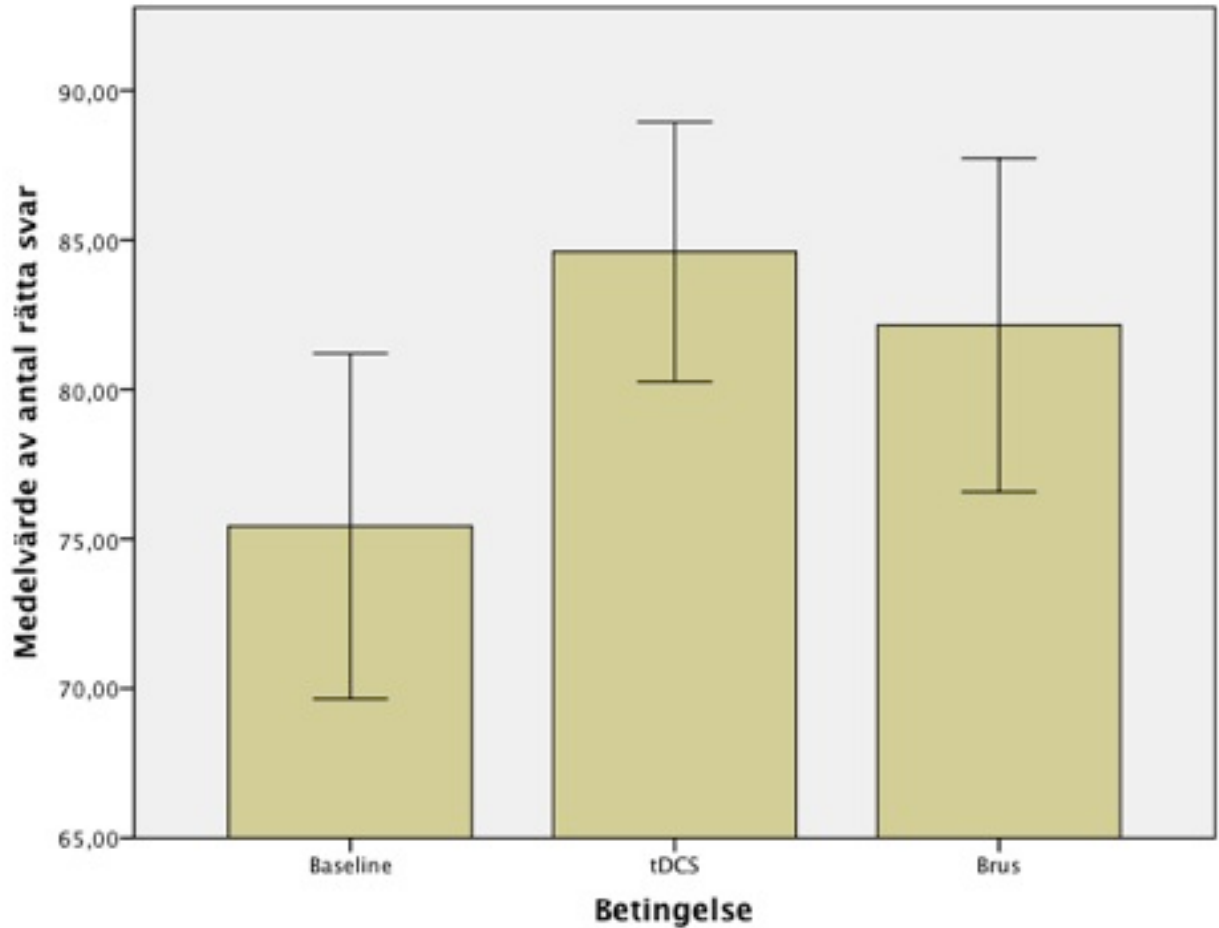
Uppmärksamhet (go/no-go)

Rätta svar. Resultatet visade ingen signifikans mellan betingelserna $F(2,38)=0,84$; $P = 0,44$; $\eta^2 = 0,042$. Poängfördelningen var $M=98,07$, $SD=2,27$, median=99, maxpoäng=100.

Reaktionstider. ANOVA visade ingen signifikant skillnad mellan de tre betingelser $F(2,38) = 1,37$; $p = 0,27$; $\eta^2 = 0,067$. Det fanns ej heller någon signifikant skillnad mellan betingelserna tDCS och brus ($p > 0,05$).

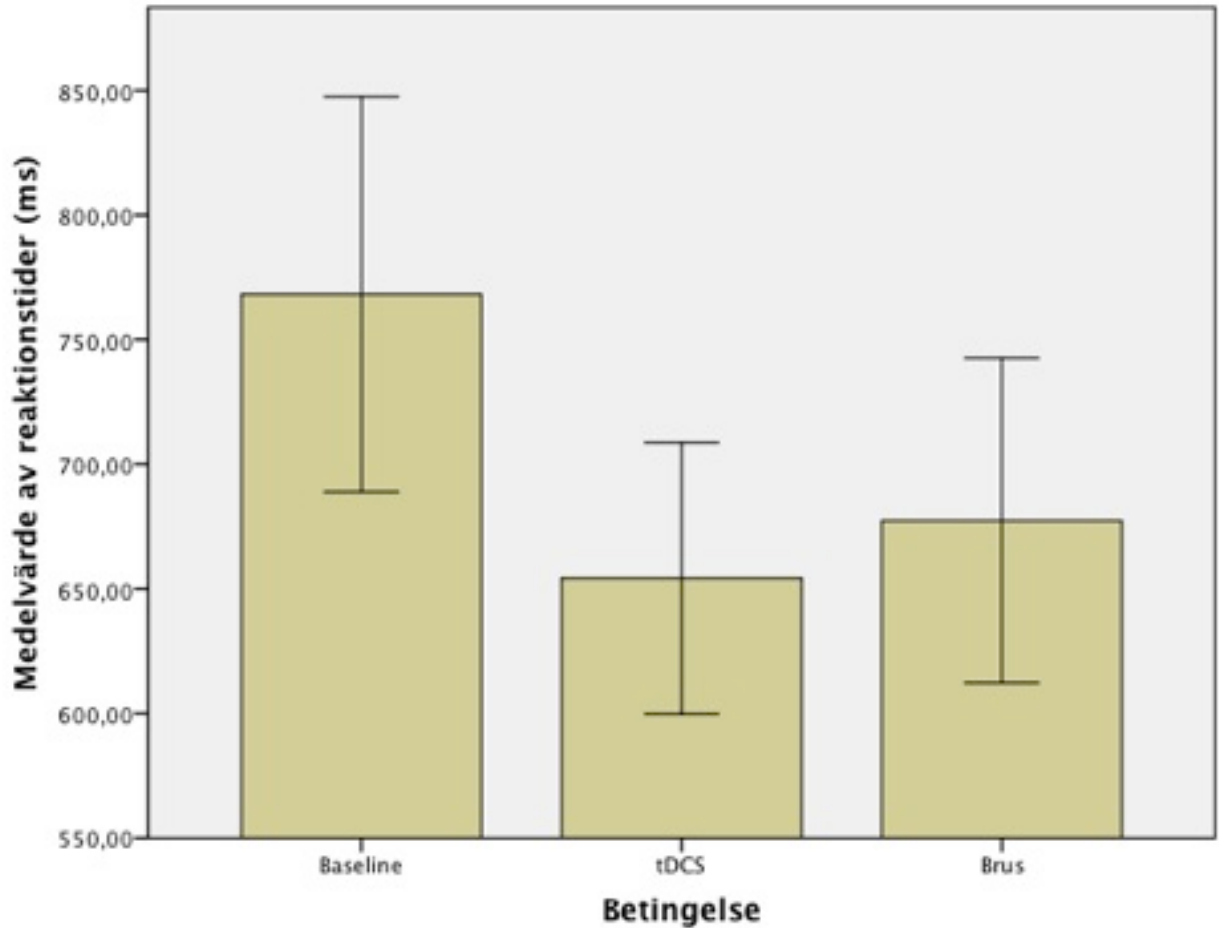
Arbetsminne (n-back)

Rätta svar. ANOVA visade en signifikant skillnad mellan de tre betingelser $F(2,38)=6,91$; $P = 0,003$; $\eta^2 = 0,27$. Bonferroni post hoc test visade att personer stimulerade med tDCS ($M = 84,60$, $SD = 9,28$) och brus ($M = 82,15$, $SD = 11,92$) fick ett signifikant högre resultat ($p < 0,05$) jämfört med ingen stimulering ($M=75,43$, $SD = 12,35$). Maxpoängen var 100. Vidare tyder effektstorleken på stor effekt (partial eta squared = .27). Se Figur 2.



Figur 2. Medelvärde av antal rätt svar i testet n-back med olika betingelser (1 SD), maxpoäng = 100.

Reaktionstider. ANOVA visade en signifikant skillnad mellan de tre betingelser $F(2,38)=8,59$; $P = 0,001$; $\eta^2 = 0,31$. Bonferroni post hoc test visade att personer stimulerade med tDCS ($M = 654,23$, $SD = 116,38$) och brus ($M = 677,39$, $SD = 139,30$) fick ett signifikant lägre ($p < 0,05$) resultat jämfört med ingen stimulering ($M=768,15$, $SD = 169,39$). Däremot fanns det ej någon signifikant skillnad mellan betingelserna tDCS och brus ($p > 0,05$). Effektstorleken tyder på stor effekt (partial eta squared = .31). Se Figur 3.



Figur 3. Medelvärde av reaktionstider för svar i testet n-back med olika betingelser (1 SD).

Snapscore-IV

Samtliga deltagare fick fylla i självskattningsformuläret Snapscore-IV. Det maximala antalet poäng på testet, vilket innebär svår uppmärksamhetsproblematik, är 27 poäng. Medelvärdet för testpersonerna i experimentgruppen var 7,3 (SD = 6,08) och medianen 6.

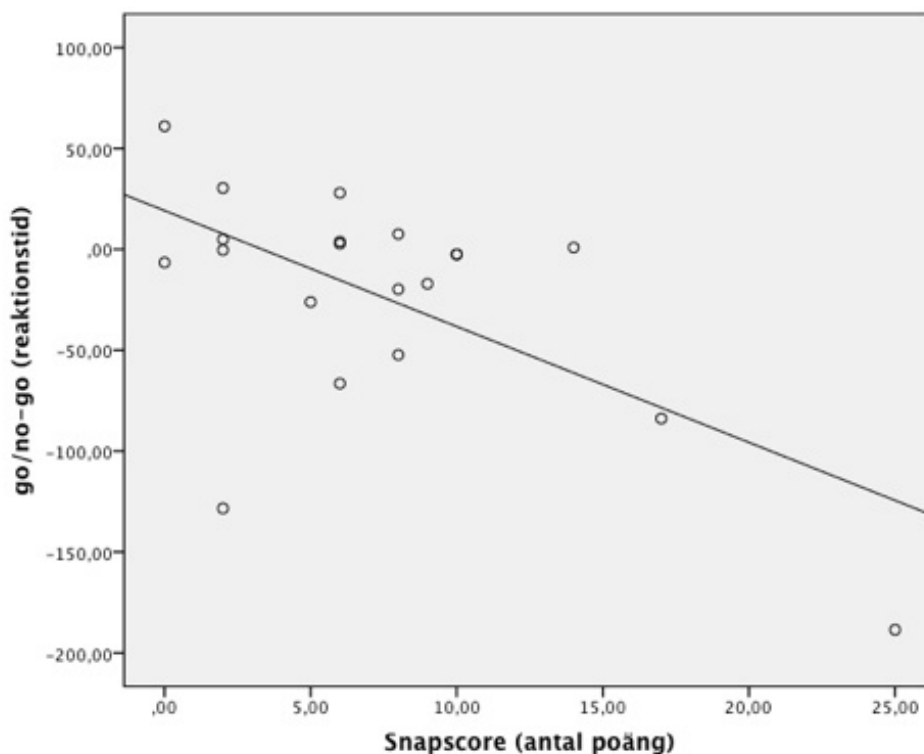
Korrelationsanalys mellan testbetingelser och uppmärksamhetsnivå

En korrelationsanalys genomfördes för att undersöka hur uppmärksamhetsnivå, mätt genom självskattningsformuläret SnapScore-IV, korrelerade med betingelse och test. Analysen gav två signifikanta korrelationer (Pearsons r) för “Ingen stimulering jämfört med tDCS” vid go/no-go (reaktionstid) $r=0,607$, $p<0,01$ och “Ingen stimulering jämfört med Brus” vid go/no-go (reaktionstid) $r=0,414$, $p<0,05$. Se Tabell 1, Figur 4 och Figur 5.

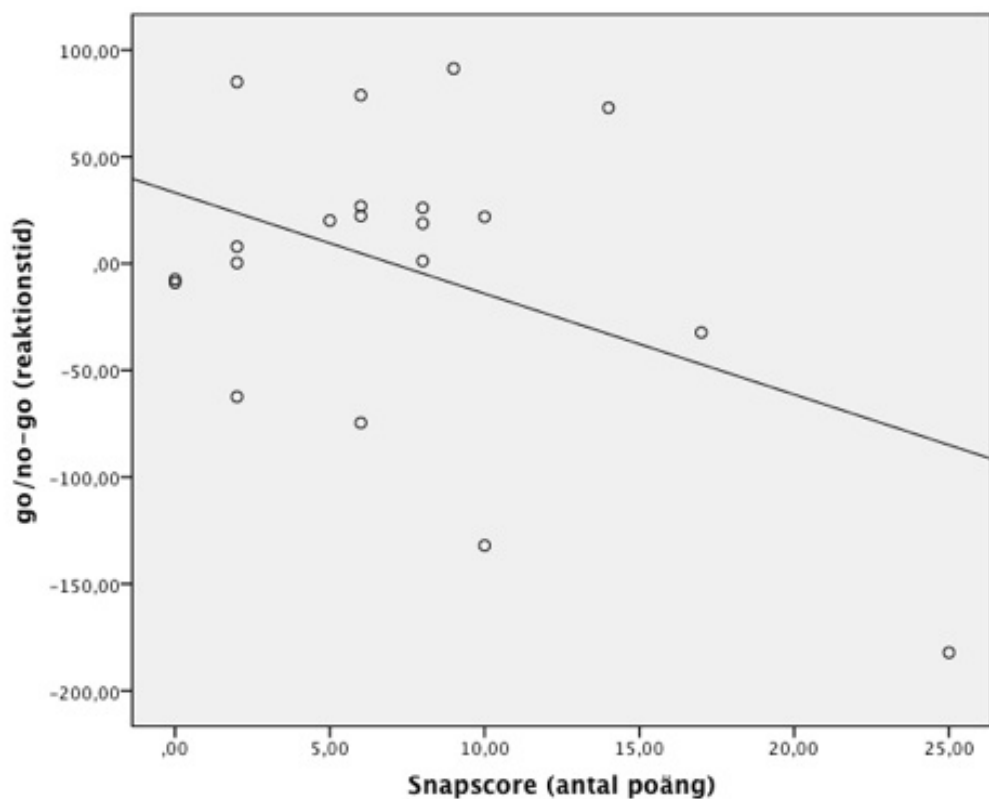
Tabell 1. Differensen mellan testresultaten mellan olika betingelser korrelerat med graden av uppmärksamhet (mätt med SnapScore-IV)

Jämförda betingelser	Genomfört test och variabel	Korrelation med Snapscore
Ingen stimulering-tDCS	go/no-go (antal rätt svar)	-0,078
Ingen stimulering-Brus	go/no-go (antal rätt svar)	-0,344
Ingen stimulering-tDCS	go/no-go (reaktionstid)	-0,607**
Ingen stimulering-Brus	go/no-go (reaktionstid)	-0,414*
Ingen stimulering-tDCS	n-back (antal rätt svar)	-0,167
Ingen stimulering-Brus	n-back (antal rätt svar)	-0,176
Ingen stimulering-tDCS	n-back (reaktionstid)	0,168
Ingen stimulering-Brus	n-back (reaktionstid)	0,112
Ingen stimulering-tDCS	n-back (reaktionstid)	0,168

**p<.01, *p<.05



Figur 4. Diagrammet visar sambandet mellan differensen av betingelserna ingen stimulering och tDCS och Snapscore-resultatet för deltagarna. $R^2 = 0,369$



Figur 5. Diagrammet visar sambandet mellan differensen av betingelserna ingen stimulering och brus och Snapscore-resultatet för deltagarna. $R^2 = 0,171$

Diskussion

Studiens syfte var att undersöka om, och i så fall i vilken utsträckning, tDCS och auditivt vitt brus påverkade uppmärksamheten hos personer ur normalpopulation samt hur sambandet ser ut mellan graden av uppmärksamhet och påverkan av de olika betingelserna. Experimentgruppen fick genomföra två kognitiva test för att mäta uppmärksamhetsförmåga samt arbetsminnesförmåga.

Test av experimentgruppen

Uppmärksamhet. Utifrån resultaten från go/no-go-testet fann författarna inga signifikanta resultat för experimentgruppen gällande jämförelser mellan betingelserna. Detta gällde varken resultat eller reaktionstid. Då resultatet från go/no-go-testet gällande antal rätta svar tydde på en tydlig takeffekt kan man misstänka att testet var för lätt att genomföra för den population som deltog i studien och detta resultat blir därför inte relevant att utgå ifrån.

Stickprovet inhämtades vidare i en studenttät stad, vilket kan innebära en skev population bestående av en större del uppmärksamhetsmässigt högpresterande än i normalpopulationen. Vid replikeringen av studien skulle med fördel en annan typ av test med mer krävande utformning, exempelvis d2 - test of attention (<http://www.hogrefe.se/Klinisk-psykologi/Neuropsykologi-och-minne/d2-Test-of-Attention/>), kunna väljas för att säkerställa att en takeffekt inte nås igen. En motsvarande golfeffekt kan även ses gällande reaktionstider i den i studien använda go/no-go-testet. Om testet är för enkelt kan deltagarna till fullo fokusera på att klicka snabbt och det blir svårt att pressa tiderna från ett redan, reaktionstidsmässigt, optimerat resultat. Författarna kan dock konstatera att det i korrelationsanalysen framkom en statistiskt signifikant, linjär, större påverkan gällande både tDCS och brus i takt med att uppmärksamheten skattades som lägre av deltagarna. Av det drar författarna slutsatsen att tDCS och brus, var för sig, har en större påverkan på en person med låg uppmärksamhet än hos en person som inte hade någon skattad problematik gällande uppmärksamhet.

Arbetsminne - tDCS. Resultatet för arbetsminnestestet förbättrades signifikant på gruppnivå, mätt med testet n-back, både gällande parametern antal rätta svar och reaktionstid. Då tidigare forskning (till exempel Ditye et al., 2012) endast kunnat visa hur prestationsnivån på en stop-signal-task har påverkats av stimulering av rIFG, som är det kortikala målet i denna studie, är det svårt att uttala sig om det är rimligt att resultatet står i proportion till stimuleringsprotokollet som genomfördes. För att bekräfta rationalen från exempelvis Barkley (1997), där en ökning av uppmärksamhetsnivån även skulle påverka arbetsminnesnivån positivt, hade det krävts ett statistiskt signifikant resultat på testet ämnat att mäta uppmärksamhet. Då detta test inte kunde visa några signifikanta resultat varken på rätta svar eller reaktionstider så blir det svårt att göra det. Då det under dataanalysen framkommit att det för go/no-go-testet finns en betydande takeffekt gällande framförallt rätta svar men även reaktionstider kan författarna inte heller, med säkerhet, konstatera att ursprungsrationalen till att stimulera rIFG i syfte att stärka uppmärksamhet och därmed också påverka arbetsminnet skulle vara felaktig. Skulle en utveckling av studien göras vore det av värde att undersöka möjligheten till ett nytt sätt att mäta uppmärksamhet.

Arbetsminne - Brus. Analysen visade att brus signifikant hjälper personer ur normalpopulationen att arbeta med arbetsminnet. Resultatet kunde ses både i antal rätta svar och i reaktionstider. Då Söderlund et al. (2010) predicerar att personer med normal

uppmärksamhetsförmåga skulle bli störda och därmed prestera sämre under stimulering av brus innebär det att studien antingen fallerat i att replikera stimuleringsprotokollet som Söderlund et al. (2007; Söderlund et al., 2009; Söderlund et al., 2010) använder sig av eller så fungerar brus annorlunda än vad dessa forskare beskriver i de respektive artiklarna. Gällande korrekt replikering av stimuleringsprotokollet kan sägas att denna studie inriktat sig på uppmärksamhet i kombination med arbetsminne och har använt andra typer av test för att mäta dessa två kognitiva områden än Söderlund et al. (2007; Söderlund et al., 2009; Söderlund et al., 2010). Där Söderlund et al. (2007) använde sig av ordpar som skulle upprepas och stimulering ägde rum under själva inkodningen men inte under framplockningen kom deltagaren i denna studie att få stimuleringen under både inkodning och framplockning. Denna skillnad i metoddesign, i kombination med skillnaden av test, är sammantaget några parametrar som kan ha påverkat det faktum att resultaten för brus inte överensstämmer med varandra.

Outliers

Testpersonerna skattade sig övervägande lågt (hög uppmärksamhet) i Snapscore, vilket var väntat då Snapscore i sig har en skev fördelning där ca 70 procent av resultaten i normalpopulationen skattar sig under två poäng. En statistisk outlier-analys av resultatet, både av testerna under de olika betingelserna och av skillnaderna i förhållande till Snapscore-resultatet, blir därför ej meningsfull att genomföra då outlier-data, i detta förhållandevis mindre urval, med stor sannolikhet kommer att indikera outliers. Detta beror på att majoriteten av deltagarnas resultat kommer att klustras runt medianvärdet medan några deltagare med en lägre uppmärksamhetsnivå, enligt Snapscore, kommer att få avvikande resultat. Författarna kan därför inte, i det aktuella urvalet, göra en meningsfull statistisk outlier-analys. Det finns dock, efter en genomgång av resultatet för de individuella försökspersonerna samt en närvaro under testförfarandet, ingen anledning att misstänka att några mätfel har begåtts. Testerna är mycket enkla i sin utformning och det föreligger därför heller inte något utrymme för misstolkningar av testinstruktionerna från deltagarnas sida.

Jämförelser mellan betingelser korrelerat med uppmärksamhetsnivå

Korrelationsanalysen som gjordes mellan testbetingelserna och uppmärksamhetsnivån hade som syfte att undersöka hur uppmärksamhetsnivå samvarierar med resultatskillnader av betingelserna med stöd i 2SR-teorin. Resultaten visade att reaktionstiden i uppmärksamhetstestet go/no-go påverkades av i vilken utsträckning personen skattade sin uppmärksamhet. Påverkan

gällde både brus och tDCS, vilket innebär att uppmärksamhetsnivå kan sägas predicera i hur hög utsträckning testpersonen har nytta av de olika teknikerna. I enlighet med 2SR-teorins prediktioner om gränsvärdessänkning gällande tDCS och ökning av variabilitet gällande brus så har teknikerna förbättrat resultatet mer för personer med låg uppmärksamhet än för personer med avsaknad av uppmärksamhetsproblematik.

Slutsats

Som beskrivits ovan fann författarna att individer i experimentgruppen fick ett signifikant förbättrat arbetsminnesresultat vid separat stimulering med tDCS och brus. Författarna kunde dock inte finna stöd för att uppmärksamhet, mätt genom go/no-go förbättrades. Således innebär detta att hypotes a1 och b1 kan besvaras med att vitt brus och tDCS förbättrar arbetsminne men inte uppmärksamhet signifikant för experimentgruppen.

Studien kunde bekräfta hypotesen att vitt brus och tDCS förbättrade uppmärksamheten, mätt i reaktionstid på go/no-go, i större utsträckning för individer som skattade sig lägre på uppmärksamhetsskalan. Gällande hypotes a2 och b2 fanns följaktligen ett signifikant samband mellan grad av uppmärksamhet, mätt genom Snapscore-IV och förbättring av uppmärksamhet, dock ej arbetsminne, genom stimulering tDCS och vitt brus. Då sambandet mellan grad av uppmärksamhet och den positiva effekten av både brus och tDCS, jämfört med ingen stimulering var signifikant gällande go/no-go reaktionstid, innebär det att det också finns stöd för att säga att 2SR-teorin lyckats predicera resultatet av de båda teknikernas påverkan på uppmärksamheten. Avslutningsvis kan författarna konstatera att både tDCS och brus har en god förutsättning att, efter ytterligare studier, agera komplement till dagens medicinering och psykopedagogisk behandling av personer med låg uppmärksamhetsförmåga men också ha en god inverkan på arbetsminnesförmågan hos personer på hela skalan gällande förmåga till uppmärksamhet.

Begränsningar i studien

Studien innehöll ett antal begränsningar som bör adresseras i det fall den skulle replikeras.

Det bör till att börja med påpekas att resultatet för majoriteten av deltagarna på go/no-go uppgiften låg i de höga 90 procent. Det innebär att man kan misstänka en takeffekt när det gäller antal rätta svar i detta test och att ett mer kognitivt krävande go/no-go test skulle behöva användas i en replikeringsstudie för att kunna göra analysen på antal rätta svar på ett meningsfullt sätt.

En annan begränsning var svårigheten med att veta om det var korrekta områden som stimulerades, som i fallet med tDCS. Placeringen av anod-elektroden gjordes genom mätningar av skallen enligt gängse standard men skulle i en framtida studie kunna kompletteras med förmätning genom EEG för att fastställa korrekt placering. Det gjordes heller inte kontroll av hänthet vilket skulle kunna påverka placeringen av det kortikala område författarna ville stimulera. Slutligen är det viktigt att poängtera att då Snapscore som test innebär att testpersonerna skattar sig själva kan det förekomma viss godtycklighet i svaren, till exempel en missuppfattning av frågor eller ovilja att skatta sig själv som mindre uppmärksam.

Potentiella felkällor

En potentiell felkälla som bör beaktas är det faktum att det vid brus men framförallt vid betingelsen tDCS kan ha funnits en betydande placebo-effekt som det ej kontrollerats för. En annan potentiell felkälla är risken att det vid de kognitiva testen funnits en inlärningseffekt då deltagarna vid ett 4 tillfällen fick testen administrerade för sig. En del av effekten plockades bort då betingelserna balanserades ut men det kan inte uteslutas att det skedde en förbättring av resultaten efter den första baslinjemätningen som kan ha påverkat skillnaden mellan betingelserna brus och tDCS i jämförelse med baslinjemätningarna.

En tredje potentiell felkälla kan ha varit att deltagarna inte haft möjlighet att vänja sig vid stimuleringen, framförallt stickningarna som tDCS-stimuleringen initialt medför, innan test påbörjades och därmed presterat sämre.

Etiska överväganden

I studien gjordes ett antal etiska överväganden gällande testproceduren och teknikerna för att minimera riskerna för skada och obehag. Detta gjordes bland annat genom exklusionskriterier vid rekrytering, samtal och kontakt med psykiatrin, tillgång till överläkare och granskat av institutionens etikkommitté. Testningarna var baserade på tidigare genomförda studier som använt samma typ av stimulering både med hänsyn till strömstyrka, elektrodplacering och duration gällande stimulering med tDCS samt ljudvolymen gällande brus-betingelsen. Inför testomgångarna säkerställde testledarna att testpersonen hade klart för sig att det när som helst gick att avbryta testningen utan att uppge särskild anledning och testledarna uppmanade även deltagarna att avbryta om något upplevdes smärtsamt eller obehagligt. De tre förutsättningarna för informerat, frivilligt samtycke i enlighet med etiska riktlinjer ansågs därmed vara uppfyllda (Øvreeide, 2003). Efter genomförd testning fördes resultaten anonymt in i ett kalkylblad där det

endast gick att avläsa råpoäng med ihopparat SnapScore-resultat.

Uppmärksamhetsnivåindelningen gjordes utifrån ett befintligt och vedertaget test (SnapScore) och endast delskalan "attention" användes och deltagarna fick inte ta del av sina SnapScore-resultat för att de inte skulle kunna självdiagnostisera sig. I en klinisk situation bör en samlad bedömning av delskalorna attentiveness och hyperactivity göras, tillsammans med en klinisk bedömning, för att kunna bedöma huruvida en person eventuellt skulle anses ha en ADHD/ADD-diagnos.

Förslag på vidare forskning

För framtida forskning anser författarna att det hade varit intressant att undersöka hur uppmärksamhet påverkas hos individer med diagnosen ADHD/ADD. Att utöka undersökningen till barn i skolåldern där teknikerna kan bidra till ökade prestationer hade varit ytterligare ett spännande område att utforska.

Det kan också vara av intresse att undersöka en annan elektrodplacering vid tDCS stimulering och använda en högre strömstyrka under längre tid för att eventuellt få tydligare effekter. Det kan i samma anda finnas en poäng med att titta på större elektroder och att använda EEG för att finna en så optimal elektrodplacering och duration som möjligt.

Slutligen kan det, utifrån resultaten, finnas ett större stöd för 2SR-teorin som synliggörs genom att kombinera vitt brus med tDCS. På så sätt påverkas både tröskelvärde och sättet det kan uppnås.

Referenser

- Andrade, C. (2013). Once- to twice-daily, 3-year domiciliary maintenance transcranial direct current stimulation for severe, disabling, clozapine-refractory continuous auditory hallucinations in schizophrenia. *Journal of ECT*, 29(3), 239-242.
- Andrews, C. S., Hoy, E. K., Enticott, G. P., Daskalakis, J. Z., & Fitzgerald, B. P. (2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimulation*, 4, 84-89.
- Ardolino, G., Bossi, B. & Priori, A. (2005). Non-synaptic mechanisms underlie the after-effects of cathodal transcutaneous direct current stimulation of the human brain. *Journal of Physiology*, 568(2), 653-663.
- Aron, A. R., & Poldrack, R. A. (2005), The cognitive neuroscience of response inhibition: Relevance for genetic research in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry* 57, 1285-1292.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral Inhibition, Sustained Attention, and Executive Functions: Constructing a Unifying Theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1). 65-94.
- Bench, C. J., Frith, C. D., Grasby, P. M., Friston, K. J., Paulesu, E., Frackowiak, R. S. J., et al. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, 31, 907-922.
- Biederman J., Faraone S. V., Milberger S., Curtis S., Chen L., & Marris A., et al (1996): Predictors of persistence and remission of ADHD: Results from a fouryear prospective follow-up study of ADHD children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 35, 343-351.
- Bijttebier, P., Beck, I., Laurence, C., & Vandereycken, W. (2009). Gray's reinforcement sensitivity theory as a framework for research on personality-psychopathology associations. *Clinical Psychology Review*, 29, 421-430.
- Boggio, P. S., Rigonatti, S. P., Ribeiro, R. B. Myczkowski, M. L., Nitsche, M. A., Pascual Leone, A., et al. (2008). A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 11, 249-254.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.

- DeShazo, B. T., Lynman, R. D., & Grofer, K. L. (2002). Academic underachievement and attention-deficit/hyperactivity disorder: The negative impact of symptom severity on school performance. *Journal of School Psychology, 40*(3), 259-283.
- Ditye, T., Jacobson, L., Walsh, V., & Lavidor, M. (2012). Modulating behavioral inhibition by tDCS combined with cognitive training. *Experimental Brain Research, 219*, 363-368.
- Dove, A., Pollman, S., Schubert, T., Wiggings, C. J., & von Cramon, D. Y. (2000). Prefrontal cortex activation in task switching: an event-related fMRI study. *Cognitive Brain Research, 9*, 103-109.
- Fisher, R., 2007. Focus, focus, focus. *New Scientist, 196*.
- Francis, J. T., Gluckman, B. J., & Schiff, S. J. (2003). Sensitivity of neurons to weak electric fields. *The Journal of Neuroscience, 23*(19), 7255-7261.
- Frank, E., Wilfurth, S., Landgrebe, M., Eichhammer, P., Hajak, G., & Langguth, B. (2010). Anodal skin lesions after treatment with transcranial direct current stimulation. *Brain Stimulation, 3*, 58-59.
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Bermanpohl, F., Antal, A., & Feredoes, E. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Exp Brain Res, 166*, 23-30.
- Fregni, F., Marcondes, R., Boggio, P.S., Marcolin, M.A., Rigonatti, S.P., Pascual-Leone, A., et al. (2006). Transient tinnitus suppression induced by repetitive transcranial magnetic stimulation and transcranial direct current stimulation. *European Journal of Neurology, 13*, 996-1001
- Gammaitoni, L., Hänggi, P., Jung, P., & Marchesoni, F. (1998). Stochastic resonance. *Reviews of Modern Physics, 70*, 223-287.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2009). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind* (3. uppl.). New York: W.W. Norton.
- Goel, V., & Grafman, J. (1995). Are the frontal lobes implicated in “planning” functions? Interpreting data from the tower of hanoi. *Neuropsychologia, 33*, 623-642.
- Hampshire, A., Chamberlain, S. R., Monti, M. M., Duncan J., & Owen A. M. (2010). The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control. *Neuroimage, 50*(3-3), 1313-1319.

- Hoy, K. E., Emonson, M. R. L., Arnold, S. L., Thomson, R. H., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2013). Testing the limits: Investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia*, *51*, 1777-1784.
- Hsu, T.-Y., Tseng, L.-Y., Yu, J.-X., Kuo, W.-J., Hung, D.L., & Tzeng, O.J.L., (2011). Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *NeuroImage*, *56*(4), 2249-2257
- Jacobson, L., Ezra, A., Berger, U., Lavidor, M. (2012). Modulating oscillatory brain activity correlates of behavioral inhibition using transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*, *123*, 979-984.
- Javadi, H. A., & Cheng, P. (2013). Transcranial direct current stimulation (tDCS) enhances reconsolidation of long-term memory. *Brain Stimulation*, *6*, 668-674.
- Juan, C., & Muggleton, N. G. (2012). Brain stimulation and inhibitory control. *Brain Stimulation*, *5*, 63-69.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(2), 169-183.
- Kessler, S. K., Turkeltaub, P. E., Benson, J. G., & Hamilton, R. H. (2012). Differences in the experience of active and sham transcranial direct current stimulation. *Brain Stimulation*, *5*, 155-162.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, *29*(2-3), 169-195.
- Kuo, M-F., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. *NeuroImage*, *85*, 948-960.
- Liebetanz, D., Nitsche, M. A., Tergau, F., & Paulus, W. (2002). Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain*, *125*, 2238-2247.
- Miranda, P.C., Lomarev, M., & Hallett, M. (2006). Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*, *117*(7), 1623-1629.

- Monden, Y., Dan, H., Nagashima, M., Dan, I., Tsuzuki, D., Kyutoku., Y., et al. (2012). Right prefrontal activation as a neuro-functional biomarker for monitoring acute effects of methylphenidate in ADHD children: An fNIRS study. *NeuroImage: Clinical*, 1, 131-140
- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., et al. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art. *Brain Stimulation*, 1, 206-23.
- Nitsche, M. A., Fricke, K., Henschke, U., Schlitterlau, A., Liebetanz, D., Lang, N., et al. (2003). Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *Journal of Physiology*, 533(1), 293-301.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *Journal of Physiology*, 527(3), 633-639.
- Pennington, B. R., Grossier, D., & Welsh, M. C. (1993). Contrasting cognitive deficits in attention deficit disorder versus reading disability. *Developmental Psychology*, 29, 511-523.
- Pitts, M. (2014). Attention deficit hyperactivity disorder in adults. *Nurse Prescribing*, 12(1).
- Poreisz, C., Boros, K., Antal, A., & Paulus, W. (2007). Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Research Bulletin*, 72, 208-214.
- Rubia, K., Russell, T., Overmeyer, S., Brammer, M.J., Bullmore, E. T., Sharma, T., et al. (2001). Mapping motor inhibition: conjunctive brain activations across different versions of go/no-go and stop tasks. *NeuroImage* 13, 250-261.
- Sikström, S. (2014). *Extending and evaluation the stochastic resonance theory of brain enhancement: Noise versus threshold manipulations*. Unpublished manuscript, Department of Psychology, University of Lund, Lund
- Sikström, S., & Söderlund, G. (2007). Stimulus-Dependent Dopamine Release in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Psychological Review*, 114(4), 1047-1075
- Socialstyrelsen. (2002). *ADHD hos barn och vuxna*. Stockholm: Hämtad från: http://www.socialstyrelsen.se/lists/artikelkatalog/attachments10942/2002-110-16_200211017.pdf.
- Socialstyrelsen. (2004). *Kort om ADHD hos barn och vuxna - En sammanfattning av Socialstyrelsens kunskapsöversikt*, Hämtad från: http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/10347/2004-110-7_20041107.pdf.

- Söderlund, G., Marklund, E., & Lacerda, F. (2009). Auditory white noise enhances cognitive performance under certain conditions: Examples from visuo-spatial working memory and dichotic listening tasks. *In Proceedings FONETIK*, 160-164.
- Söderlund, G. B., Sikström, S., Loftesnes, J. M., & Sonuga-Barke, E. J. (2010). The effects of background white noise on memory performance in inattentive school children. *Behavioral and Brain Functions*, 6(1), 55.
- Söderlund, G., Sikström, S., & Smart, A. (2007). Listen to the noise: Noise is beneficial for cognitive performance in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(8), 840-847.
- Weiss, M., & Lavidor, M. (2012). When less is more: evidence for a facilitative cathodal tDCS effect in attentional abilities. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(9), 1826-1833.
- Weyandt, L. L., & Willis, W. G. (1994). Executive functions in school-aged children: potential efficacy of tasks in discriminating clinical groups. *Developmental Neuropsychology*, 10, 27-38.
- Yoshimasu, K., Barbaresi, W. J., Colligan, R. C., Voigt, R. G., Killian, J. M., Weaver, A. L., et al. (2012). Childhood ADHD is strongly associated with a broad range of psychiatric disorders during adolescence: a population-based birth cohort study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, Allied Disciplines*, 53, 1036-1043.
- Zaehle, T., Rach, S., & Herrmannz, C. S. (2010). Transcranial alternating current stimulation enhances individual alpha activity in human EEG. *Public Library of Science ONE*, 5(11)
- Øvreeide, H. (2003). *Yrkesetik i psykologiskt arbete*. Lund: Studentlitteratur.

Bilaga 1 - Samtyckesformulär

Syfte

Studiens syfte är att undersöka hur uppmärksamhet kan påverkas genom två olika tekniker, tDCS och brus.

tDCS

tDCS är en metod som går ut på att man applicerar två elektroder någonstans på skalpen för att sedan leda en svag ström genom dessa elektroder. Syftet är att öka aktiviteten i det hjärnområde som den ena elektroden (+ polen) sitter över.

Säkerheten för tDCS har utvärderats i flera stora studier där inga långvariga eller skadliga effekter uppstått. De flesta deltagare har i dessa studier känt av en stickande känsla under någon eller båda av elektroderna men detta försvinner då strömmen slås av. Ett fåtal deltagare har också sett så kallade ”light-flashes” vid aktivering och avstängning av strömmen. Detta är inget bestående, men skulle detta inträffa så kan du säga till, så kommer vi att justera positionen på elektroderna.

Tekniken har inte visat sig ha några bestående effekter då det administreras vid endast ett tillfälle. Om du skulle uppleva något obehag under testsituationen så rapportera detta till testledaren så att elektrodernas position kan justeras.

Brus

Brus är en metod som går ut på att ett randomiserat bakgrundsljud spelas upp i hörlurar under tiden som en uppgift utförs. Förstudier vid psykologiska institutionen i Lund har visat att vissa grupper kan gynnas uppmärksamhetsmässigt av att ha detta bakgrundsljud på under tiden man utför uppgifter.

Tekniken har inte visats ha några permanenta effekter på uppmärksamheten.

Jag har tagit del av ovanstående information kring studiens säkerhet, syfte och genomförande. Jag är medveten om att persondata, så som namn eller andra identifierbara uppgifter, inte kommer att sparas och publiceras och att de individuella resultaten kommer att vara anonyma. Jag är också medveten om att jag när som helst kan avbryta mitt deltagande i studien utan att behöva uppge någon anledning.

Jag ger mitt samtycke att delta i studien,

Lund den _____ 2014

Underskrift _____

Namnförtydligande _____

Bilaga 2 - tDCS - Instruktioner för placering av elektroder

1. Mätning 1: Mät från nässtopp till knölen mellan nacke och skallben (mastoidutskottet).
Anteckna i cm.
2. Mätning 2: Mät från öra till öra. Anteckna i cm.
3. Beräkna 40% av mätning 1 för att få punkten mellan Fz och Cz (se elektrodplaceringsdokument). $X * 0,4$. Anteckna i cm.
4. Beräkna 30% av mätning 2 för att få punkt mellan C4 och T4 (se elektrodplaceringsdokument).
 $X * 0,3$. Anteckna i cm.
5. Mät ut skärningspunkten mellan punkt 3 och 4.
6. Applicera gel på anod(+)elektroden och placera vid skärningspunkten.

Bilaga 3 - Instruktioner inför test

Text som förklarar experiment samt säkerhetsinformation:

Inledning

Vi vill börja med att tacka för att du hjälper oss att genomföra denna studie i uppmärksamhet. Syftet med studien är att undersöka om någon eller båda av två stycken tekniker har någon påverkan på uppmärksamheten hos personer med och utan diagnosen ADHD. (Visa och gå igenom samtyckesformuläret).

Den här gången kommer du att få tDCS/brus samtidigt som du kommer att få genomföra två korta test. Idag kommer du att arbeta under ca 40min totalt inklusive teknisk administrering.

Avslutning:

Du har möjlighet att avbryta experimentet när du vill utan att du behöver ange någon anledning till varför.

Om du är redo att börja så kommer vi nu att sätta på dig utrustningen och sedan börja med det första testet.

Jag kommer att säga till innan jag aktiverar utrustningen.

ok, säg till när du är redo så räknar jag ner från 3 till 0, sedan aktiverar jag.

Första testet (n-back):

Vi kommer nu att genomföra ett test som går ut på att du ska klicka på en bild med muspekaren, om bilden som dyker upp är den samma som den bild som visades för två bilder sedan. Dvs om det först visas en häst, sedan en fisk och sedan en häst igen så ska du klicka på hästen.

Visa en demo!

Fortsätt till jag säger stopp.

Andra testet(go/nog-go):

Nu kommer vi att göra ett annat test. Din uppgift är nu att, så snabbt som möjligt klicka ifall en solid grön prick kommer upp på skärmen. Du ska undvika att trycka om pricken är mönstrad.

Visa en demo!

Fortsätt till jag säger stopp.

Bilaga 4 - Snapscore-formuläret

Studie i uppmärksamhet - kompletterande information

Tack för att du deltog i studien i uppmärksamhet! För att säkerställa resultatens tillförlitlighet skulle vi vilja att du fyllde i följande information. Utgå från hur du har känt det de senaste 6 månaderna. Formuläret tar ungefär en minut att fylla i.

Tack på förhand!

0 = Aldrig, 1 = Ibland, 2 = Ofta, 3 = Alltid

*Obligatorisk

För- och efternamn *

1. Du har svårt att koncentrera dig på detaljer eller gör ovarsamma misstag när du arbetar *

- 0
- 1
- 2
- 3

2. Du har svårt att behålla uppmärksamheten även under roliga aktiviteter *

- 0
- 1
- 2
- 3

3. Du har svårt att lyssna när någon talar direkt till dig *

- 0
- 1
- 2
- 3

4. Du tycker det är svårt att följa instruktioner och slutföra uppgifter *

- 0
- 1
- 2
- 3

5. Du har svårt att organisera uppgifter och aktiviteter *

- 0
- 1
- 2
- 3

6. Du tappar bort saker som är viktiga *

- 0
- 1
- 2
- 3

7. Du undviker eller ogillar uppgifter som kräver din uppmärksamhet under lång tid *

- 0
- 1
- 2
- 3

8. Du blir lätt distraherad *

- 0
- 1
- 2
- 3

9. Du är glömsk när det gäller dagliga rutiner och vanor *

- 0
- 1
- 2
- 3