

**Heeft het Algemene Angstniveau Invloed op de Werking van tACS op
Werkgeheugenprestaties?**

Femke van Dam

s5217474

Afdeling Psychologie, Rijksuniversiteit Groningen

PSB3A-BT15: Bachelor These

Groep 3

Supervisor: Dr. M. (Miles) Wischnewski

Tweede beoordelaar: Dr. M.R. (Mark) Nieuwenstein

In samenwerking met: Julie Dimmendaal, Marijn Priest, Laura Huizinga, Sander Maalderink en

Bas Dijkslag

1 februari, 2026

Een scriptie is een proeve van bekwaamheid voor studenten. De goedkeuring van de scriptie is het bewijs dat de student over voldoende onderzoeks- en rapportagevaardigheden beschikt om af te studeren, maar biedt geen garantie voor de kwaliteit van het onderzoek en de resultaten van het onderzoek als zodanig, en de scriptie is daarom niet per se geschikt als academische bron om naar te verwijzen. Als u meer wilt weten over het in deze scriptie besproken onderzoek en de daarop gebaseerde publicaties waarnaar u zou kunnen verwijzen, neem dan contact op met de genoemde begeleider.

Verklaring AI-gebruik

“Ik verklaar dat ik ChatGPT (<https://chatgpt.com>) en NotebookLM (<https://notebooklm.google/>) heb gebruikt om materiaal te genereren voor achtergrondonderzoek en zelfstudie bij het opstellen van deze opdracht.”

Does Trait Anxiety Influence tACS' Functioning on Working Memory Performance?

Abstract

Working memory can be influenced by the disruptive effect of anxiety symptoms. Transcranial alternating current stimulation appears to have a positive effect on working memory function. This can lead to regulated oscillations that strengthen cooperation between neurons. The presence of anxiety symptoms appears to force neurons to compete for the limited capacity of an oscillation, resulting in less efficient use of brain processes, such as working memory. Furthermore, the moderating role of anxiety symptoms on the effect of tACS on working memory is not yet sufficiently understood. This study attempts to investigate this relationship by having 16 healthy individuals perform working memory tasks while receiving stimulation. While no significant result was found, tentative trends were observed in a possible influence of anxiety on the effect of tACS on working memory. The results suggest that there is no evidence for a relationship, but that further research into this topic on a larger scale is certainly relevant. This research may be a good starting point for developing more research into what anxiety symptoms might mean for working memory and how tACS could potentially improve this.

Keywords: transcranial alternating current stimulation, working memory, anxiety, theta oscillations, prefrontal cortex.

Samenvatting

Het werkgeheugen kan beïnvloed worden door het versturende effect van angstsymptomen. Eerder onderzoek suggereert dat transcranial alternating current stimulation (tACS) lijkt een positieve invloed te hebben op de werking van het werkgeheugen. Dit kan namelijk zorgen voor gereguleerde oscillaties die samenwerking tussen neuronen versterken. Door de aanwezigheid van angstsymptomen lijken neuronen te moeten concurreren voor de beperkte capaciteit van een oscillatie, waardoor er minder efficiënt gebruik wordt gemaakt van hersenprocessen, zoals het werkgeheugen. Daarbij is de modererende rol van angstsymptomen op de werking van tACS op het werkgeheugen nog onvoldoende bekend. In dit onderzoek werd geprobeerd om deze relatie te ondervinden door werkgeheugentaken te laten uitvoeren door 16 gezonde individuen, terwijl zij gestimuleerd werden. Echter is er geen significant resultaat gevonden, maar er zijn wel voorzichtige trends geobserveerd in een mogelijke invloed van angst op de werking van tACS op het werkgeheugen. De resultaten suggereren dat er dus geen bewijs is voor een relatie, maar dat er wel degelijk relevantie ligt in het verder onderzoeken van dit onderwerp op grotere schaal. Dit onderzoek kan een goed beginpunt zijn voor het ontwikkelen van meer onderzoek naar wat angstsymptomen kunnen betekenen voor het werkgeheugen en hoe tACS dit mogelijk zou kunnen verbeteren.

Trefwoorden: transcranial alternating current stimulation, werkgeheugen, angst, theta-oscillaties, prefrontale cortex.

Heeft het Algemene Angstniveau Invloed op de Werking van tACS op Werkgeheugenprestaties?

Wanneer er sprake is van angstsymptomen, heeft dat niet alleen emotionele gevolgen, maar beïnvloedt het ook de capaciteit van ons werkgeheugen (Moran, 2016). Een hoog angstniveau kan namelijk worden gekenmerkt door een verhoogde gevoeligheid voor prikkels, een overmatige bezorgdheid, en cognitieve beperkingen (Basten et al., 2012; Hassanvandi et al., 2025). In het werkgeheugen wordt informatie tijdelijk opgeslagen en gemanipuleerd (Baddeley, 2003). Gedurende dit proces wordt aandacht verdeeld over zowel het werkgeheugen als de angstsymptomen, wat resulteert in concurrentie en een verminderd vermogen om werkgeheugentaken uit te voeren (Kishimoto et al., 2025; Moran, 2016). De onderliggende hersenprocessen zijn nog niet volledig bekend.

Een onderdeel van hersenprocessen gerelateerd aan werkgeheugentaken zijn neurale oscillaties. Neurale oscillaties zijn waarneembaar wanneer een groep neuronen gezamenlijk actief is – ook wel synchronisatie genoemd – en daardoor een hersengolf creëren (Qasem et al., 2022; Wischnewski et al., 2023). Deze hersenactiviteit is waarneembaar in verschillende cognitieve gebieden, maar ook binnen andere fysiologische- of gedragsprocessen als sensorische- en motorische gebieden (Wischnewski et al. 2023). In gezonde hersenen spelen oscillaties met name een rol in de integratie van verschillende hersengebieden, zowel lokaal als over langere afstanden, door de timing van neurale ontlading te coördineren. Deze ritmische activiteit wordt geassocieerd met sterkere en beter gecontroleerde neurale verbindingen (Leicht et al., 2025; Semprini et al., 2020; Wischnewski et al., 2023). Wanneer sprake is van ongereguleerde neurale oscillaties, wordt verondersteld dat de ritmes onvoldoende gecoördineerd zijn, waardoor de hersenen verminderd in staat zijn om efficiënt informatie te verwerken. Een

ongereguleerde oscillatie kan ontstaan wanneer een neurale ritme bij meerdere cognitieve processen betrokken is, wat kan zorgen voor competitie om neurale capaciteit. Dit kan resulteren in een verminderde precisie bij de aansturing van beide processen (Miller et al., 2018; Qasem et al., 2022; Wischnewski et al., 2023).

Er bestaan vijf verschillende (primaire) frequentiebanden van een neurale oscillatie, die gemeten worden in Hertz (Hz). Een relevante frequentieband is de Theta band (4-8 Hz), die veel betrokken is met het geheugen, cognitie, langeafstandssynchronisatie en de synaptische plasticiteit. Ook is de Gamma band (30-200 Hz) voor veel verschillende hersenprocessen belangrijk, waaronder bewustzijn, waarneming en motorische controle (Herweg et al., 2020; Lee and Tramontano, 2024; Qasem et al., 2022). Het theta ritme is sterk geassocieerd met het werkgeheugen, omdat dit fungeert als coördinator van het ordenen en vasthouden van informatie nodig voor werkgeheugenprocessen (Debnath et al., 2025; Hou et al., 2025). Een hypothese omtrent neurale ritmes en werkgeheugen is volgens Qasem et al. (2022) de “Theta/Gamma Neural Code”. Dit omvat onder meer dat een beperkt aantal gamma-golven, die allemaal uit een geheugen-item bestaan, in een theta-cyclus past. Dit biedt een mogelijke verklaring voor de beperkte capaciteit van het werkgeheugen. Theta is gelokaliseerd in de hippocampus, de prefrontale cortex, en de sensorische cortex (Qasem et al., 2022). Hieruit kan worden afgeleid dat theta een rol speelt bij het (werk)geheugen en suggereert het tegelijkertijd de relevante stimulatielocatie voor dit onderzoek. Theta-golven bevorderen immers de communicatie tussen ver uit elkaar gelegen hersengebieden, zoals het frontopariëtale netwerk (Herweg et al., 2020; Semprini et al., 2020), tijdens de codering- en onderhoudsfasen van een geheugentaak (Leicht et al., 2025). Het frontopariëtale netwerk, specifiek de dorsolaterale prefrontale cortex (DLPC), speelt een centrale rol in werkgeheugen processen, waaronder het ophalen en updaten van eerder

opgeslagen informatie, evenals het onderdrukken van irrelevante stimuli (Basten et al., 2012; Leicht et al., 2025; Pahor and Jaušovec, 2018; Qasem et al., 2022). De DLPC fungeert als essentiële coördinator in de regulatie van cognitieve processen, waaronder emotieregulatie (Liu et al., 2022). Daarnaast suggereert een andere studie dat stimulatie van deze regio leidt tot een significante vermindering van de amygdala-activiteit in reactie op bedreigende stimuli (Ironsides et al., 2018), wat in relatie staat tot angstsymptomen.

De rol van theta-golven laat een verband zien met de eerder genoemde ontregelde oscillaties, waarvan in meerdere studies wordt benoemd dat deze worden gesignaleerd wanneer er sprake is van een psychische- of neurologische stoornis (zie e.g., Miller et al., 2018; Qasem et al., 2022; Totty en Maren, 2022; Wischniewski et al., 2023). Dit kan worden verklaard door het principe dat verstoring van de interactie tussen de prefrontale cortex en theta-oscillaties, leidt tot verminderde werkgeheugenprestaties. Concreter gesteld, wordt er gesuggereerd dat bij mensen met angstsymptomen de doelgerichte controle van de prefrontale cortex vaak wordt verstoord (Roxburgh et al., 2023), waardoor de hersenen mogelijk niet optimaal gebruikmaken van de theta-oscillaties om de taakirrelevante informatie te filteren (Basten et al., 2012; Kishimoto et al., 2025; Qasem et al., 2022). Dit sluit ook aan op stellingen van Moran (2016), waarbij wordt gesuggereerd dat er concurrentie is voor het beperkte aantal beschikbare neurale oscillaties, in onder andere de rechter prefrontale cortex, door de aanwezigheid van angstsymptomen.

Het benadrukt de relevantie van ongereguleerde oscillaties binnen het werkgeheugen, die plaats kunnen vinden bij mensen die angstsymptomen ervaren, voor dit onderzoek. Omdat dit onderzoek zich richt op een subklinische populatie, wordt expliciet gekeken naar het niveau van angstsymptomen, dat mogelijk samenhangt met ongereguleerde oscillaties. Door de toepassing van de non-invasieve transcraniële wisselstroomstimulatie (tACS; *transcranial alternating*

current stimulation), kunnen oscillaties worden versterkt en daarmee laat tACS potentie zien voor het verbeteren van werkgeheugenprestaties (zie e.g., Leicht et al., 2025; Qasem et al., 2022; Wischnewski et al., 2023; Zeng et al., 2022). Tijdens tACS wordt een sinusgolf gegenereerd door de constante verandering in de sterkte en richting van de zwakke elektrische stroom die via elektroden op de hoofdhuid wordt toegediend (Qasem et al., 2022; Wischnewski et al., 2023).

Deze bevindingen suggereren dat symptomen van angst het werkgeheugen kunnen beïnvloeden via verstoring van theta-oscillaties, waarop theta-tACS zich richt. Lee et al. (2024) toonden aan dat theta-tACS (5 Hz) angstsymptomen effectief kan verminderen. Bij 70,4% van de deelnemers werd een symptoomvermindering van meer dan 50% gevonden. Een dergelijke afname van symptomen kan leiden tot verminderde verstoring van het werkgeheugen. Bovendien wordt verwacht dat tACS de synaptische sterkte en de efficiëntie van neurale communicatie verbetert (zie e.g., Pahor & Jaušovec, 2018; Qasem et al., 2022; Vossen et al., 2014; Wischnewski et al., 2023). Door de timing van het proces van het simultane vuren van neuronen te synchroniseren, kan tACS voor een efficiënte synaptische overdracht zorgen (Wischnewski et al., 2023). Vossen et al. (2014) stellen daarnaast dat synaptische versterking afhankelijk is van de synchrone activiteit van het pre- en postsynaptische neuron, met name de volgorde en exacte timing van de neurale ontladingen. Deze mechanismen suggereren dat tACS het werkgeheugen kan ondersteunen bij personen met angstsymptomen door de inzet van geheugencapaciteit voor relevante cognitieve processen te optimaliseren. Om deze angstsymptomen op subklinisch niveau te kunnen onderzoeken, wordt de State Trait Anxiety Inventory (STAI) gebruikt. Deze vragenlijst is al bij verschillende subklinische settings ingezet, als beoordeling van individuele verschillen in angstniveau. Bishop et al. (2004) maakten gebruik van de STAI om te onderzoeken hoe de individuele angstniveaus van 27 gezonde vrijwilligers, de reactie van de

hersenen op bedreigingen beïnvloeden. De proefpersonen werden ingedeeld in laag-angstige ('low anxious') en hoog-angstige ('high anxious') groepen. Fan et al. (2015) pasten het gebruik van de STAI op een vergelijkbare wijze toe, waarbij de focus lag op de invloed van werk- en privéleven op het psychologisch welzijn van gezonde werknemers. Voor het meten van het werkgeheugen zijn veelgebruikte taken de Change Detection Task (CDT) en de N-Back (zie e.g., Kishimoto et al., 2025; Moran, 2016; Pahor and Jaušovec, 2018; Semprini et al., 2020). Deze taken zijn bovendien al gebruikt voor een aantal onderzoeken specifiek in combinatie met tACS (Qasem et al., 2022; Wischniewski et al., 2023). Pahor and Jaušovec (2018) laten hun deelnemers tevens zowel de CDT als de N-Back uitvoeren terwijl tACS wordt toegepast.

De relevantie van het onderzoek richt zich op het effect van angst op de effectiviteit van tACS bij het werkgeheugen. Hoewel er meerdere studies bestaan over de relatie tussen tACS en angst, evenals de invloed van tACS op het werkgeheugen, is de interactie tussen angst, tACS en werkgeheugen onderbelicht. Daarom onderzoekt de huidige studie in hoeverre het algemene angstniveau de invloed van tACS op werkgeheugenprestaties beïnvloedt. Met oog op eerder onderzoek wordt verwacht dat "trait angst" een modererende functie heeft op het effect van tACS op de prestaties van het werkgeheugen (Hypothese 1). En dat deelnemers met hogere STAI-Trait-scores worden verwacht een grotere verandering in werkgeheugen prestaties te tonen tussen de stimulatie- en placeboconditie, in vergelijking met deelnemers met lagere STAI-Trait-scores (Hypothese 1a.).

Methode

Proefpersonen

In dit onderzoek werd gebruikgemaakt van een gemakssteekproef van studenten tussen de 18 jaar en 30 jaar oud (N= 21), zonder een klinische diagnose. Uiteindelijk zijn er 5

proefpersonen verwijderd uit de dataset. Na afname van de eerste sessie van P001 en P002 is gebleken dat de moeilijkheidsgraad van de CDT vereenvoudigd moest worden. Bij P004, P019, en P020 kon de sessie – na een foutmelding in OpenSesame gedurende de stimulatie – niet doorgaan. De desbetreffende proefpersonen werden zodoende uitgesloten van verdere deelname. Deze veranderingen zorgden voor een definitieve steekproef van N=16. De geïnccludeerde proefpersonen hadden geen klinische diagnose of een neurologische aandoening. Ook mocht er niks inwendig- of op de huid van de proefpersonen aanwezig zijn, wat zou kunnen zorgen voor de verstoring van de werking van de tACS (e.g., metalen piercings dicht bij de elektroden). Verder werden individuen met kleurenblindheid ook uitgesloten.

Er is goedkeuring gegeven door de Ethische Commissie Psychologie van de Faculteit Gedrags- en Maatschappijwetenschappen van de Rijksuniversiteit Groningen. Daarnaast hebben alle proefpersonen schriftelijke toestemming gegeven, nadat zij geïnformeerd waren over het onderzoek en voor een tweede keer na afronding van de tweede sessie. Deelname aan het onderzoek was geheel vrijwillig en de proefpersonen kregen hier geen beloning voor.

State Trait Anxiety Inventory

Gedurende de eerste sessie is een vragenlijst afgenomen via Qualtrics (<https://www.qualtrics.com>), bestaande uit de volgende onderdelen: Morningness-eveningness questionnaire, Behavioral Inhibition/Behavioral Activation Scales questionnaire, Ruminative Response Scale questionnaire, en de State Trait Anxiety Inventory questionnaire. Alle vragenlijsten waren in het Engels geformuleerd. De modererende variabele van dit onderzoek, angstniveau, werd gemeten met de State Trait Anxiety Inventory (STAI) van Spielberger et al. (1983). De andere vragenlijsten worden niet in dit manuscript besproken.

De STAI maakt gebruik van een 4-punts Likert-schaal en bestaat uit twee subcategorieën: een ‘trait’ vragenlijst en een ‘state’ vragenlijst. In de eerste sessie zijn beide uitgevraagd en tijdens de tweede sessie is alleen de state-categorie vragenlijst afgenomen. De trait-vragenlijst bestaat uit 20 stellingen over de stabiele, algemene houding om angstig te zijn, zoals “I tire quickly” en “I am a steady person”. De antwoordopties zijn *Not at all*, *Somewhat*, *Moderately*, en *Very Much*. De state-vragenlijst bestaat uit 20 stellingen over de gevoelens van angst op dat moment, zoals “I feel calm” en “I am worried”. De antwoordopties zijn *Almost never*, *Sometimes*, *Often*, en *Almost always*. Deze zijn vervolgens 1, 2, 3, of 4 punten waard afhankelijk van of het een normale stelling is of een omgekeerd gescoord item (reverse-score items). De scores kunnen mogelijk variëren tussen een waarde van 20 en 80. In de uiteindelijke analyse is uitsluitend gebruikgemaakt van de trait-vragenlijst.

In een betrouwbaarheid-generalisatiestudie van Barnes et al. (2002) werd een hoge interne consistentie score gevonden ($\alpha = .92$) voor de items van de STAI. Daarbij is ook een hoge test-hertest betrouwbaarheid gevonden voor de trait-categorie. De test-hertestbetrouwbaarheid van de state-categorie was lager, wat verwacht werd gezien de hoge mate van fluctuatie in state anxiety; om deze reden is deze data buiten beschouwing gelaten. Ook is er goede validiteit van de STAI voor subklinische populaties (Julian, 2011; Thomas & Cassady, 2021).

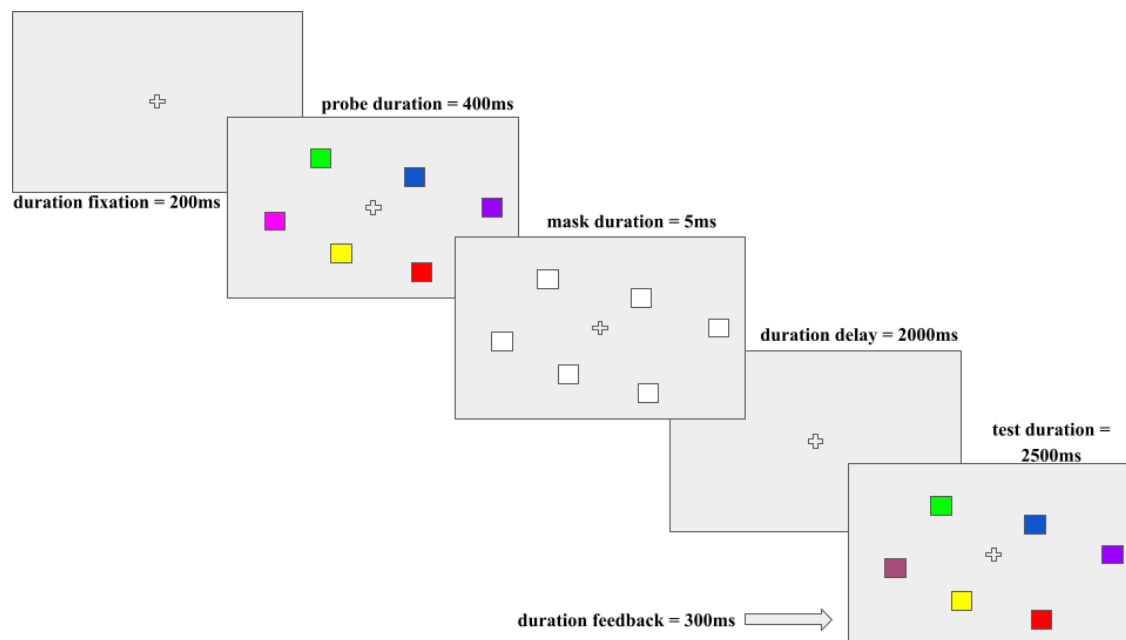
Werkgeheugentaken

De proefpersonen voerden tweemaal de “change detection task” (CDT) uit met drie moeilijkheidsniveaus (4, 6 en 8 blokken) om het spatieel werkgeheugen te meten. Daarnaast werden twee N-backtaken (2-back en 3-back) afgenomen ter meting van het verbale werkgeheugen. De CDT bestond uit het observeren van gekleurde blokken, waarna een korte

mask (= ruis) het beeld verstoorde en de proefpersoon vervolgens de reeks test stimuli te zien kreeg. Hier moest het antwoord gegeven worden of de gekleurde blokken gelijk waren gebleven. De witte knop moest aangeklikt worden als de blokken hetzelfde waren, terwijl de roze knop aangeklikt moest worden als er een verandering had plaatsgevonden. Daarna werd feedback getoond dat aangaf of het antwoord correct of incorrect was. In totaal moesten de proefpersonen de locatie en kleur van de stimuli voor twee seconden onthouden en werd voor elke nieuwe trial een fixatiekruis laten zien (zie Figuur 1). Per moeilijkheidsgraad werden er 30 trials uitgevoerd, waarbij de moeilijkheidsgraad na deze hoeveelheid trials omhoog ging. Dit werd in totaal twee keer uitgevoerd. De oefenronde voorafgaand aan de daadwerkelijke taak bestond alleen uit de levels moderate (4 blokken) en high (6 blokken). Dit werd ook twee keer uitgevoerd.

Figuur 1

Visualisatie van de opbouw van de Change Detection Task

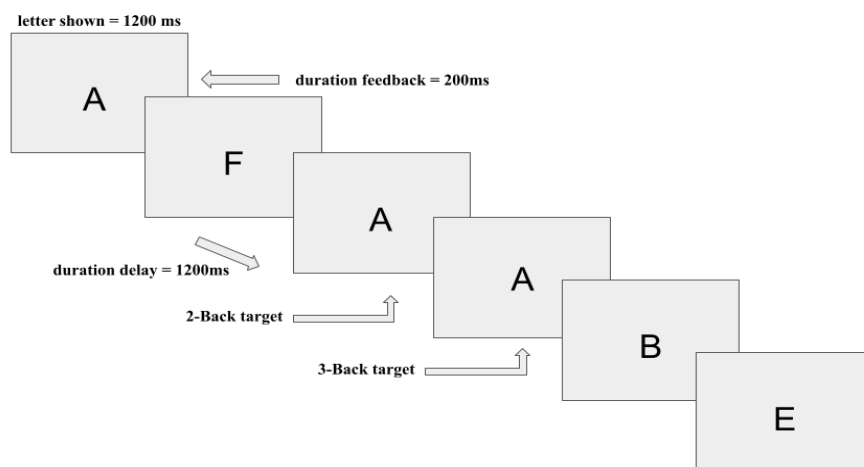


Noot. De duur van de verschillende onderdelen staat genoteerd in milliseconden.

Na het uitvoeren van de CDT, werd de N-back uitgevoerd. Hierbij werd gestart met de 2-back, waar in een willekeurige reeks van letters (A-H) aangegeven moest worden of twee stappen ervoor dezelfde letter was. De spatiebalk moest aangeklikt worden als de letter wél hetzelfde was. Als er een andere letter zichtbaar was, hoefde er geen actie te worden ondernomen. De 3-back beschikte over hetzelfde principe met als enige aanpassing dat de letter vergeleken moest worden met de letter van drie stappen ervoor, in plaats van twee. Elke letter stond even lang op het scherm als de tijd die tussen de letters zat (zie Figuur 2.). Ook bij deze taak werd gelijk laten zien of het antwoord correct of incorrect was. De trial bestond uit 120 letters in de daadwerkelijke taak en uit 40 letters in de oefentaak, bij zowel de 2-back en de 3-back.

Figuur 2

Visualisatie van de opbouw 2-Back en 3-Back



Noot. De duur van de verschillende onderdelen staat genoteerd in milliseconden.

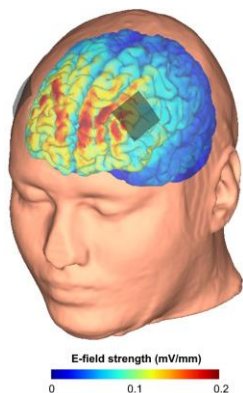
Transcranial Alternating Current Stimulation

In dit onderzoek is de tACS (NeuroConn DC plus) toegepast door gebruik van twee elektroden, die werden aangebracht op locatie F3 (links) en F4 (rechts), volgens het

internationale 10-20 systeem (zie Figuur 3). Daarmee werd de laterale/mediale prefrontale cortex gestimuleerd. De elektroden waren vierkanten van 3x3cm, waarbij Ten20 Paste op de elektroden werd gebruikt voor een goede geleiding van de elektriciteit. Voordat de elektroden werden geplaatst, werd de hoofdhuid eerst geprepareerd met een lichte scrub. Er werd tijdens de stimulatie een frequentie gebruikt van 4 Hz en een intensiteit van 1,5 mA. De impedantie was zo ingesteld dat deze niet hoger kon zijn dan 20 k Ω . Tijdens de gewenning, liepen de frequentie en intensiteit voor een korte tijd (30 seconden) op tot de totale frequentie van 4 Hz en een intensiteit van 1 mA, waarna deze weer volledig afliep. De stimulatie tijdens de taak was ingesteld op een duur van 30 minuten. De placebo sessie bestond uit alleen de “ramp up” (30 seconden) van de volledige stimulatie, daarna een complete “ramp down” en waarna de stimulatie stopte en er tijdens de rest van de taak geen stimulatie plaatsvond.

Figuur 3

Locatie F3 en F4 van de Elektroden



Noot. De locatie is gebaseerd op het internationale 10-20 systeem.

Procedure

Het onderzoek had een experimenteel design met een “tACS conditie (stimulatie vs. sham)” en het “angstniveau (laag vs. hoog)” (moderator) als onafhankelijke variabelen en “prestatie (%percentage correct) op de werkgeheugentaken” als afhankelijke variabele . Het

onderzoek maakte gebruik van een single blind experiment. Proefpersonen werden willekeurig toegewezen aan een stimulatie of sham conditie.

Nadat er geïnformeerde toestemming was gegeven, werd de proefpersoon gevraagd een hartslagband om de borst te doen. Hartslagdata is niet meegenomen in dit manuscript.

Vervolgens werd de vragenlijst ingevuld en na het afronden hiervan werden de elektroden aangebracht op de schedel. Toen de elektroden waren geplaatst, begon de proefpersoon aan de oefenrondes van de taken. Door tACS kort toe te dienen (~30 seconden) op lagere intensiteiten konden de proefpersonen aan de bijkomende sensaties wennen. Na de gewenning werd de daadwerkelijke stimulatie, of de placebo 'stimulatie', aangezet en voerden de proefpersonen de taken uit voor ongeveer 30 minuten. Na afronding van dit gehele proces werd een nog een korte vragenlijst ingevuld waarbij werd gevraagd naar de waargenomen moeilijkheidsgraad van de proefpersoon. De data van deze vragenlijst is niet meegenomen in dit manuscript.

Statistische Analyse

De analyses zijn uitgevoerd in SPSS (versie 31). Omdat data is verzameld per proefpersoon, per sessie, per taak; zijn de datasets handmatig samengevoegd. Dit is gedaan door het percentage goed gescoorde items van een taak te berekenen en deze per proefpersoon, taak, en conditie te noteren in een "wide format". Bij de waarden voor zowel de N-Back als de CDT is het gemiddelde van de verschillende moeilijkheidsgraden gebruikt als het percentage items dat goed gescoord is. Dit is gedaan zodat er met een repeated measures ANOVA gewerkt kon worden, met "anxiety groep" als extra factor. De STAI-Trait waardes zijn ook handmatig berekend, waarna een median split uitgevoerd kon worden. De anxiety groepen (laag vs. hoog), zijn namelijk gebaseerd op deze median split ($Md = 38$). Omdat de dataset uiteindelijk compleet

handmatig is samengesteld, zijn de proefpersonen met missende waarden, die eerder in de methode genoemd zijn, gemakkelijk geëxcludeerd van de dataset.

Resultaten

Repeated Measures ANOVA - CDT

De assumpties van een repeated measures ANOVA zijn ook gecontroleerd. Q-Q plots zijn bekeken en er zijn geen waarneembare schendingen van normaliteit of extreme outliers gevonden. Levene's test toont binnen de CDT placebogroep ($p = .682$) en stimulatie groep ($p = .878$) geen schending van de assumptie voor homogeniteit van variantie (alle p waardes > 0.05). De resultaten van de assumptiechecks zijn weergegeven in Appendix B.

De repeated measures ANOVA toonde binnen de CDT geen significant hoofdeffect voor Stimulatie ($F(1, 14) = 0.98$, $p = .340$, $\eta^2p = 0.07$), geen significant hoofdeffect voor Anxiety Groep (hoog vs. laag) ($F(1, 14) = 2.77$, $p = .118$, $\eta^2p = 0.17$), en geen significant interactie effect tussen de stimulatie en de anxiety groep ($F(1, 14) = 0.40$, $p = .537$, $\eta^2p = 0.03$) (zie figuur 4). Deze resultaten ondersteunen Hypothese 1(a) niet. In tabel 2 zijn de gemiddelden en standaarddeviaties te vinden per conditie en groep. Ondanks de afwezigheid van significante resultaten, lijkt er op descriptief niveau een trend te zijn voor hogere accuraatheid bij stimulatie in vergelijking met sham.

Tabel 1

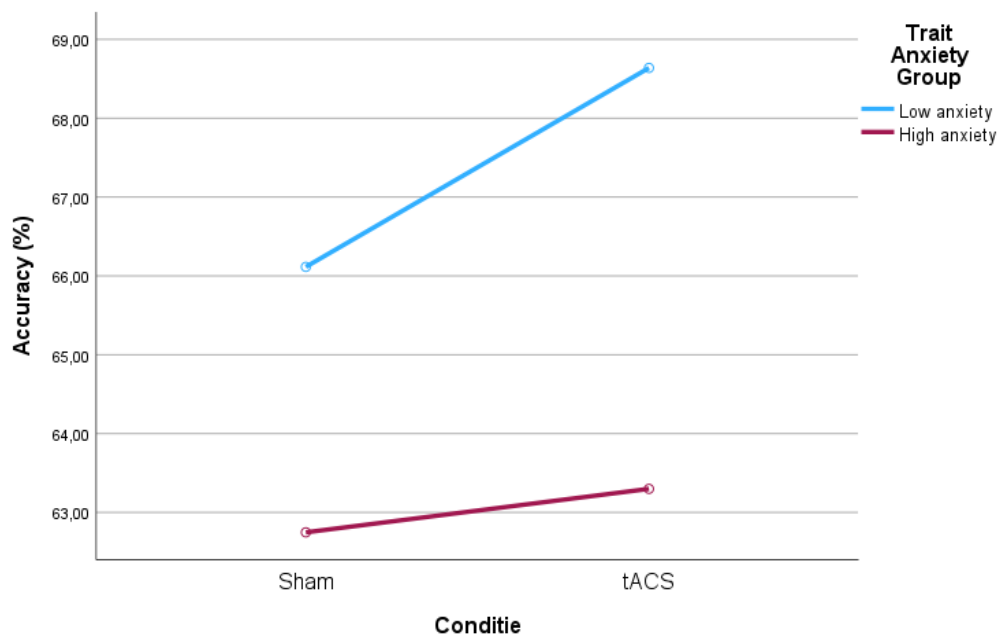
Resultaten van de repeated measures ANOVA van 'CDT accuracy'

Effect	df	F	p	η^2p
Stimulatie	1, 14	0.98	.340	0.07
Anxiety groep	1, 14	2.77	.118	0.17
Stimulatie x Anxiety	1, 14	0.40	.537	0.03

Noot. η^2p = partial eta squared

Figuur 4

Interactie tussen stimulatie (sham vs. tACS) en trait anxiety bij de CDT accuracy.



Tabel 2

Gemiddelde CDT taak accuracy (%) als een functie van conditie en trait anxiety groep

Trait anxiety	Sham	tACS
Lage anxiety	66.11 (4.51)	68.64 (7.36)
Hoge anxiety	62.75 (5.03)	63.29 (6.74)

Noot. De waarden zijn gemiddelden met standaardafwijkingen tussen haakjes.

Repeated Measures ANOVA - N-Back

Q-Q plots zijn bekeken en er zijn geen waarneembare schendingen van normaliteit gevonden. Er zijn geen bijzondere outliers gevonden. Enkel bij de stimulatie groep van de N-Back is een milde outlier gevonden, deze is echter verwaarloosbaar. Levene's test toont binnen de N-Back placebogroep ($p = .694$) en stimulatie groep ($p = .404$) geen schending van de

assumptie voor homogeniteit van variantie (alle p waarden > 0.05). De resultaten van de assumptiechecks zijn weergegeven in Appendix B.

De repeated measures ANOVA toonde binnen de N-Back geen significant hoofdeffect voor Stimulatie ($F(1, 14) = 0.07, p = .792, \eta^2p = 0.01$), geen significant hoofdeffect voor Anxiety Groep (hoog vs. laag) ($F(1, 14) = 0.04, p = .837, \eta^2p = 0.00$), en geen significant interactie effect tussen de stimulatie en de anxiety groep ($F(1, 14) = 0.87, p = .366, \eta^2p = 0.06$). Deze resultaten ondersteunen Hypothese 1(a) niet. Op descriptief niveau lijkt er echter een trend van interactie te zijn, zichtbaar in Figuur 5. In tabel 2 zijn de gemiddelden en standaarddeviaties te vinden per conditie en groep.

Tabel 3

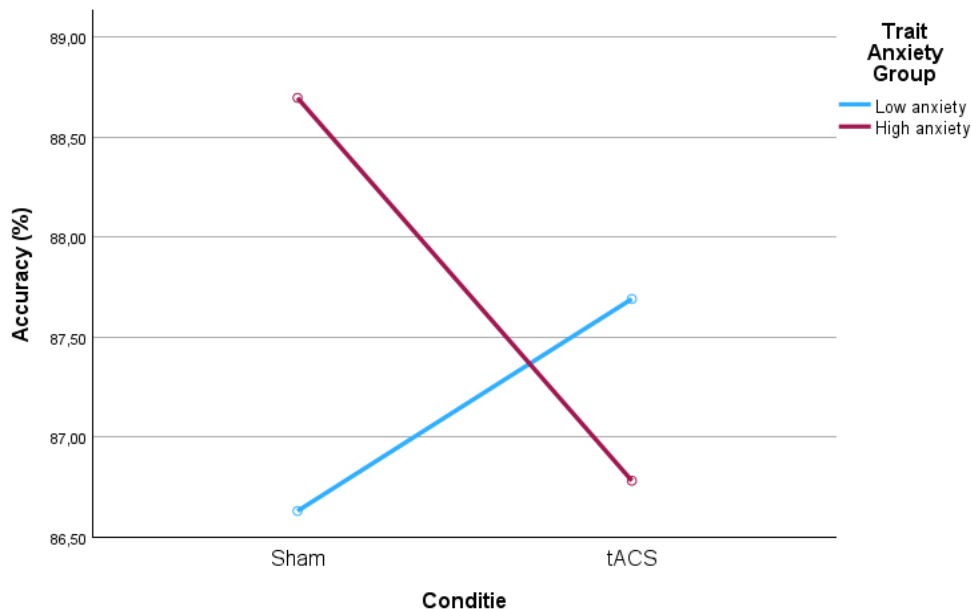
Resultaten van de repeated measures ANOVA van 'N-back accuracy'

Effect	df	F	p	η^2p
Conditie	1, 14	0.07	.792	0.01
Anxiety groep	1, 14	0.04	.837	0.00
Conditie x Anxiety	1, 14	0.87	.366	0.06

Noot. η^2p = partial eta squared

Figuur 5

Interactie tussen stimulatie (sham vs. tACS) en trait anxiety bij de N-Back accuracy.

**Tabel 4**

Gemiddelde N-Back taak accuracy (%) als een functie van conditie en trait anxiety groep

Trait anxiety	Sham	tACS
Lage anxiety	86.63 (5.34)	87.69 (5.52)
Hoge anxiety	88.70 (5.76)	86.78 (8.69)

Noot. De waarden zijn gemiddelden met standaardafwijkingen tussen haakjes.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te bestuderen hoe angst ervoor kan zorgen dat de werking van tACS op het werkgeheugen beïnvloed wordt. Door gebruik te maken van de verzamelde data, is antwoord gegeven op de vraag: "Heeft het algemene angstniveau invloed op de werking van tACS op werkgeheugenprestaties?". Hierbij werd verwacht op basis van eerder onderzoek dat "trait angst" een modererende functie zou hebben op het effect van tACS op de

prestaties van het werkgeheugen (Hypothese 1). Specifiek, de verwachting was dat deelnemers met hogere STAI-Trait-scores een grotere verandering in werkgeheugen prestaties zouden tonen tussen de stimulatie- en placeboconditie, in vergelijking met deelnemers met lagere STAI-Trait-scores (Hypothese 1a.). Echter, uit de analyse is geen noemenswaardige relatie gevonden tussen trait angst en het verschil in werkgeheugenprestatie tussen de echte- en placebo tACS.

Een voorzichtige interpretatie van de resultaten wijst echter op een mogelijke trend waaruit blijkt dat personen met een hogere mate van angst anders presteren op de visuospatiële werkgeheugentaak dan personen met een lagere mate van angst (zie Figuur 4). Hoewel het hoofdeffect van angstniveau op de visuospatiële werkgeheugenprestaties niet statistisch significant was, was de bijbehorende effectgrootte relatief groot. Dit suggereert dat angstniveau mogelijk samenhangt met werkgeheugenprestaties, maar dat de huidige studie waarschijnlijk onvoldoende statistische power had om dit effect significant aan te tonen. Binnen deze trend werd bovendien waargenomen dat de toepassing van tACS bij de groep met hoge angstniveaus gepaard ging met een minder duidelijke verbetering van de werkgeheugenprestaties dan bij de groep met lage angstniveaus. Deze bevinding is niet in lijn met Hypothese 1a, maar sluit gedeeltelijk aan bij Hypothese 1. Hoewel de waargenomen verschillen niet statistisch significant waren, suggereert dit patroon dat de effectiviteit van tACS mogelijk wordt gemodereerd door angstniveau, waarbij individuen met hogere angst minder profiteren van de stimulatie dan individuen met lagere angst. Deze interpretatie sluit aan op eerder onderzoek, waar wordt gewezen op dat verstoorde neurale oscillaties frequent worden waargenomen bij individuen met psychische of neurologische stoornissen (zie e.g., Miller et al., 2018; Qasem et al., 2022; Totty en Maren, 2022; Wischnewski et al., 2023). Dergelijke ongereguleerde oscillaties worden in verband gebracht met verstoringen in cognitieve functies, waaronder het werkgeheugen. In lijn

hiermee zou een sterkere verstoring van het werkgeheugen bij individuen met hogere angstniveaus ertoe kunnen hebben bijgedragen dat tACS in deze groep een minder duidelijk positief effect had op de werkgeheugenprestaties. Daarnaast suggereren de bevindingen van Roxburgh et al. (2023) dat angstsymptomen voor verstoring kunnen zorgen van de doelgerichte controle van de prefrontale cortex, en daarmee een negatieve invloed op het werkgeheugen hebben.

Daarnaast werd een voorzichtige trend waargenomen in het interactie effect van de verbale werkgeheugentaak, wat zou kunnen wijzen op verschil van de impact van stimulatie tussen proefpersonen met lage en hoge angstniveaus (Hypothese 1)(zie Figuur 5). Een afwijkend patroon binnen deze interactie was dat bij de verbale werkgeheugentaak van de hoge angstgroep, lagere prestaties werden waargenomen tijdens de stimulatie dan tijdens de placebo conditie. Hoewel dit resultaat niet overeenkomt met de verwachtingen, kan een mogelijke verklaring worden gevonden in de betrokkenheid van theta-oscillaties bij meerdere cognitieve processen. Wanneer een enkel neuraal ritme gelijktijdig wordt ingezet voor verschillende processen, kan dit gepaard gaan met een verminderde precisie in de aansturing van hersenprocessen (Qasem et al., 2022; Wischnewski et al., 2023). Vanuit dit perspectief kan tACS, wanneer het een theta-oscillatie versterkt die al betrokken is bij angstgerelateerde processen, de bestaande verstoring onbedoeld verergeren in plaats van het werkgeheugen te verbeteren. Deze interpretatie sluit aan bij de studie van Moran (2016), waarbij wordt gesuggereerd dat de aanwezigheid van angstsymptomen kan zorgen voor competitie om het beperkte aantal beschikbare neurale oscillaties. In eerdere studies is tACS echter geassocieerd met verbeteringen in synaptische sterkte en efficiëntie van neurale communicatie (Pahor en Jaušovec, 2018; Qasem et al., 2022). Vossen et al. (2014) en Wischnewski et al. (2023) benadrukken dat deze verbetering afhankelijk

is van de synchrone activiteit en de precieze timing van de neurale ontladingen. Het feit dat de groep met hoge angstniveaus slechter presteerde, suggereert dat de ongereguleerde oscillaties die met angst gepaard gaan wellicht een situatie kunnen creëren waarin deze synchrone activiteit moeilijker te bereiken of te behouden is. Aangezien de deelnemers echter geen klinische diagnose hadden, zijn verschillen in oscillatie patronen waarschijnlijk subtiel. In combinatie met de beperkte steekproefgrootte had de studie mogelijk onvoldoende statistische power om over deze trends duidelijke conclusies te trekken, specifiek in betrekking tot Hypothese 1a.

De afwezigheid van significante resultaten kan onder andere worden verklaard door de kleine steekproef (N=16), waarbij de anxiety groep bovendien in tweeën werd gesplitst. Dit heeft gevolgen voor de statistische power en beperkt generaliseerbaarheid van de resultaten. Daarnaast bestond de steekproef uit een gemaksteekproef met voornamelijk jonge studenten, wat mogelijk heeft kunnen zorgen voor een “ceiling effect” (= plafondeffect). Hier kan het relatief hoge cognitieve functioneren en het goed ontwikkelde werkgeheugen van universitaire studenten resulteren in een beperkte variatie van scores, waardoor verschillen tussen condities moeilijker waarneembaar zijn. Voor toekomstig onderzoek wordt daarom aanbevolen gebruik te maken van een grotere en meer diverse steekproef, met deelnemers uit verschillende leeftijdscategorieën en achtergronden, om de generaliseerbaarheid van de resultaten te vergroten. In eerdere studies zijn significante effecten van tACS gevonden in steekproeven met grotere omvang. Zo onderzochten Lee et al. (2024) een klinische populatie van 27 deelnemers tussen de 16,6 tot 74,6 jaar, terwijl Liu et al. (2023) tACS toepasten bij 79 gezonde deelnemers om emotionele aandachtsprocessen te onderzoeken.

De CDT en N-Back zijn structureel verschillende taken, waardoor de werkgeheugenprestatiescores beperkt vergelijkbaar zijn. In een vervolgstudie zouden resultaten

daarom met voorkeur per taak afzonderlijk geïnterpreteerd kunnen worden. In de studie van Pahor en Jaušovec (2018) werden beide taken uitgevoerd, waarbij de resultaten expliciet per taak werden geanalyseerd. De auteurs rapporteerden daarbij dat tACS een waarneembaar positief effect had op de verbale taak, terwijl een dergelijk effect niet werd gevonden bij de visuospatiële taak. Ook Hou et al. (2025) maakten binnen hun onderzoek onderscheid tussen verbale en visuospatiële taken, vanwege de verschillende cognitieve eisen van de taken. Daarnaast wordt aanbevolen om in toekomstig onderzoek een pre-analyse van de prestaties op oefentaken mee te nemen. Op deze manier kan een individuele basisprestatie (baseline) worden gesteld, wat het mogelijk maakt om veranderingen in prestatie als gevolg van tACS duidelijker te interpreteren.

Een andere verklaring voor het gebrek aan significante resultaten is dat de stimulatie locatie, de hoeveelheid van elektroden of de vorm van plaatsen wellicht niet optimaal waren voor de werking van tACS op het werkgeheugen. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de effectiviteit van tACS sterk afhankelijk kan zijn van deze gegevens. Zo rapporteerde Hou et al. (2025) en Pahor en Jaušovec (2018) significante effecten wanneer tACS werd toegepast over pariëtale gebieden, terwijl stimulatie van de prefrontale cortex in hun studies geen significante effecten opleverde. Daarnaast vonden Lee et al. (2024) significante resultaten bij het plaatsen van de elektroden in een ‘tripod’ vorm, wat suggereert dat de positionering ook van invloed kan zijn. In toekomstig onderzoek wordt aanbevolen om bijvoorbeeld eerst gebruik te maken van elektroencefalografie (EEG). In de studie van Zeng et al. (2022) werd EEG toegepast om de optimale locatie en frequentie voor de stimulatie te bepalen voordat tACS werd toegepast. Hiermee identificeerden ze specifieke neurale markers waarmee significante positieve resultaten van tACS op het werkgeheugen werden gevonden.

Tot slot werd er in het huidige onderzoek alleen gebruikgemaakt van de STAI-Trait scores. Het is echter mogelijk dat ‘state’ angst een geschiktere maatstaf was geweest om te onderzoeken in hoeverre angst invloed heeft op de effecten van tACS op het werkgeheugen. Sommige onderzoekers geven namelijk de voorkeur aan state angst omdat deze de psychologische toestand van de deelnemer op het precieze moment van de test vastlegt, wat mogelijk gevoeliger is voor de experimentele setting dan trait angst. Moran (2016) gebruikte bijvoorbeeld beide subschalen om de algemene associatie tussen angst en werkgeheugencapaciteit te testen. Deze studie toonde echter aan dat beide categorieën samenhangen met slechtere prestaties van het werkgeheugen, wanneer er een hogere score is. Voor toekomstig onderzoek kan het daarom relevant zijn om state anxiety, of een combinatie van de state- en traitcategorie, op te nemen in de analyse.

Hoewel het onderzoek enkele beperkingen kent, kunnen de gemaakte keuzes voor het onderzoeksdesign worden gerechtvaardigd op basis van eerder genoemd onderzoek. De prefrontale cortex blijft een logisch target voor stimulatie, aangezien dit gebied een centrale rol speelt in zowel werkgeheugen- als angstgerelateerde processen (zie e.g., Miller et al., 2018; Qasem et al., 2022; Totty & Maren, 2022; Wischnewski et al., 2023). Eerder onderzoek laat zien dat bij personen met angstsymptomen de doelgerichte controle van de prefrontale cortex vaak verstoord is, wat gepaard gaat met verminderde taakprestaties (Roxburgh et al., 2023). Aangezien theta-oscillaties gelokaliseerd zijn in de prefrontale cortex (Qasem et al., 2022), is dit gebied nog altijd een logische locatie voor de toepassing van theta-tACS om deze ritmes te versterken en efficiënte informatieverwerking te herstellen.

Daarnaast is de beslissing om uitsluitend trait-angst in de analyse te betrekken consistent met eerdere literatuur en voornamelijk het doel van dit onderzoek. Hoewel state angst de

angstniveaus van het specifieke testmoment kunnen weergeven, dient trait angst als een consistente voorspeller van eventuele ongereguleerde oscillaties bij proefpersonen. Vanuit dit perspectief kan de focus op trait-angst worden gezien als een methodologisch logische keuze binnen het huidige onderzoeksdesign..

Conclusie

Samenvattend biedt dit onderzoek de eerste aanwijzingen voor de rol van angst op de invloed van tACS op het werkgeheugen. Hoewel de resultaten niet kunnen worden geïnterpreteerd als vaststaande feiten, leveren de waargenomen trends relevante aanknopingspunten voor toekomstig onderzoek. Op basis hiervan kan vervolgonderzoek voortbouwen op de huidige bevindingen door de eerder geformuleerde suggesties te integreren in het onderzoeksdesign. Daarmee onderstreept deze studie het potentieel van tACS als onderzoeks- en interventietool, ook binnen subklinische populaties.

Referenties

- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Barnes, L. L. B., Harp, D., & Jung, W. S. (2002). Reliability Generalization of scores on the Spielberger State-Trait anxiety inventory. *Educational and Psychological Measurement*, 62(4), 603–618. <https://doi.org/10.1177/0013164402062004005>
- Basten, U., Stelzel, C., & Fiebach, C. J. (2012). Trait anxiety and the neural efficiency of manipulation in working memory. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 12(3), 571–588. <https://doi.org/10.3758/s13415-012-0100-3>
- Bishop, S. J., Duncan, J., & Lawrence, A. D. (2004). State anxiety modulation of the amygdala response to unattended Threat-Related stimuli. *Journal of Neuroscience*, 24(46), 10364–10368. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2550-04.2004>
- Debnath, R., Elyamany, O., Iffland, J. R., Rauh, J., Siebert, M., Andraes, E., Leicht, G., & Mulert, C. (2025). Theta transcranial alternating current stimulation over the prefrontal cortex enhances theta power and working memory performance. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1493675. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1493675>
- Fan, L., Blumenthal, J. A., Watkins, L. L., & Sherwood, A. (2015). Work and home stress: associations with anxiety and depression symptoms. *Occupational Medicine*, 65(2), 110–116. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu181>
- Hassanvandi, S., Mohammadzadegan, R., Saadat, S. H., Hatef, B., & Shahyad, S. (2025). Effectiveness of Mindfulness-Based Stress Reduction on Salivary Cortisol and α -amylase Level, Anxiety and Depression in Students: A Randomized and Parallel-Group Clinical

- Trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 50(3), 417–428.
<https://doi.org/10.1007/s10484-025-09690-5>
- Herweg, N. A., Solomon, E. A., & Kahana, M. J. (2020). Theta oscillations in human memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(3), 208–227. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.12.006>
- Hou, T., Mao, X., & Zhang, R. (2025). Effect of theta-transcranial alternating current stimulation on working memory performance among healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Psychiatry*, 15(9), 107754.
<https://doi.org/10.5498/wjp.v15.i9.107754>
- Ironside, M., Browning, M., Ansari, T. L., Harvey, C. J., Sekyi-Djan, M. N., Bishop, S. J., Harmer, C. J., & O’Shea, J. (2018). Effect of prefrontal cortex stimulation on regulation of amygdala response to threat in individuals with trait anxiety. *JAMA Psychiatry*, 76(1), 71. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2018.2172>
- Julian, L. J. (2011). Measures of anxiety: State-Trait Anxiety Inventory (STAI), Beck Anxiety Inventory (BAI), and Hospital Anxiety and Depression Scale-Anxiety (HADS-A). *Arthritis Care & Research*, 63(S11). <https://doi.org/10.1002/acr.20561>
- Kishimoto, T., Sun, L., Wang, C., Xu, H., Fu, Y., Gao, Y., Cheng, Z., Jin, J., & Zhang, R. (2025). Behavioral and computational signatures of visual working memory deficits in adolescents with anxiety disorder. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-025-07907-8>
- Lee, T., Li, C. R., & Tramontano, G. (2024). Tripod transcranial alternating current stimulation at 5-Hz to alleviate anxiety symptoms: A preliminary report. *Journal of Affective Disorders*, 360, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.05.166>
- Lee, T., & Tramontano, G. (2024). Neural consequences of 5-Hz transcranial alternating current

- stimulation over right hemisphere: An eLORETA EEG study. *Neuroscience Letters*, 835, 137849. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2024.137849>
- Leicht, G., Rauh, J., Mußmann, M., Vauth, S., Steinmann, S., Haaf, M., Haenschel, C., & Mulert, C. (2025). Simultaneous EEG-fMRI reveals a visual working memory encoding network related to theta oscillatory activity in healthy subjects. *Human Brain Mapping*, 46(6), e70216. <https://doi.org/10.1002/hbm.70216>
- Liu, S., He, Y., Guo, D., Liu, X., Hao, X., Hu, P., & Ming, D. (2022). Transcranial alternating current stimulation ameliorates emotional attention through neural oscillations modulation. *Cognitive Neurodynamics*, 17(6), 1473–1483. <https://doi.org/10.1007/s11571-022-09880-5>
- Miller, E. K., Lundqvist, M., & Bastos, A. M. (2018). Working Memory 2.0. *Neuron*, 100(2), 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.09.023>
- Moran, T. P. (2016). Anxiety and working memory capacity: A meta-analysis and narrative review. *Psychological Bulletin*, 142(8), 831–864. <https://doi.org/10.1037/bul0000051>
- Pahor, A., & Jaušovec, N. (2018). The effects of theta and gamma TACS on working memory and electrophysiology. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00651>
- Qasem, W. A., Abubaker, M., & Kvašňák, E. (2022). Working Memory and Transcranial Alternating Current Stimulation—State of the Art: Findings, missing, and challenges. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.822545>
- Roxburgh, A. D., White, D. J., Grillon, C., & Cornwell, B. R. (2023). A neural oscillatory signature of sustained anxiety. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 23(6), 1534–1544. <https://doi.org/10.3758/s13415-023-01132-1>

- Semprini, M., Bonassi, G., Barban, F., Pelosin, E., Iandolo, R., Chiappalone, M., Mantini, D., & Avanzino, L. (2020). Modulation of neural oscillations during working memory update, maintenance, and readout: An hdEEG study. *Human Brain Mapping, 42*(4), 1153–1166. <https://doi.org/10.1002/hbm.25283>
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Consulting Psychologists Press.
- Thomas, C. L., & Cassady, J. C. (2021). Validation of the state version of the State-Trait anxiety inventory in a university sample. *SAGE Open, 11*(3). <https://doi.org/10.1177/21582440211031900>
- Totty, M. S., & Maren, S. (2022). Neural oscillations in aversively motivated behavior. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 16*, 936036. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.936036>
- Vossen, A., Gross, J., & Thut, G. (2014). Alpha power increase after transcranial alternating current stimulation at alpha frequency (A-TACS) reflects plastic changes rather than entrainment. *Brain Stimulation, 8*(3), 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.12.004>
- Wischnewski, M., Alekseichuk, I., & Opitz, A. (2023). Neurocognitive, physiological, and biophysical effects of transcranial alternating current stimulation. *Trends in Cognitive Sciences, 27*(2), 189–205. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.11.013>
- Zeng, L., Guo, M., Wu, R., Luo, Y., & Wei, P. (2022). The effects of Electroencephalogram Feature-Based transcranial alternating current stimulation on working memory and electrophysiology. *Frontiers in Aging Neuroscience, 14*, 828377. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.828377>

Appendix A

Samenvatting AI-gebruik

- Gebruikt AI-systeem: NotebookLM <https://notebooklm.google/>
- Gebruikte definitieve prompts en waarom:
 - Prompt 1: “Could you highlight the parts about the different types of neural oscillations in the articles provided?”
 - Waarom?: Sneller en efficiënter door artikelen heen gaan, omdat ik door de grote hoeveelheid aan verschillende onderzoeken vaak het overzicht verloor.
 - Prompt 2: “Based on the provided articles (do not use any other information than given), could you explain in a more easy to understand language what a theta oscillation means?”
 - Waarom?: Ik vond de tekst in de artikelen moeilijk en wilde het goed begrijpen voordat ik erover kon schrijven.
 - Prompt 3: “Could you give a summary of what this article has used the STAI for?”
 - Waarom?: Op deze manier had ik direct een duidelijk overzicht van waar in het artikel de STAI voor werd gebruikt.
- Toepassing:
 - Prompt 1: De gegeven stukken tekst heb ik teruggevonden in de artikelen en met deze informatie een eigen tekst geschreven.
 - Prompt 2: Ik heb eerst de gegeven informatie gecontroleerd in de artikelen en begreep het daardoor beter. Vervolgens heb ik er zelf tekst over geschreven.

- Prompt 3: Ik heb de samenvatting gelezen en heb daarna op een betere manier in 1 à 2 zinnen als voorbeeld kunnen uitleggen wanneer de STAI in een subklinische setting werd gebruikt.
- Gebruikt AI-systeem: ChatGPT <https://chatgpt.com>
- Gebruikte definitieve prompts en waarom:
 - Prompt 1: “Zou je mij het stappenplan willen geven van het uitvoeren van een RM-ANOVA in SPSS?”
 - Waarom?: Ik had dit nog nooit eerder uitgevoerd in SPSS.
 - Prompt 2: “Hoe maak ik een median split in SPSS? En hoe zet ik dan de data in een wide format in SPSS”
 - Waarom?: Dit waren ook allebei stappen die ik nog nooit eerder had uitgevoerd, maar wel essentieel waren voor het uitvoeren van de analyse.
 - Prompt 3: “Wat voor diepgang wordt verwacht over een gebruikte vragenlijst bij het schrijven van een wetenschappelijk artikel? Welke punten moeten er sowieso in staan?”
 - Waarom?: Ik twijfelde of ik genoeg had verteld over de STAI in de methode en introductie.
- Toepassing:
 - Prompt 1: Ik heb het stappenplan uit kunnen voeren in SPSS. Verder is er niks met de tekst gedaan.
 - Prompt 2: Ik heb de stappen uitgevoerd en hiermee de RM-ANOVA uit kunnen voeren.

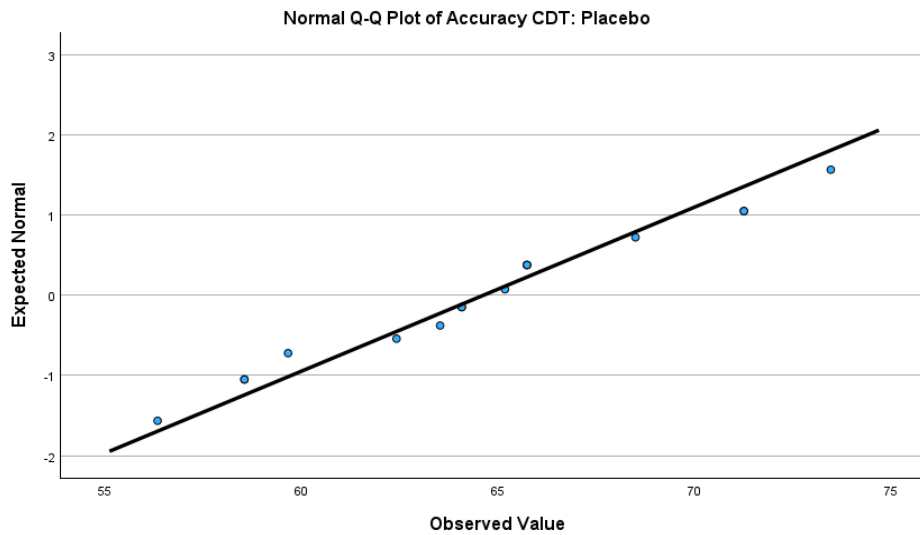
- Prompt 3: Ik heb gecontroleerd of ik de genoemde punten had verwerkt in mijn tekst. Zo niet, voegde ik nog informatie toe.

Appendix B

Assumptie Checks

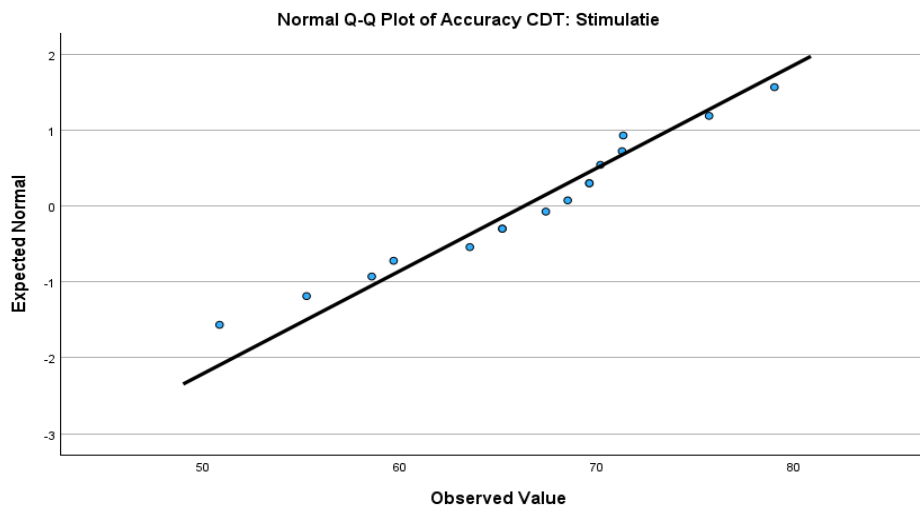
Figuur B1

Q-Q-plot van de prestatie op de CDT in de placeboconditie.



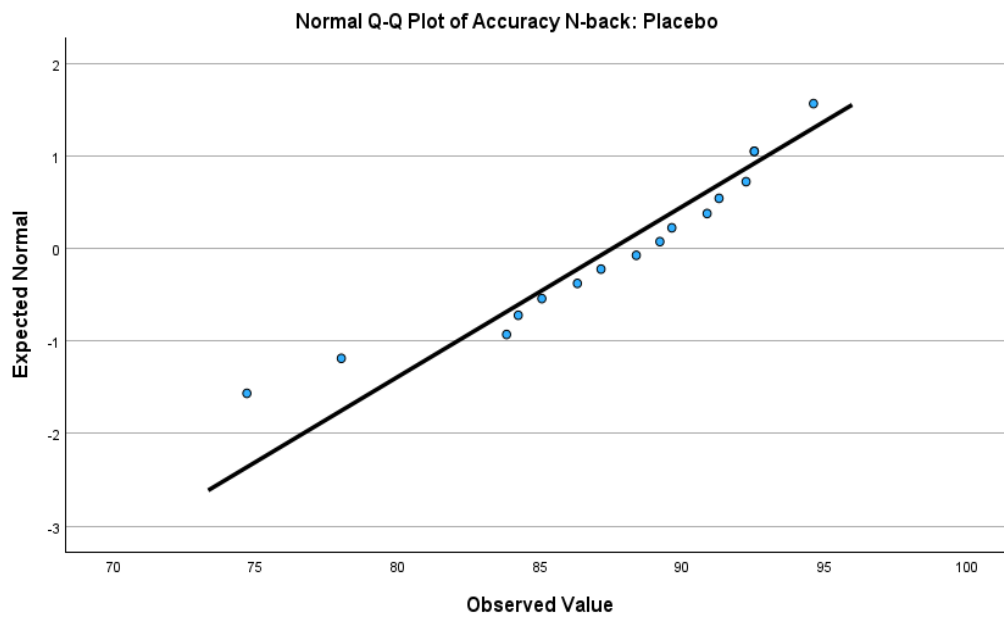
Figuur B2

Q-Q-plot van de prestatie op de CDT in de stimulatie conditie.

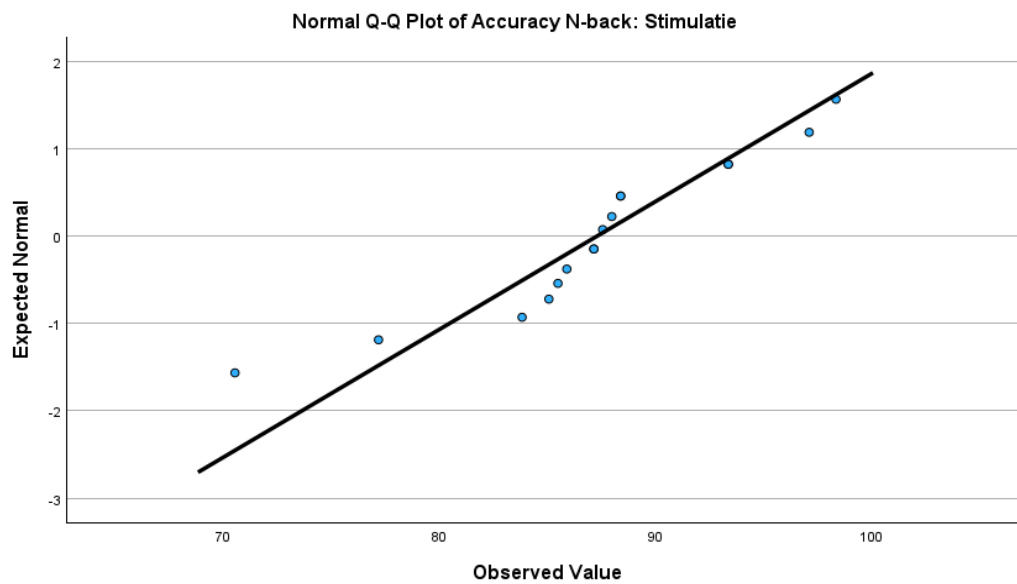


Figuur B3

Q-Q-plot van de prestatie op de N-Back in de placeboconditie.

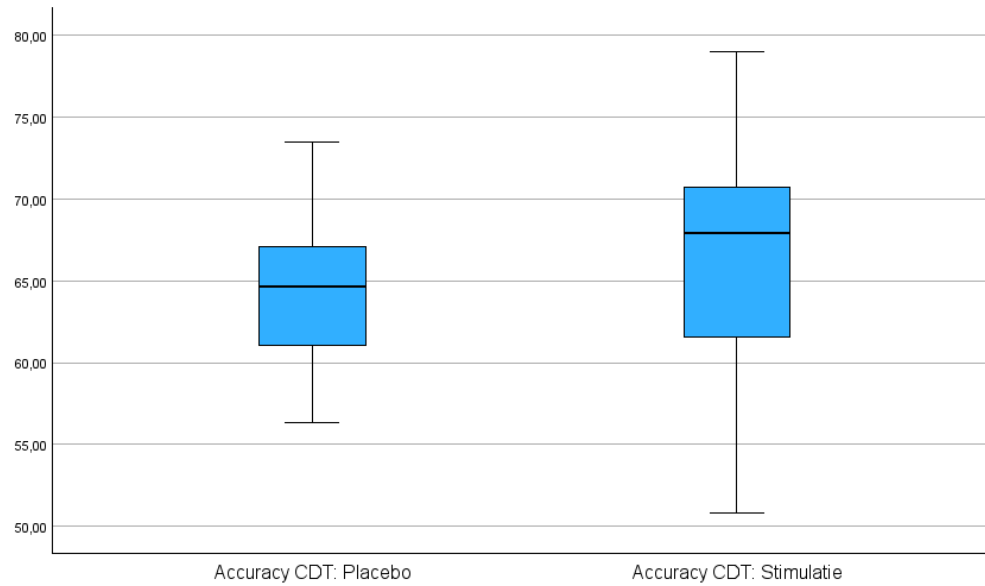
**Figuur B4**

Q-Q-plot van de prestatie op de N-Back in de stimulatie conditie.

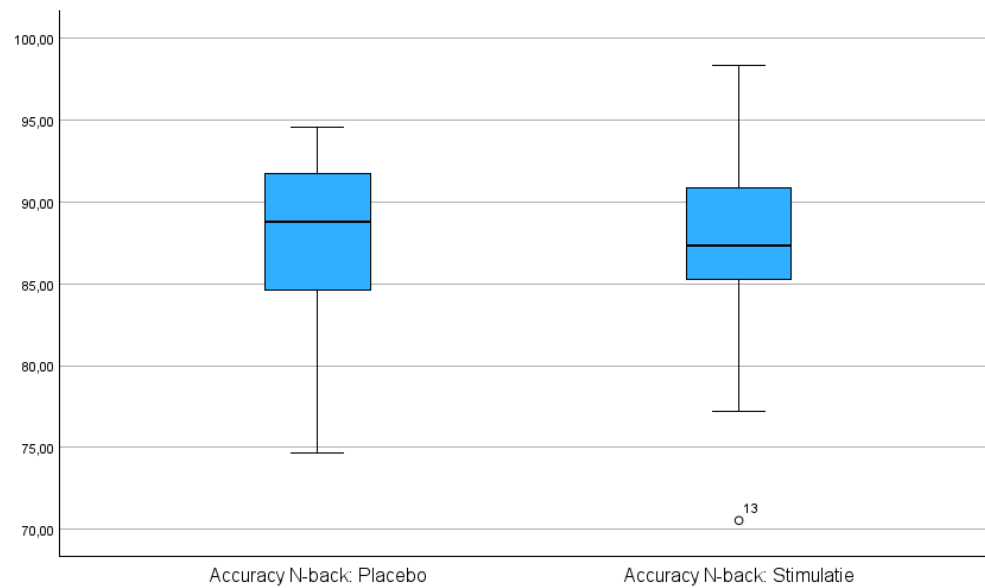


Figuur B5

Boxplots van de prestatie op de CDT bij de verschillende condities.

**Figuur B6**

Boxplots van de prestatie op de N-Back bij de verschillende condities.



Tabel B1

Levene's tests voor de gelijkheid van foutvarianties voor de prestaties op de CDT en de N-Back.

Taak	Conditie	F	df1	df2	p
CDT	Placebo	0.18	1	14	.682
CDT	Stimulatie	0.02	1	14	.878
N-Back	Placebo	0.16	1	14	.694
N-Back	Stimulatie	0.74	1	14	.404