

Cafeïne en aandacht: Het verband van cafeïne en aandacht en het resting state EEG

Nina Breel

Universiteit van Tilburg

Bachelor thesis Psychologie

Major Cognitieve Neuropsychologie

Department: Cognitieve Neuropsychologie

SNR: 2035848

Eerste beoordelaar: Geert van Boxtel

Tweede beoordelaar: Hans Revers

Datum van inleveren: 19/06/2022

Abstract

Cafeïne staat bekend als een stof die helpt bij prestatiegerichtheid, focus en aandacht. Alfa power in het *resting state elektro-encefalogram (EEG)* speelt hierin ook een rol aangezien deze reduceert bij een staat van aandacht. Vandaar dat de volgende vraag in dit onderzoek centraal stond: wat is het verband tussen cafeïne, alfa power in het *resting state EEG* en aandacht? Verondersteld werd dat aandacht en cafeïne verband hield met een lagere mate van de alfa power in het *resting state EEG* en dat cafeïne verband hield met een vergrote aandacht. Bij 35 participanten (9 mannen en 26 vrouwen) werd de Continuous Performance Task (CPT) en het *resting state EEG* afgenomen. Uit het *resting state EEG* werd de alfa power verkregen en middels de CPT: de reactietijd en het foutpercentage GO/NOGO. Voorgaand kregen zij de CCQ voor hun score op cafeïne consumptie. Door middel van Pearson correlaties werd de volgende data verkregen: alfa power correleert positief met reactietijd en negatief met foutpercentage met de stimuli NOGO. Concluderend er is wel een verband tussen alfa power in het *resting state EEG* en aandacht. Er is geen verband gevonden tussen de hoeveelheid cafeïne en aandacht noch alfa power.

Introductie

Uit onderzoek van *the International Coffee Organisation (ICO)* blijkt dat wij Nederlanders in de top vijf grootste koffiedrinkers ter wereld staan. Wij drinken per dag gemiddeld 4,4 koppen koffie, dit staat gelijk aan 352 mg cafeïne (Offerte.nl, 2022). Dit komt al in de buurt van de maximale bovengrens van 400 mg cafeïne, die wordt geadviseerd door het Voedingscentrum (2022). Cafeïne is een alkaloïde die voorkomt in bijvoorbeeld koffie en thee maar ook in bepaalde soorten frisdrank zoals cola. Het is een milde psychoactieve stof met een stimulerende werking. Er is veel literatuur over de effecten van cafeïne op het lichaam en het brein. Zo neemt het gevoel van vermoeidheid af, geeft het een energiek gevoel, gaat de reactiesnelheid tijdens een taak omhoog en verbeteren de cognitieve en fysieke prestaties (Harpaz et al., 2017).

Deze positieve effecten van cafeïne worden volgens het biologisch model veroorzaakt doordat de stof snel opgenomen wordt in het maagdarmkanaal en wordt vervolgens door de lever omgezet in drie soorten metaboliëten. Doordat cafeïne door de bloed-hersenbarrière kan, heeft het ook invloed op het neurale functioneren (Harpaz et al., 2017). Daarnaast exciteert het, het orthosympathische zenuwstelsel wat door middel van catecholamines zoals adrenaline en noradrenaline een *fight or flight* reactie opwekt en hierbij zorgt voor een prestatiegerichte staat (Gäde, 2004). Bij deze staat is aandacht en waakzaamheid van belang. Doordat cafeïne het neurofysiologische systeem en het neurale functioneren beïnvloedt, kan het effect hiervan onderzocht worden door middel van het elektro-encefalogram (EEG).

Aan de hand van het EEG kan van grote groepen corticale neuronen de neurale activiteit gemeten worden. De methode is non-invasief en meet activiteit door het elektrische signaal te meten middels elektroden die op verschillende plekken op de hoofdhuid worden aangebracht. Wanneer men kijkt naar de neurale activiteit die in het brein plaats vindt zonder het aanbieden van een stimulus of een taak, heet dit *resting-state EEG* (Barry et al., 2005).

Door het *resting-state EEG* te gebruiken, kan men dit vergelijken tussen proefpersonen waarbij gefocust wordt op bepaalde ritmes in rust. In veel literatuur is gebruik gemaakt van een experimentele onderzoeksmethoden zoals in het onderzoek van Barry et al. (2009) waarin ze de proefpersonen opsplitsten in twee groepen waarbij de ene groep cafeïne kreeg toegediend en de andere groep een placebo. Dit huidige onderzoek zal vooral gebruik maken van een correlationele onderzoeksmethode waarbij we op zoek gaan naar de correlatie tussen cafeïne en *resting state EEG*.

Het meeste onderzoek naar cafeïne en *resting state EEG*, focuste zich veelal op de alfa activiteit, meer specifiek: de alfa power. De alfa golf is gerelateerd aan aandacht en geheugen en is het sterkst voor de occipitale en pariëtale gebieden (Foxe et al., 2012). In deze onderzoeken werd daardoor ook vaak een geheugentaak gedaan, cafeïne had zoals eerder benoemd namelijk ook een effect van focus en prestatiegerichtheid. Het *resting state EEG* wat in deze onderzoeken gebruikt wordt, kan opgenomen worden tijdens dat de proefpersoon de ogen op of ogen dicht heeft. De alfa power is het meest prominent wanneer men de ogen dicht heeft (Van de Steen et al., 2022). Vandaar dat in dit onderzoek gefocust wordt op *resting state EEG* met de ogen gesloten.

Doordat aandacht wordt gelinkt aan cafeïne maar ook aan de alfa power in het *resting state EEG*, wordt aandacht ook in dit onderzoek betrokken. In het onderzoek van Lorist en Tops (2003) werd er een lage alfa amplitude gevonden in het *resting state EEG* wanneer men hoog scoorde op aandachtstaken. Een lage alfa power was te zien bij een grote aandacht. In meerdere onderzoeken werd dit resultaat eveneens gevonden. Hiertegen werd in het onderzoek van Foxe et al. (2012) dit resultaat niet gevonden. Zij vonden wel een reductie in alfa power in het EEG dat tijdens de aandachtstaak werd opgenomen dus niet bij de alfa power in het *resting state EEG*. Voorgaand onderzoek levert dus wat conflicterende resultaten op. Daarnaast zou ook de alfa power veranderen wanneer men hoog scoort op aandacht

(Magosso et al., 2019) en dan nadrukkelijk bij aandacht gericht op de externe omgeving zoals in het algemeen bij aandachtstaken.

Naast het feit dat aandacht een effect zou hebben op het *resting state EEG*, kan cafeïne weer effect hebben op de aandacht. Uit de literatuur blijkt dat cafeïne een aandacht verhogende functie heeft, men scoort dan beter op aandachtstaken. Hierbij werd vaak gekeken naar het aantal fouten maar ook reactiesnelheid. In het onderzoek van Foxe et al. (2012) kwam naar voren dat cafeïne zorgden voor minder fouten in de taak en een hogere reactiesnelheid. Om te kijken of dit ook terug te zien is in de alfa power van het *resting state EEG*, staat in dit onderzoek de volgende vraag centraal: Wat is de relatie van cafeïne, aandacht en alfa power in het *resting state EEG*?

Doordat in dit onderzoek de correlatie van cafeïne en aandacht, de correlatie van aandacht en alfa power en de correlatie van cafeïne en alfa power wordt onderzocht, worden de volgende drie hypothesen getoetst:

1. De hoeveelheid cafeïne correleert positief met aandacht; negatief met foutpercentage en negatief met reactietijd tijdens de *continuous performance test* (CPT)
2. Reactietijd en foutpercentage van de CPT (aandacht) correleren positief met de alfa power in het *resting state EEG*
3. De hoeveelheid cafeïne correleert negatief met de alfa power in het *resting state EEG*

Methode

Deelnemers

35 participanten hebben deelgenomen aan het onderzoek. Dit waren 24 vrouwen en 9 mannen waarvan 5 linkshandigen en 30 rechtshandigen. De gemiddelde leeftijd van de participanten was 22.34 met een standaarddeviatie van 5.7. Een deel van de participanten waren student aan Tilburg University, zij ontvingen na het voltooien van de taken van het

onderzoek een beloning in de vorm van proefpersoonuren. Het overige deel van de participanten waren kennissen van studenten van Tilburg University die testleider waren tijdens het onderzoek. De participanten hebben alvorens het onderzoek schriftelijk toestemming gegeven.

Vragenlijst

In totaal werd er gebruik gemaakt van acht vragenlijsten waarmee verschillende aspecten gemeten werden zoals; ADHD (ASRS), autisme (AQ-50) en ook cafeïne consumptie (CCQ). *The caffeine consumption questionnaire* (CCQ) geeft een indicatie van de hoeveelheid cafeïne die men dagelijks nuttigt en de reden daarachter. Het huidige onderzoek heeft enkel betrekking op de hoeveelheid cafeïne consumptie vandaar dat hier alleen de CCQ wordt uitgelicht. De participanten hadden een verkorte versie van de CCQ waarbij deze versie bestond uit vijf items, zie appendix A. Er werd bijvoorbeeld gevraagd of men cafeïne consumeerden en wat hun reden daarachter was, daarnaast werd ook gevraagd welke cafeïne houdende drankje zij meestal consumeerden. De hoeveelheid keuzemogelijkheden verschilden van twee tot acht mogelijkheden per item.

Aan de hand van tabel 1 werd berekend hoeveel cafeïne het drankje bevat dat de participant had aangegeven. Vervolgens kan dit vermenigvuldigd worden met het aantal cafeïne houdende drankjes dat zij gemiddeld per dag consumeren. Hieruit komt het aantal milligram cafeïne dat zij gemiddeld per dag binnenkrijgen. De algemene bovengrens van cafeïne gebruik ligt bij de 400 mg/dag (Voedingscentrum, 2022).

Tabel 1

Overzicht cafeïne houdende dranken

Drank	Eenheid	Cafeïnegehalte
Koffie	Kopje (125 ml)	80 mg
Thee	Kopje (125 ml)	40 mg
Cola – frisdrank (ook light)	Blikje (330 ml)	35 mg
Energy drink	Blikje (250 ml)	80 mg

Noot 1 Overgenomen uit Advies van de Hoge Gezondheidsraad NR. 8689 (2012)

Stimuli

Continuous Performance task

De visuele stimuli die zijn gebruikt tijdens de CPT zijn vijf wit gekleurde letters (H,R,S,P,B) die in het midden van het scherm werden afgebeeld. De letters hadden een *fontsize* van 100%. De stimuli werden op een monitor met een resolutie van 1920px x 1080px afgebeeld en de monitor had een zwarte achtergrond. De participant zat 60 centimeter van de monitor af en vervolgens werd de CPT afgenomen.

Resting state EEG

De visuele stimulus die is gebruikt tijdens de *resting state EEG* is een wit kruis. Tijdens de *eyes open* was dit witte kruis te zien op een zwarte achtergrond. Het witte kruis was in het midden van het scherm afgebeeld. Tijdens *eyes closed* was de monitor zwart zonder het witte kruis.

Algemene procedure

Voordat de participant aan de taken begon, werden de acht vragenlijsten zoals eerder al beschreven, ingevuld. Het toestemmingsformulier werd ingevuld en hierbij werden alle rechten van de participant uitgelegd. Vervolgens werden de elektroden aangebracht voor de fysiologische metingen en daarna werd de participant naar de geluidsarme kamer gebracht waarin zij drie taken moesten afleggen. De participanten konden geobserveerd worden door

de testleider middels CCTV. Vervolgens wordt het *resting state EEG* afgenomen. Van deze drie taken wordt alleen de CPT gebruikt in dit onderzoek en het *resting state EEG*. Tijdens de taken werd de participant gevraagd aandachtig te kijken naar de gegeven visuele stimuli. Voorgaand aan de daadwerkelijke taak was telkens een oefensessie waarbij er een korte uitleg was, die gelijk was aan de daadwerkelijke taak. Elke taak duurde ongeveer 20 a 25 minuten en het *resting state EEG* was verdeeld in *eyes closed* en *eyes open*, deze duurde ieder 5 minuten. Tussen de taken was geen pauze, tijdens de taken was er een optie voor een pauze. De participant kon zelf aangeven wanneer weer door te willen gaan met de taak. Wanneer alle taken en het *resting state EEG* waren voldaan, werd de participant gevraagd de geluidsarme kamer te verlaten en werden de elektroden van het hoofd en het gezicht verwijderd. Vervolgens werd hen de optie aangeboden om daar hun haren te wassen. In totaal waren de participanten twee uur bezig.

Trial procedure

Continuous performance task

Een enkele trial bestond eerst uit een zwart beeld dat 1350 ms weergegeven werd, waarna er de visuele stimulus voor 150 ms volgde. Hierna volgde er weer een zwart scherm waarin de participant tijd had om te reageren. De participant had 400ms de tijd om te reageren. De participant kon reageren door de spatiebalk in te drukken of dit juist niet te doen. Bij de stimuli H,R,S,P moest men reageren door de spatiebalk in te drukken. Bij de letter B was het de bedoeling de spatiebalk juist niet in te drukken. Na de respons van wel of niet drukken was de trial voldaan en begon de trial opnieuw. Elke unieke stimuli werd 80 keer herhaald in een willekeurige volgorde, de participant kreeg dus 400 trials in totaal. Deze 400 trials werden in 4 blokken van 100 trials opgedeeld met daartussen een korte pauze.

Resting state EEG

De *resting state EEG* bestond uit twee delen: een deel ogen geopend en een deel ogen gesloten. Tijdens het eerste deel was het de bedoeling dat de participant focuste op het witte kruis. Van tevoren kregen zij de opdracht een ontspannen houding aan te nemen. Er was dus een enkele trial die bestond uit een visuele stimulus in de vorm van een wit kruis. Deze stimulus was vijf minuten zichtbaar en hierna was dit deel van de *resting state EEG* voldaan. Vervolgens kwam het tweede gedeelte waarbij werd gevraagd de ogen gesloten te houden. Tevens ook de opdracht gekregen een ontspannen houding aan te nemen. Na vijf minuten gaf de testleider aan dat dit deel voldaan was.

Fysiologische meting

De EEG meting is gedaan door middel van het BioSem Active-Two amplifier system (BioSemi, Amsterdam, The Netherlands). Met 32 elektroden volgens het internationale 10/20 systeem en een sample rate van 512 Hz. De online referentie-elektrode CMS (Common Mode Sense) is gelokaliseerd tussen CZ en C3, de grond elektrode is gelokaliseerd tussen CZ en C4. De offline referentie elektroden werden geplaatst op de linker en rechter mastoïde. Door middel van vier elektro-oculografie elektroden werden horizontale en verticale oogbewegingen geregistreerd. Twee daarvan meten het verticale EOG-sigitaal, deze bevinden zich boven en onder het oog. De overige twee, aan de buitenzijde van de canthus van elk oog, meten het horizontale EOG-sigitaal. Er werden ook twee electrocardiogram-elektrodes geplaatst, één in het midden van het borstbeen en één aan de linkerkant van de ribbenkast onder de oksel. Het ECG is voor dit onderzoek niet geanalyseerd.

Preprocessing

Middels het Brain Vision Analyzer 2.1 (BVA) programma werd de data verwerkt. Het gemiddelde van de rechter en linker mastoïde werden offline gerefereerd met de data en deze data werd gefilterd (low cutoff: .5 Hz; High cutoff: 60Hz). De 50 Hz notch elimineert de 50

Hz interferentie. De data is opgedeeld in periodes (epochs) van 1100 ms, dit is inclusief de 100 ms prestimulus baseline. Door middel van de procedure van Gratton & Coles (1983) is de data gecorrigeerd voor oogbewegingen. De artefacten zijn gedetecteerd en verwijderd wanneer het verschil tussen de meest positieve waarde en negatieve waarden groter was dan 200 mV. Elke trial is gecorrigeerd voor de gemiddelde amplitude van de baseline (100 ms interval voorgaand aan iedere stimulus). Middels BVA werd de alfa power berekend met de *Fast Fourier Transform* (FFT) methode, hierbij wordt de data in frequentiecomponenten opgedeeld. De data werd in twee segmenten opgedeeld: ogen open/ogen dicht (beide 5 minuten). Vervolgens werd de data nogmaals opgedeeld omdat er anders veel ruis in de data is na de FFT. Het Welch spectrum wordt berekend, hierbij is het EEG-signaal opgedeeld in kleinere segmenten, waarbij opeenvolgende segmenten overlappen. Op deze kleinere segmenten wordt de FFT uitgevoerd en hier het gemiddelde van berekend. De eerste segmenten worden niet meegenomen omdat de proefpersoon tijd nodig heeft om zijn blik te werpen op het scherm en te ontspannen. Daarom wordt er gestart bij segment 3. In dit onderzoek is gefocust op de alfa power, het frequentie window is daarom ingesteld op 8-12 HZ. Deze alfa power werd geëxporteerd naar SPSS.

Statistische analyse

Tijdens het analyseren van de data wordt gekeken naar vijf variabelen namelijk; de alfa power van het *resting state EEG*, reactietijd en foutpercentage GO/NOGO tijdens de CPT en CCQ. Bij de alfa power tijdens het *resting state EEG* wordt uitsluitend gekeken naar de conditie *eyes closed*. Bij reactietijd zal de gemiddelde reactietijd van de proefpersoon gebruikt worden tijdens de stimuli GO. Door middel van de CCQ wordt het aantal milligram cafeïne per dag berekend.

Om de normaal verdeeldheid te bevorderen zijn de variabelen: foutpercentage GO, gemiddelde reactietijd, alfa *resting state EEG* data getransformeerd met een log10 transformatie. De CCQ is getransformeerd middels kwadrateren.

Er wordt door middel van het programma IBM SPSS Statistics 27 gekeken naar de Pearson correlaties tussen de variabelen. Er wordt gekeken naar de correlatie tussen alfa power en reactietijd, alfa power en foutpercentage GO/NOGO, cafeïne en reactietijd, cafeïne en foutpercentage GO/NOGO. Ook wordt er gekeken naar de correlatie tussen alfa power en cafeïne. Daarnaast zal ook blijken of de aandacht-variabelen (reactietijd en foutpercentage) onderling correleren. De assumpties die hierbij in acht worden genomen zijn: dat beide variabelen continu zijn, er een lineair verband is tussen de variabelen, de variabelen normaal verdeeld zijn en dat de variabelen geen outliers bevatten. Na de log10 transformaties werd er aan alle assumpties voldaan.

Resultaten

Gedragsdata

Uit de resultaten van de CCQ is gebleken dat 6 van de 35 proefpersonen aangaven op dagelijkse basis geen cafeïne te consumeren. Slechts 1 van de 35 proefpersonen zat boven de maximale bovengrens van 400mg cafeïne per dag. De gemiddelde score van de CCQ kwam overeen met 112.2mg cafeïne per dag ($SD = 110.1$).

CPT-data

Middels de CPT werd aandacht gemeten. Hierbij werden de gemiddelde reactietijd op de stimuli GO, foutpercentage GO en foutpercentage NOGO verkregen. In tabel 2 worden de gemiddeldes van deze onderdelen weergegeven.

Tabel 2

Onderdelen CPT

CPT	N	M(SD)
Reactietijd	35	213.3 (39.7)
Foutpercentage GO	35	4.7 (6.1)
Foutpercentage NOGO	35	25.0 (12.5)

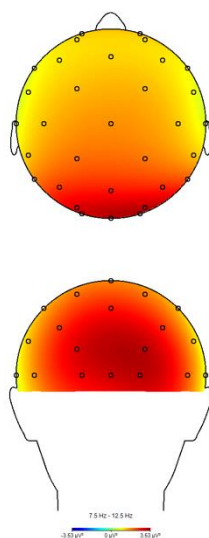
Noot 2 Voor log10 transformatie

EEG Data

Uit de resultaten is gebleken dat de gemiddelde alfa power het hoogst was op elektroden Oz, O2, PO3 en PO4 voor de ogen gesloten conditie, een topografische weergave hiervan in zichtbaar in figuur 1. Hier valt op dat het topografische maximum van de alfa power vooral occipitaal en pariëtaal ligt. Daarnaast is de gemiddelde alfa power van deze elektroden weergegeven in tabel 3.

Figuur 1

Topografisch weergave alfa power



Noot 3 Verdeling van de alfa power (8-12 Hz) tijdens resting state EEG

Tabel 3*Gemiddelde alfa power per elektrode en totale alfa power van elektroden samen*

Ogen gesloten		
Elektrode	N	M alfa power (SD)
Oz	35	.2568 (.46)
O2	35	.4089 (.48)
PO3	35	.3842 (.46)
PO4	35	.4068 (.46)

*Noot 4 Eenheid alfa power in log10 μ V/Hz***Correlaties cafeïne en aandacht/alfa power**

Uit de Pearson correlaties tussen alfa power, aandacht en cafeïne is gebleken dat er geen significant verband is gevonden tussen cafeïne en aandacht (reactietijd noch foutpercentage GO/NOGO), eveneens is er geen significant verband gevonden tussen alfa power en cafeïne. De correlaties met cafeïne zijn klein, deze zijn te zien in tabel 4. Doordat er geen significant verband gevonden is tussen alfa power en cafeïne zijn in tabel 4 alleen de elektroden Oz, O2, PO3 en PO4 weergegeven omdat deze in figuur 1 het meest naar voren kwamen. In figuur 2 is een topografische weergave van de correlaties tussen cafeïne en alfa power op iedere elektrode.

Tabel 4

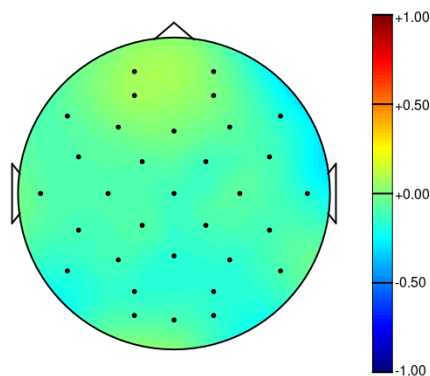
Correlaties tussen reactietijd, foutpercentage GO/NOGO, CCQ en alfa power

	RT	ER GO	ER NOGO	CCQ	Oz	O2	PO3	PO4
RT	-							
ER GO	.733**	-						
ER NOGO	-.528**	-.272	-					
CCQ	-.117	.234	.238	-				
Oz	.362*	.165	-.316	-.096	-			
O2	.374*	.173	-.334	-.155	.973**	-		
PO3	.480**	.271	-.338*	-.156	.938**	.903**	-	
PO4	.517**	.247	-.341*	-.166	.929**	.941**	.934**	-

Noot 5 **.p < 0.01, *.p < 0.05, RT: reactietijd, ER: errorrate, CCQ: Caffeine Consumption Questionnaire

Figuur 2

Topografische weergave correlatie alfa power en CCQ



Noot 6 Topografische weergave van de correlaties tussen elektroden van het resting state EEG en de CCQ

Correlaties CPT

In tabel 4 zijn ook de volgende correlaties te zien. Uit de correlaties is namelijk gebleken dat er een matig tot sterk negatief significant verband gevonden is tussen foutpercentage NOGO en reactietijd ($p < 0.01$). Dit betekent dat wanneer men een lage reactietijd heeft, iemand meer fouten maakt bij de taak NOGO. Dit significante verband is ook gevonden maar dan positief tussen foutpercentage GO en reactietijd ($p < 0.01$). Dit houdt in dat wanneer de reactietijd lager is tijdens de taak, diegene minder fouten maakt bij de taak GO.

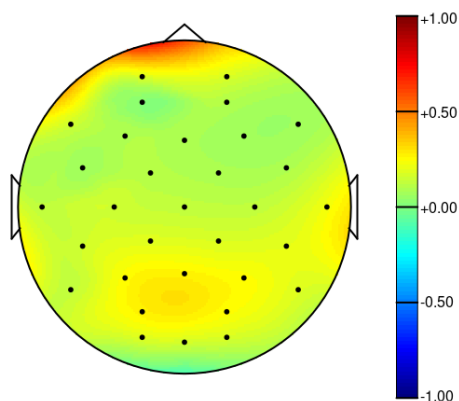
Correlaties alfa power en aandacht

Alfa power en foutpercentage GO

In figuur 3 is een topografische weergave gegeven van de correlatie tussen de alfa power op elke elektrode en foutpercentage GO. Hieruit is gebleken dat er geen significant verband is gevonden tussen alfa power en foutpercentage GO. Deze correlaties waren tevens zeer klein.

Figuur 3

Topografische weergave correlatie alfa power en foutpercentage GO



Noot 7 Topografische weergave van de correlaties tussen elektroden van het resting state EEG en foutpercentage GO

Alfa power en reactietijd

Daarnaast is er wel een matig tot sterk positief significant verband gevonden tussen de alfa power van de elektroden: Fp1, F7, C3, P7, O1, Oz, O2, C4, Fc6, Cz en de gemiddelde reactietijd ($p < 0.05$). Een topografische weergave is gegeven in figuur 4. Dit betekent wanneer de alfa power lager is, de reactietijd ook lager is oftewel de reactiesnelheid hoger is. Tussen de alfa power op de elektroden: CP1, CP5, P3, Pz, Po3, Po4, P4, P8, Cp6, Cp2, T8, Fp2 en de gemiddelde reactietijd is een nog sterker positief significant verband gevonden ($p < 0.01$), deze correlaties zijn weergegeven in tabel 5. Dit verband is het sterkst bij de elektroden Pz en P4, dit is ook te zien in figuur 4. Dit betekent wederom wanneer de alfa power lager is, de reactiesnelheid hoger ligt.

Tabel 5

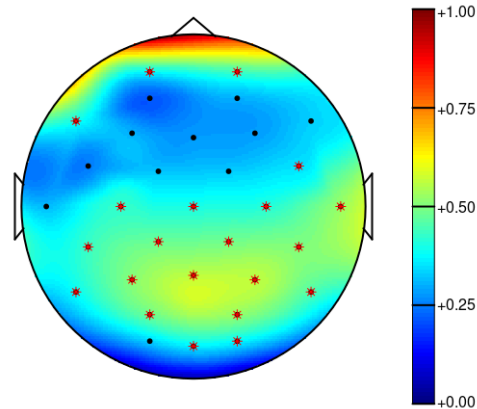
Correlaties tussen de alfa power van de elektroden en gemiddelde reactietijd

Elektrode	Reactietijd
CP1	.478**
CP5	.430**
P3	.506**
Pz	.560**
Po3	.480**
Po4	.517**
P4	.559**
P8	.452**
Cp6	.501**
Cp2	.488**
T8	.524**
Fp2	.437**

Noot 8 **. $p < 0.01$

Figuur 4

Topografische weergave correlatie alfa power en gemiddelde reactietijd



Noot 9 Topografische weergave van de correlaties tussen elektroden van het resting state EEG en gemiddelde reactietijd

*.p < 0.05

Alfa power en foutpercentage NOGO

Tevens is er een sterk negatief verband gevonden tussen alfa power en foutpercentage bij stimuli NOGO. Dit verband was significant voor de alfa power op de volgende elektroden: F7, P7, Pz, Po3, O1, Po4, P4, Fp2 ($p < 0.05$), deze correlaties zijn te zien in tabel 6. Dit verband was het sterkste op elektroden Fp2. Dit is terug te zien in de topografische weergave in figuur 5. Deze resultaten betekenen wanneer de alfa power lager is, het foutpercentage NOGO omhooggaat oftewel iemand dan meer fouten maakt.

Tabel 6

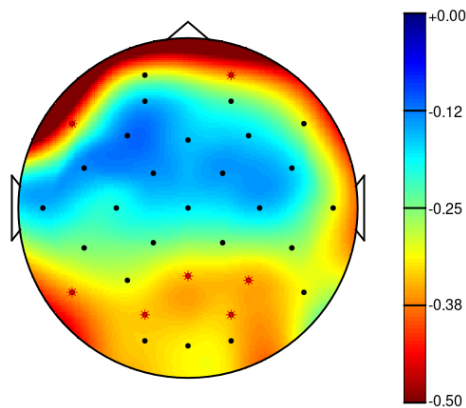
Correlaties tussen alfa power van de elektroden en foutpercentage NOGO

Elektrode	Foutpercentage NOGO
F7	-.381*
P7	-.355*
Pz	-.337*
Po3	-.338*
O1	-.334*
Po4	-.341*
P4	-.350
Fp2	-.357*

*Noot 10 *.p < 0.05*

Figuur 5

Topografische weergave correlatie alfa power en foutpercentage NOGO



Noot 11 Topografische weergave van de correlaties tussen elektroden van het resting state EEG en foutpercentage NOGO

*.p < 0.05

Discussie

In dit onderzoek werd aan de hand van het *resting state EEG* het verband tussen alfa power, aandacht en cafeïne onderzocht. Verondersteld werd dat alfa power in het *resting state EEG* negatief correleert met cafeïne en met aandacht. Daarnaast werd ook gedacht dat aandacht positief correleert met aandacht. Aandacht werd gemeten aan de hand van reactietijd en foutpercentage op de CPT, cafeïne werd gemeten aan de hand van de verkorte versie van de CCQ. Proefpersonen waren student aan Tilburg University of kennissen van studenten en zij hebben alle taken volbracht waaronder de CPT. Vervolgens werd in rust het *resting state EEG* opgenomen en hieruit de alfa power gebruikt.

Uit de resultaten is gebleken dat proefpersonen die een lagere alfa power hadden, een hogere reactiesnelheid hadden, wat hoort bij een vergrote aandacht. Dit komt dus deels overeen met de voorgaande hypothese die was opgesteld. Het verband tussen reactietijd en alfa power was dan ook significant. De onderlinge verbanden tussen aandacht, reactietijd met de foutpercentages GO/NOGO, waren significant. Dit komt overeen met de verwachtingen

aangezien dit allebei aandacht meet. Daarnaast is het verband tussen alfa power en foutpercentage NOGO ook significant, dit duidde op proefpersonen die een lagere alfa power vertoonden, meer fouten maakten tijdens de NOGO stimuli. Dit komt niet overeen met eerder onderzoek noch de opgestelde hypotheses. Ook het verband tussen cafeïne met aandacht en alfa power was niet significant, dit ligt niet in lijn met de gestelde verwachtingen. In de introductie kwam het onderzoek van Fox et al. (2012) naar voren waarbij zij een verband vonden tussen cafeïne en reactietijd maar ook tussen cafeïne en foutpercentage, dit onderzoek kwam daarmee niet overeen. Ook hadden zij geen verband gevonden tussen alfa power en aandacht, wat in dit onderzoek dan wel naar voren kwam. Hierdoor komt dit onderzoek wel overeen met het onderzoek Magosso et al. (2019), wat in de introductie werd aangehaald.

Een mogelijke verklaring voor het gebrek aan significantie bij de verbanden tussen cafeïne en aandacht/alfa power kan zijn dat in dit onderzoek er minder mannelijke proefpersonen waren. In dit onderzoek was de man-vrouw ratio ongeveer: 1:4, de mannen waren duidelijk ondervertegenwoordigd. Dit kan een verklaring zijn omdat mannen gevoeliger zijn voor cafeïne en hierbij dus meer de effecten van cafeïne ervaren die al eerder benoemd zijn: prestatiegerichtheid en focus. Dit zou te wijten zijn aan het feit dat vrouwen een hoger hormoongehalte van oestradiol hebben, wat kan zorgen dat er door het lichaam minder/ nauwelijks gereageerd wordt op cafeïne (Temple & Ziegler, 2011). In het huidige onderzoek kan er daarom geen significant verband tussen cafeïne en aandacht/alfa power zijn doordat in het onderzoek veelal vrouwen zijn onderzocht. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er in deze groep participanten ook een deel was dat weinig tot geen cafeïne consumeerden. Wanneer deze groep eruit werd gehaald werden de verbanden iets sterker maar nog steeds niet significant. Men zou bij een volgend onderzoek proefpersonen kunnen selecteren op hoog cafeïne gebruik. Ook kan hierbij gevraagd worden of men die dag al cafeïne geconsumeerd heeft en hoeveel, bij de CCQ werd uitsluitend gevraagd naar hoeveel

men gemiddeld consumeerden. Hierdoor kan het zijn dat men op het moment van het experiment geen cafeïne had genuttigd waardoor de effecten van cafeïne minimaal zijn.

Het huidige onderzoek komt wel overeen met het onderzoek van Lorist en Tops (2003) hierin werd gevonden dat een reductie in alfa power verband had met het hoger scoren op aandachtstaken, dus een hogere reactiesnelheid. In het huidige onderzoek is ook naar voren gekomen dat een reductie in alfa power ook verband heeft met het meer fouten maken bij de stimuli NOGO. Dit is opvallend omdat een reductie in alfa power vaker geassocieerd wordt met een vergrote aandacht dus minder fouten zoals in het onderzoek van Lorist en Tops (2003). Een verklaring hiervoor kan zijn dat het gehele experiment bestond uit drie taken zoals beschreven in de methode waarbij mentale vermoeidheid een rol kan spelen. Door de mentale vermoeidheid kan ook de motivatie beïnvloed worden waardoor middels deze twee aspecten het foutpercentage omhoog kan gaan (Möckel et al., 2015).

Voor vervolgonderzoek zou men kunnen kijken naar het verband tussen alfa power in het *resting state EEG*, aandacht en inhibitie. Er zijn veel studies die aandacht kiezen of inhibitie maar niet beide. Het is interessant om dit onderzoek te doen maar dan met een andere taak die geen inhibitie vergt zodat je puur aandacht hebt. Een suggestie daarvoor is de REST-HECOOR test, een snelheidstest waarbij er een blauw vierkant op het scherm verschijnt en de participant dan zo snel mogelijk moet klikken. Hierbij is reactiesnelheid belangrijk en niet het vermijden van een bepaalde stimuli zoals bij de CPT. Dit *EEG* zou je dan kunnen vergelijken met het *EEG* en een inhibitietaak.

Wanneer men dit onderzoek ook zou willen uitvoeren, zou het interessant zijn om bijvoorbeeld alleen vrouwelijke proefpersonen te kiezen en hierbij het oestradiol gehalte te meten en dit mee te nemen in het onderzoek, hierbij kun je dus controleren voor oestradiol gehalte en de eventuele werking daarvan op cafeïne. Ook zou men ervoor kunnen kiezen dit

onderzoek uit te voeren met alleen mannelijke proefpersonen en te kijken wat cafeïne dan voor effect heeft op aandacht en de alfa power van het *resting state EEG*.

In de praktijk zou dit onderzoek en de eventuele vervolgstudies bij kunnen dragen aan adviezen over cafeïne met betrekking tot aandacht en prestaties. Hierbij kan worden gedacht aan in welke mate cafeïne daarin bijdraagt en in welke hoeveelheid cafeïne het meeste effect hierop heeft. Zo kunnen mensen meer bewust omgaan met cafeïne en het inzetten voor de juiste doeleinden. Ook kan het voor bewustwording zorgen dat cafeïne wel een stof is die invloed kan hebben op je gedrag.

Een beperking van dit onderzoek is dat het EEG opgenomen is door testleiders die dit maar eenmalig geoefend hebben. Zij hebben vrijwel geen ervaring met mogelijke complicaties en dit resulteerde ook in elektroden die wat minder goed bevestigd waren of die soms opnieuw bevestigd moesten worden. Ook de elektroden achter op het hoofd, waar veel haren zitten, waren lastiger te bereiken voor iemand die minder ervaring heeft. In figuur 1 en tabel 2 is dit terug te zien, hierbij is te zien dat elektrode Oz een wat lagere alfa power heeft dan de andere drie elektroden in de tabel. Dit kan komen doordat er op die plek veel haar zit en dit lastig is om dan goed te plaatsen. Normaal gesproken speelt deze elektrode namelijk een duidelijkere rol bij alfa power. Deze limitatie zou verholpen kunnen worden door meer ervaren testleiders te kiezen of meer supervisie voor de studenten die voor het eerst testleider zijn.

Samenvattend zijn er geen verbanden gevonden tussen de hoeveelheid cafeïne en alfa power in het *resting state EEG* noch aandacht in dit onderzoek. Wel kan men concluderen dat een lagere alfa power in het *resting state EEG* samenhangt met een hogere reactiesnelheid en hoger aantal fouten bij NOGO stimuli. Ook reactiesnelheid hangt samen met het foutpercentage GO/NOGO, wat beide een indicatie is voor aandacht. Dit sluit deels aan bij voorgaand onderzoek dat al naar deze aspecten is gedaan.

Referentielijst

- Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., Brown, C. R., Bruggemann, J. M., & van Rijbroek, I. (2009). Caffeine effects on resting-state arousal in children. *International Journal of Psychophysiology*, 73(3), 355–361.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.05.012>
- Barry, R., Rushby, J., Wallace, M., Clarke, A., Johnstone, S., & Zlojutro, I. (2005). Caffeine effects on resting-state arousal. *Clinical Neurophysiology*, 116(11), 2693–2700.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.08.008>
- Foxe, J. J., Morie, K. P., Laud, P. J., Rowson, M. J., de Bruin, E. A., & Kelly, S. P. (2012). Assessing the effects of caffeine and theanine on the maintenance of vigilance during a sustained attention task. *Neuropharmacology*, 62(7), 2320–2327.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2012.01.020>
- Gäde, G. (2004). Flight or fight—the need for adipokinetic hormones. *International Congress Series*, 1275, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2004.08.094>
- Harpaz, E., Tamir, S., Weinstein, A., & Weinstein, Y. (2017). The effect of caffeine on Energy Balance. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 28(1), 1–10. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2016-0090>
- Hoge Gezondheidsraad. (2012, January 11). *Gebruik van cafeïne in voedingsmiddelen*. Advies van de hoge gezondheidsraad NR 8689. Retrieved April 19, 2022, from https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19076526/Gebruik%20van%20cafeïne%20in%20voedingsmiddelen%20%28januari%202012%29%20%28HGR%208689%29.pdf

Lorist, M. M., & Tops, M. (2003). Caffeine, fatigue, and cognition. *Brain and Cognition*, 53(1), 82–94. [https://doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00206-9](https://doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00206-9)

Magosso, E., De Crescenzo, F., Ricci, G., Piastra, S., & Ursino, M. (2019). EEG alpha power is modulated by attentional changes during cognitive tasks and virtual reality immersion. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019, 1–18.
<https://doi.org/10.1155/2019/7051079>

Möckel, T., Beste, C., & Wascher, E. (2015). The effects of time on task in response selection - an ERP study of mental fatigue. *Scientific Reports*, 5(1).
<https://doi.org/10.1038/srep10113>

Offerte.nl. (2022, May 13). *Koffie Brancherapport 2020*. Offerte.nl. Retrieved May 1, 2022, from <https://offerte.nl/koffie/koffie-brancherapport-2020>

Temple, J. L., & Ziegler, A. M. (2011). Gender differences in subjective and physiological responses to caffeine and the role of steroid hormones. *Journal of Caffeine Research*, 1(1), 41–48. <https://doi.org/10.1089/jcr.2011.0005>

Van de Steen, F., Pinotsis, D., Devos, W., Colenbier, N., Bassez, I., Friston, K., & Marinazzo, D. (2022). Dynamic causal modelling shows a prominent role of local inhibition in alpha power modulation in higher visual cortex.
<https://doi.org/10.1101/2022.03.03.482940>

Voedingscentrum. (n.d.). *Hoeveel cafeïne mag ik per dag binnenkrijgen?* Voedingscentrum. Retrieved May 1, 2022, from <https://www.voedingscentrum.nl/nl/service/vraag-en-antwoord/gezonde-voeding-en-voedingsstoffen/hoeveel-cafeine-mag-ik-per-dag-binnenkrijgen-.aspx>

Appendix A

CAFFEINE

1. Gebruikt u cafeïne houdende dranken? (d.w.z. koffie, thee, energiedrankjes)

- Ja - Ga verder.
- Nee - Ga naar de laatste vraag.

2. Op welke leeftijd begon u cafeïne houdende dranken te consumeren?

- Onder de 8 jaar
- 8 - 12 jaar oud
- 12 - 16 jaar oud
- 16 - 18 jaar oud
- ouder dan 18 jaar

4. Welk type cafeïne houdende drank drinkt u gewoonlijk?

- Koffie of koffiespecialiteitdrank
- Thee (icetea of heet)
- Frisdrank
- Energiedrank (bijv. Red Bull, Monster, etc.)
- Pre-workout drankje
- Anders, gelieve te specificeren:

4. Hoeveel cafeïne houdende dranken drinkt u dagelijks ongeveer?

- <1
- 1
- 2 - 3
- 3 - 5
- 5 - 7
- 7 of meer

5. Met welk doel zou u een cafeïne houdende drank consumeren? (Selecteer alles wat van toepassing is alstublieft.)

- Om je meer wakker te voelen
- Laat opblijven
- Om te helpen met focus en concentratie
- Meer alert zijn
- Om productiever te zijn
- Om fysieke prestaties te verbeteren
- Geen specifiek doel
- Ik antwoord hier liever niet op