

**Detecteren van subliminale saillantie door pupillometrie in rapid serial visual
presentation**

Alie de Jong

Studentnummer: S3649776

Afdeling Psychologie, Rijksuniversiteit Groningen

PSB3N-BT15: Bachelor These

Begeleider: dr. Robbert van der Mijn

Tweede beoordelaar: dr. Pieter de Vries

In samenwerking met: Konstantinos Mazarakis, Linda Masará, Nouska van Waveren

Hogervorst, Rienk Wagenaar

4 juli 2022

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.

Detecting subliminal salience using pupillometry in rapid serial visual presentation**Abstract**

Concealed Information Tests (CITs) give forensic researchers a valid method to detect the recognition of crime-relevant information in suspects even when they try to hide this. By measuring the physiological reaction to a series of stimuli, one of which is a stimulus that contains information about the crime while the remaining stimuli do not, makes it possible to detect which stimuli are familiar to the suspect. It has been argued that this method can be confounded by using countermeasures, but Rapid Visual Presentation offers a promising solution to this problem. By showing stimuli at a speed where it is not possible for participants to consciously perceive them all, it would make it impossible for the suspect to use countermeasures. In our research we apply this method by showing 43 students a series of photos of faces in a RSVP, most of these were randomly selected irrelevant faces but a photo of Barack Obama was also included. Then we were interested in whether participants would show difference in reaction recognition of the famous face compared to seeing an irrelevant face. During our experiment the participants pupil size was recorded. We expected to see an enlargement of the pupil when seeing the picture of Obama when compared to the pupil size after seeing the irrelevant faces, after conducting the analyses we did not find a significant difference in pupil sizes. This leads us to conclude that follow-up research would be desirable, by using photos that are relevant to the participant and precise statistical analyses there might be possibilities for the applicability of the combination pupillometry and RSVP in CITs.

Samenvatting

Concealed Information Tests (CIT) geven de mogelijkheid voor forensisch onderzoekers om op een valide manier te achterhalen of verdachten over misdaadrelevante informatie beschikken ook wanneer ze dit proberen achter te houden tijdens het onderzoek. Doormiddel van het meten van de fysiologische reactie op een reeks stimuli, waarvan één stimulus gerelateerd is aan de misdaad en de rest niet, kan worden aangetoond met welke stimuli de verdachte bekend is. Door tegenmaatregelen is het mogelijk om de betrouwbaarheid van deze methode te ondermijnen, echter biedt *Rapid Serial Visual Presentation* (RSVP) een veelbelovende oplossing. Door stimuli op een snelheid te laten zien waarop ze niet bewust worden waargenomen, zou het voor de verdachte niet mogelijk zijn om te tegenmaatregelen toe te passen. In dit onderzoek wordt dit principe toegepast door 43 studenten een RSVP te tonen die bestond uit een reeks foto's van willekeurige gezichten en een foto van Barack Obama. Vervolgens wilden we onderzoeken of het herkennen van een beroemd gezicht (Barack Obama) een afwijkende reactie opleverde. Tijdens het onderzoek werd de pupilgrootte van de participanten gemeten. We verwachtten een vergroting van de pupil bij het zien van Obama in vergelijking met het zien van een van de willekeurige gezichten. Na onze analyse is echter geen significant verschil gevonden tussen de pupilgroottes. Hieruit concluderen wij dat vervolgonderzoek wenselijk is, door het gebruik van persoonsrelevante foto's en nauwkeurige analyses zou in de toekomst een manier gevonden kunnen worden om pupillometrie in te zetten voor CIT.

Detecteren van subliminale saillantie door pupillometrie in rapid serial visual presentation

Concealed information tests (CITs) worden ingezet wanneer we geïnteresseerd zijn in het herkennen van verborgen informatie, waarbij gebruik gemaakt wordt van metingen van fysiologische reacties. In forensisch onderzoek geven CITs de mogelijkheid om op een valide manier te onderzoeken of een verdachte bekend is met informatie die relevant is voor de misdaad waar deze verdachte bij betrokken zou zijn (Ben-Shakhar & Elaad, 2003). Het uitvoeren van een CIT gaat doorgaans als volgt, aan de deelnemer wordt een reeks stimuli getoond waarvan een de saillante *probe* stimulus is, ofwel een stimulus die voor een schuldige deelnemer belangrijke informatie bevat (bijvoorbeeld een mes dat is gebruikt tijdens een moord) afgewisseld met willekeurige irrelevante stimuli (voorwerpen die niets te maken hebben met het misdrijf maar wel gerelateerd zijn aan het saillante voorwerp, dus bijvoorbeeld een reeks wapens). Door hartslag (Verschuere et al., 2004) elektrische spanning op de huid (Lykken, 1959) of elektrische activiteit in de hersenen te analyseren (Farwell & Donchin, 1991) kan vervolgens geconcludeerd worden of de deelnemer over verborgen informatie beschikt. Deze methode is gebaseerd op de aanname dat enkel een schuldig persoon de saillante stimulus herkent, wat een afwijkende fysiologische reactie oproept in vergelijking met de reactie op de irrelevante stimuli (Lykken, 1959). Een onschuldige deelnemer zou de probe niet herkennen en dus op alle stimuli dezelfde reactie laten zien. Door tijdens het tonen van deze stimuli de fysiologische reactie van de ondervraagde te meten, kan dit afwijkende reactiepatroon achterhaald worden wat vervolgens kan dienen als aanwijzing dat de verdachte schuldig is.

Hoewel er dus steeds nieuwe en meer en nauwkeurigere manieren onder de aandacht komen die deze fysiologische reacties in beeld kunnen brengen, blijven er limitaties bestaan bij het gebruik van deze methode. Een van deze limitaties is dat er manieren zijn waarop

deelnemers hun fysiologische respons bewust kunnen beïnvloeden tijdens afname van het onderzoek om zo de resultaten te manipuleren. Door bijvoorbeeld op de lip te bijten of de voet tegen de grond te duwen (Honts et al., 1985) (Honts et al., 1996) na het zien van de irrelevante stimuli, meet de onderzoeker een afwijkende lichamelijke reactie zoals deze ook plaats zou vinden na het zien van de saillante stimulus. Het is hierdoor onduidelijk of en wanneer de deelnemer de saillante probe stimulus heeft herkend, wat er voor zorgt dat het moeilijker wordt om te bepalen of de deelnemer beschikt over verborgen informatie. Ook mentale strategieën die niet op te merken zijn door de afnemer van het onderzoek, bijvoorbeeld het tellen van schapen (Elaad & Ben-Shakhar, 1991), maken het mogelijk om de resultaten van de CIT te beïnvloeden. Een oplossing voor dit probleem wordt gegeven door Bowman et al. (2013), die CIT combineren met *rapid serial visual presentation* (RSVP). In een RSVP wordt een reeks stimuli laten zien aan de deelnemer, maar elke stimulus blijft maar ongeveer 100 milliseconden zichtbaar. Dit zorgt ervoor dat de deelnemer niet de tijd krijgt om zich bewust te worden van elke stimulus, wat er voor zorgt dat de deelnemer niet de mogelijkheid krijgt om gebruik te maken van tegenmaatregelen (Bowman et al., 2014). Aan de andere kant is gebleken dat stimuli die relevant of saillant zijn voor de deelnemer juist wel opgemerkt worden, zelfs op de snelheid waarmee deze gepresenteerd worden in een RSVP (Bowman et al., 2013). Dit maakt dat RSVP een veelbelovende toevoeging is voor het detecteren van verborgen informatie. Zo blijkt dat het herkennen van autobiografische informatie, zoals de eigen naam, in een RSVP een specifiek reactiepatroon laat zien op de EEG. Dit patroon is bovendien enkel te zien wanneer de deelnemer de stimulus herkend heeft en niet wanneer de deelnemer een irrelevante stimulus te zien krijgt (Bowman, 2013). Bowman noemt het detecteren van deze stimuli, die saillant genoeg zijn voor de deelnemer dat ze zelfs op het randje van bewustzijn nog herkend kunnen worden, *subliminal salience search*. Het detecteren van subliminale saillantie maakt het dus mogelijk om verborgen informatie te

signaleren. Als een verdachte in een RSVP een stimulus herkent die betrekking heeft tot de misdaad, dan kan dit gebruikt worden om aan te tonen dat deze verdachte over verborgen informatie beschikt. Dit maakt RSVP dus zeer geschikt voor het ontwikkelen van een CIT die ongevoelig is voor tegenmaatregelen.

Door EEG te combineren met CIT is het dus mogelijk om verborgen informatie te detecteren. In de praktijk is het voor forensisch onderzoekers echter niet altijd mogelijk om toegang te krijgen tot de benodigde apparatuur, welke naast kosten ook samenwerking van de participant vereist tijdens het plaatsen van de elektroden. Er is daarom vraag naar een meer toegankelijke methode, die ook buiten het laboratorium kan worden toegepast. (Matsuda, Nittono & Allen, 2012) Het meten van de automatische reactie van de ogen lijkt hier een geschikte oplossing voor. Bijvoorbeeld in de studie van Rosenzweig en Bonneh (2020) is aangetoond dat verschillen in de automatische bewegingen van het oog na het tonen van relevante en irrelevante stimuli kan dienen als indicatie van verborgen informatie. In hun experiment bleken ze in 95% van de gevallen het juiste onderscheid te hebben gemaakt tussen deelnemers die het label 'terrorist' hadden gekregen, welke voor de start van het experiment relevante informatie hadden ontvangen met betrekking tot een verzonnen terreurdaad, en 'onschuldige' deelnemers. Het meten van oogbewegingen, waar enkel een nauwkeurige oogcamera voor nodig is, zou dus mogelijk ingezet kunnen worden voor CITs in combinatie met RSVP en zo een efficiënte en meer toegankelijk alternatief bieden voor EEG.

In dit paper zullen we ons focussen op pupilreacties, specifiek veranderingen in de grootte van de pupil. Pupildilatatie lijkt gerelateerd te zijn aan het reactiepatroon dat gebruikt wordt om het herkennen van verborgen informatie te detecteren op een EEG (Chen et al., 2021). Daarnaast is uit eerdere onderzoeken gebleken dat pupildilatatie een geschikte manier is om verborgen informatie te detecteren. Lubow en Fein (1996) maakten in hun onderzoek gebruik van een gesimuleerde misdaad door een deel van de participanten informatie te geven

over een fictieve diefstal, de andere participanten kregen deze informatie niet en werden beschouwd als onschuldig. Vervolgens werden foto's laten zien van de gestolen voorwerpen en werden de pupilreacties van de deelnemers gemeten, op deze manier konden ze 70% van de 'schuldige' participanten terecht als schuldig identificeren en 100% van de 'onschuldige' deelnemers terecht als onschuldig.

Chen et al. (2021) lieten als eerste zien dat verschillen in pupilgrootte gebruikt kunnen worden als indicatie van verborgen informatie in combinatie met RSVP. In hun onderzoek probeerden ze te achterhalen of ze herkenning van een stimulus die saillant was voor de participant konden detecteren doormiddel van de veranderingen in de grootte van de pupil. Dit deden ze door de deelnemers aan het begin van het onderzoek te vragen een nieuwe naam te kiezen en tijdens het experiment net te doen alsof dit hun echte naam was. Gedurende het experiment verscheen naast een reeks irrelevante namen vervolgens ook hun echte naam. Van de deelnemers werd verwacht dat ze doormiddel van een toetsenbord aangaven wanneer ze hun nieuwe net gekozen naam hadden gezien, maar alle andere namen te negeren. Zo werd een situatie te gecreëerd waarin de deelnemers actief moesten proberen te liegen over hun identiteit tijdens het onderzoek. Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat het zien van de echte naam op groepsniveau een grotere pupil diameter opleverde dan het zien van de nieuwe naam of een irrelevante naam. De praktische implicatie hiervan is dat pupillometrie gebruikt kan worden om te achterhalen of iemand saillante informatie heeft herkend, zelfs wanneer er door deelnemers wordt gelogen over het herkennen van deze informatie.

De combinatie van RSVP en pupillometrie lijkt dus geschikte manier om CITs uit te voeren die niet gevoelig zijn voor tegenmaatregelen en bovendien praktischer en goedkoper zijn dan CITs die gebruik maken van EEG. Een groot deel van het onderzoek naar verborgen informatie waarin de combinatie tussen pupillometrie en RSVP wordt toegepast, heeft tot op heden vooral woorden als stimuli gebruikt. Met ons onderzoek zullen we proberen de

mogelijkheid tot bredere toepasbaarheid te analyseren door afbeeldingen als stimuli te gebruiken. Specifiek zijn we geïnteresseerd in of het herkennen van een saillant gezicht een fysiologische reactie uitlokt die te detecteren is als verandering in de grootte van de pupil. Het kunnen achterhalen van subliminale saillante informatie met betrekking tot gezichten zou bijvoorbeeld toegepast kunnen worden door een verdachte een foto van het slachtoffer te tonen, welke de verdachte alleen herkent als deze schuldig is. Eerdere onderzoeken hebben laten zien dat herkenning van gezichten een afwijkende reactie laat zien op de EEG in vergelijking met de reactie na het zien van irrelevante gezichten. (Meijer et al., 2007) (Lefebvre et al., 2007). Voor dit onderzoek zijn we verder geïnteresseerd in of het herkennen van een gezicht ook aangetoond kan worden wanneer deze wordt laten zien in een RSVP waar de afbeelding maar een fractie van een seconde zichtbaar blijft voor de deelnemer. Alsufyani et al. (2017) hebben een soortgelijk onderzoek uitgevoerd waarin ze deelnemers een RSVP reeks presenteerden die naast irrelevante gezichten ook een beroemde gezichten bevatte (Nelson Mandela, Barack Obama, Margeret Thatcher, David Beckham, Angelina Jolie). Uit hun resultaten kan geconcludeerd worden dat het zien van de beroemde gezichten een afwijkend reactiepatroon in de hersenen teweegbrengt welke af te lezen is op de EEG. Aangezien het aannemelijk is dat het herkennen van verborgen informatie naast een afwijkend patroon op de EEG ook een vergroting van de pupil teweegbrengt (Chen, 2021), verwachten we ook doormiddel van pupillometrie de subliminale saillantie van gezichten te kunnen signaleren in een RSVP.

Samenvattend, op basis van verscheidene onderzoeken kan geconcludeerd worden dat het gebruik van EEG in combinatie met RSVP een geschikte methode is om verborgen informatie te identificeren op een manier die resistent is voor tegenmaatregelen. Door vervolgens aan te tonen dat aan veranderingen in de grootte van de pupil op eenzelfde manier saillantie van stimuli af te lezen is, lieten Chen et al. (2021) zien dat pupillometrie toepasbaar

is tijdens het uitvoeren van CITs. Door dit te combineren met de resultaten van Alsufyani et al., die lieten zien dat het herkennen van afbeeldingen van beroemde gezichten in een RSVP gedetecteerd kan worden, komen we tot de verwachting dat het mogelijk is om op basis van afwijkende reacties in pupildilatatie herkenning van gezichten te detecteren. Om dit te onderzoeken maken we gebruik van een soortgelijke opzet als in het onderzoek van Chen et al. (2021), met als toevoeging dat er een reeks gezichten wordt laten zien in de RSVP in plaats van namen. Daarnaast zullen we geen gebruik maken van een leugen conditie, maar om toch de reactie op saillante informatie te kunnen meten, maken we gebruik van een foto van Barack Obama als beroemd gezicht. We gaan er hierbij vanuit dat, net als in het onderzoek van Alsufyani et al. (2017), het gezicht van Barack Obama door zijn bekendheid herkend wordt door de deelnemers van het onderzoek. Hierdoor kan zijn foto functioneren als onze saillante of probe stimulus. Op basis van de literatuur verwachten we dat een vergroting van de pupildiameter te meten is na het zien en herkennen van het beroemde gezicht (Barack Obama) in vergelijking met de pupildiameter na het zien van een onbekend gezicht. Als dit verschil er is, dan is dit een indicatie dat de combinatie van RSVP en pupillometrie een geschikte manier is om aanwezigheid van verborgen informatie te achterhalen die toegankelijk, goedkoop en ongevoelig voor tegenmaatregelen is.

Methode

Participanten

53 Engelssprekende personen namen deel aan het experiment. Allen waren eerstejaars psychologie studenten (37 vrouwen en 15 mannen) aan de Rijksuniversiteit Groningen, de leeftijd lag tussen de 18-24 jaar ($M = 19.62$, $SD = 1.25$). Participanten hadden normaal of gecorrigeerd zicht. Voor het experiment werden de participanten gevraagd om geen donkere oog make-up te dragen.

Ethiek

Het onderzoek is uitgevoerd volgens de richtlijnen van de World Medical Association Declaration on Helsinki (2013) en goedgekeurd door de Ethische Commissie van de Psychologie Faculteit van de Rijksuniversiteit Groningen (goedkeuringsnummer: PSY-2122-S-0168). Geïnformeerde toestemming werd digitaal verkregen van alle participanten voordat het experiment begon. Na deelname werden alle participanten geïnformeerd over het doel van het onderzoek.

Instrumenten

Participanten werd gevraagd hun hoofd op een kinsteun te rusten, die in hoogte kon worden aangepast. De afstand tussen de participant en een 27'' LCD Liyama PL2773H monitor was 60 cm. De resolutie van het scherm was 1280x720 pixels en had een vernieuwingsfrequentie van 1000 Hz. De RSVP werd gepresenteerd met OpenSesame (Mathôt et al. 2012) op een systeem met Windows Enterprise. Participanten gebruikten een QWERTY-toetsenbord om hun antwoorden te geven. De grootte van de pupil van de participanten werd geregistreerd in arbitraire eenheden door een Eyelink 1000 (SR Research, Canada) gedurende de trials door PyGaze (Dalmaijer, E., et al. 2014). De analyses werden uitgevoerd in JASP (2022) en RStudio (2022).

Stimuli

We selecteerden 1127 foto's van gezichten voor het experiment uit de 10K faces database (<https://www.wilmabainbridge.com/facemorability2.html>). Uit deze gezichten werd voor elke participant een willekeurig gezicht geselecteerd als *target* stimulus (doelwit), dit gezicht werd gepresenteerd aan de participant voordat het experiment begon. Verder werd een foto van Barack Obama (Souza, 2012) (Figuur 1a) toegevoegd aan de RSVP die diende als probe stimulus. De set stimuli werd verder aangevuld met irrelevante gezichten, die willekeurig geselecteerd werden uit het totale aantal gezichten. Verder werd er een

controlegezicht willekeurig geselecteerd om te kunnen controleren voor eventuele verschillen tussen de *no-target* (willekeurige) en de controle conditie. Dit hebben we gedaan om er zeker van te zijn dat het willekeurig geselecteerde gezicht - dat net zo vaak te zien is als de probe - niet door de participant herkend werd als bekend gezicht en daarmee een vergroting van de pupil zou veroorzaken. De foto's waren monochroom en er waren naast het gezicht geen andere lichaamsdelen van de personen zien. Alle gezichten werden in het midden van een grijs scherm gepresenteerd binnenin een ovaal (140 x 200 pixels) zoals in Figuur 1a-b. De visuele hoek voor elke foto was 11.42° in hoogte en 6.82° in breedte. Door middel van grafische software is de foto van Barack Obama handmatig bewerkt zodat deze in bijvoorbeeld helderheid en contrast overeenkwam met de foto's uit de database.

Figuur 1a-b. Voorbeelden van stimuli.



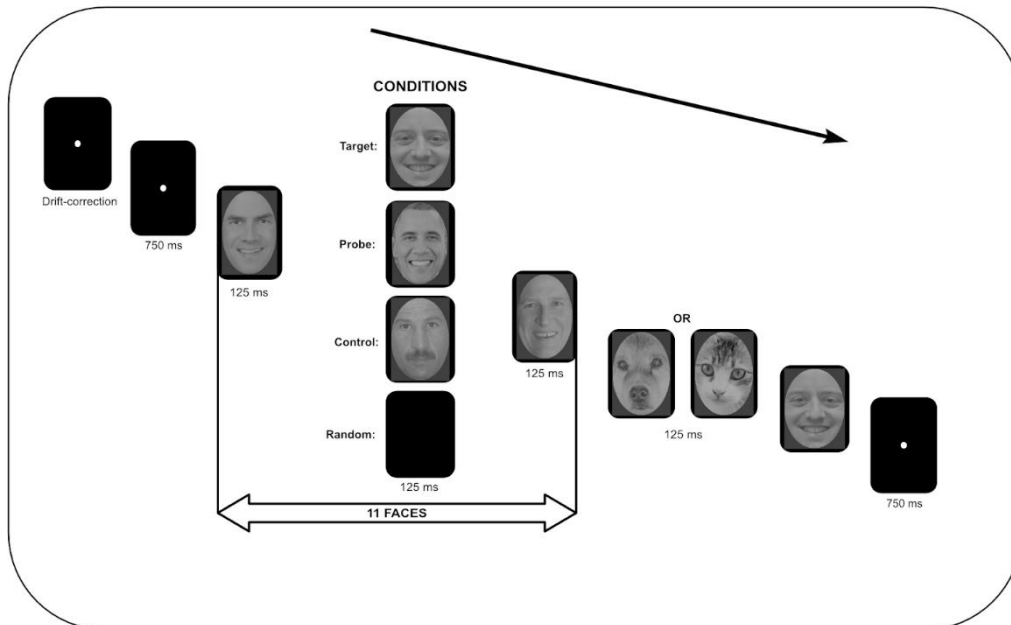
Noot. Figuur 1a toont het gezicht van Barack Obama (Souza, 2012). Figuur 1b toont een gezicht dat gebruikt is als stimulus. (Bainbridge, 2013).

Procedure

Voordat het experiment begon, werd aan de participanten een target gezicht laten zien. Vervolgens moesten de participanten tien oefentrials afronden om bekend te raken met de taak. Het experiment bestond uit drie opeenvolgende blokken en elk blok bestond uit 32 *trials*, wat resulteerde in 96 trials. Voor elke trial verscheen gedurende 500-1000 ms een fixatie punt om de aandacht van de participant te krijgen en om de pupil de tijd te geven om weer tot normale grootte te komen, zoals te zien in Figuur 2. Vervolgens werden aan de

participanten 11 gezichten laten zien, waarna de reeks afsloot met een foto van een kat of een hond, alle foto's bleven 125 ms op het scherm.

Figuur 2. Trial reeks.



Taak

Na elke trial was de eerste taak om een keuze te maken tussen of zij een foto van een hond of een kat hadden gezien. Dit werd gedaan om ervoor te zorgen dat de participanten gefocust bleven tijdens de trial. De participanten kregen de instructie om op het toetsenbord met ‘m’ aan te geven wanneer zij een hond hadden gezien en om met ‘c’ aan te geven wanneer zij een kat hadden gezien. Na deze taak verscheen het target gezicht opnieuw en werd de participanten gevraagd ‘*Did you see this face?*’ (‘Heeft u dit gezicht gezien?’). Wanneer dit het geval was moesten de participanten dit aangeven met ‘m’ en wanneer dit niet het geval was met ‘c’.

Na elk antwoord kreeg de participant te zien of zij de vraag goed of fout hadden. Het antwoord op de eerste taak leidde tot een toename of afname van de score met vijf punten.

Het antwoord op de tweede taak, of zij de target hadden waargenomen resulteerde in +10 of -10 punten.

Na het experiment vroegen we de participanten of ze hadden opgemerkt dat er een beroemd persoon te zien was en wie ze dachten dat deze persoon dan zou zijn. De laatste was een open vraag en diende als controle om er zeker van te zijn dat de participanten die 'ja' hadden geantwoord op de eerste vraag, ook daadwerkelijk Obama hadden herkend.

Ontwerp

In de RSVP reeks werden 11 gezicht gepresenteerd. Er waren vier condities, een waar het target aanwezig was, een waar de probe aanwezig was, een waar geen target en geen probe aanwezig was en een waar een controle aanwezig was. Het controle gezicht was willekeurig geselecteerd uit de database en diende als een baseline, deze verscheen even vaak in de RSVP als de target en de probe. De kritieke stimulus werd gepresenteerd op positie 5, 6 of 7. De vier condities in combinatie met de drie mogelijke posities en de twee mogelijke dieren resulteerde in 24 verschillende combinaties. Elke combinatie werd vier keer gepresenteerd, wat leidde tot 96 trials.

Dataverwerking en analyse

Na het inspecteren van het verloop van pupilgrootte, kwamen we tot een grenswaarde van vijf of meer ongeldige trials die veroorzaakt werden door het knippen van de ogen. Dit werd berekend door alle participanten die meer dan drie absolute deviaties van de mediaan afweken te verwijderen ($Mdn = 1$, $MAD = 1$). Dit resulteerde in het verwijderen van de data van 10 van de 53 participanten, wat uiteindelijk 43 participanten opleverde.

Om te bepalen in hoeverre participanten hun aandacht konden vasthouden tijdens de trials, analyseerden wij de nauwkeurigheid van de antwoorden op de vraag of de participant een hond of een kat had gezien aan het eind van elke trial. Hierna werd een *baseline* berekend door de gemiddelde grootte na presentatie van de T1 van de eerste drie samples te gebruiken

en af te trekken van de hierop volgende samples. Het venster dat gekozen is voor de analyse is gebaseerd op het onderzoek van Göl, Jansen en Rasztar (2022). In hun onderzoek vonden ze de grootste pupil respons tussen de 640 ms en 920 ms na de presentatie van de T1.

Als exploratieve analyse maakten we gebruik van een Shapiro-Wilk test om de normaliteit te onderzoeken. Vervolgens gebruikten we twee non-parametrische Mann-Whitney U toetsen op groepsniveau om te onderzoeken of er verschillen bestonden in de pupilgrootte. Dit deden we door de gemiddelden van de baseline gecorrigeerde pupilgrootte gedurende het analyse venster te gebruiken als afhankelijke variabele en conditie als gefixeerd effect. Hiermee onderzochten wij of er een verschil bestond tussen de pupilgrootte bij het vergelijken van de target met de no target, probe met no target en controle met no target.

Resultaten

In onze studie hadden wij twee voorspellingen. Als eerst controleerden wij dat de pupil groter zou worden na de presentatie van het *target* gezicht, in vergelijking met de verschijning van het willekeurige *no target* gezicht in de RSVP. Dit zou betekenen dat de taakrelevante stimuli een reactie zouden opleveren die waargenomen kan worden door het gebruik van pupillometrie in combinatie met RSVP. De tweede voorspelling betrof het detecteren van het beroemde gezicht in de RSVP. Hierin stelden wij dat als de pupilgrootte in de probe conditie groter blijkt te zijn dan die in de no-target conditie, het taak-irrelevante, beroemde gezicht tot een vergroting van de pupil zou moeten leiden. Mocht deze voorspelling onderbouwd worden door de resultaten van het experiment dan geeft ons onderzoek bewijs voor het gebruik van pupillometrie in combinatie met RSVP om verborgen informatie te achterhalen.

Taakprestatie

Gemiddeld waren de participanten bij beide taken in staat om ruim boven het gokpercentage te antwoorden. Met betrekking tot de eerste taak (vraag: “*Did you see a cat or*

a dog?”) waren participanten in staat met een nauwkeurigheid van 99% te indiceren of een foto van een hond of kat werd getoond aan het einde van de RSVP.

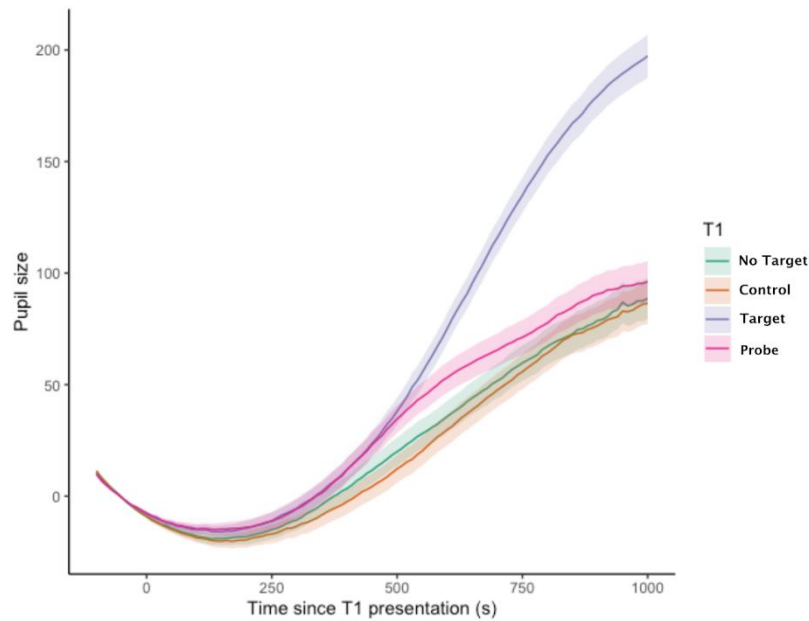
Verder inspecteerden we de prestaties op de tweede taak (vraag met daaronder een afbeelding van de target: “*Did you see this face?*”). Participanten waren in 57% van de trials in staat om aan te geven wanneer de target in de RSVP zat, wanneer de target niet voorkwam in de RSVP reageerden de participanten hier met een 92% nauwkeurigheid op. Op de twee afsluitende vragen of de participanten een beroemd gezicht hadden opgemerkt en zo ja, wie zij hadden gezien (“*Did you notice the face of a famous person was shown sometimes?*” en “*If you had to guess which famous face we showed, who would it be?*”) gaven 38 van de 43 (79%) participanten een antwoord. 45% van deze 38 participanten rapporteerden dat zij Obama gezien hadden in de RSVP.

Verloop van pupilgrootte

Het verloop van de pupilgrootte is na de presentatie van T1. De pupilgrootte toonde bij het laten zien van de target in de RSVP een zichtbaar verschil met de no-target conditie na ongeveer 500 ms met een opwaartse trend tot 1000 ms na de presentatie van de target. Daarnaast laat ook de probe een verschil zien na 500 ms, echter is dit verschil niet zo groot in vergelijking met de target conditie. De controle en no-target laten onderling geen groot verschil zien. Deze verschillen kunnen waargenomen worden in de visuele representatie van verloop van de pupilgrootte na de presentatie van T1.

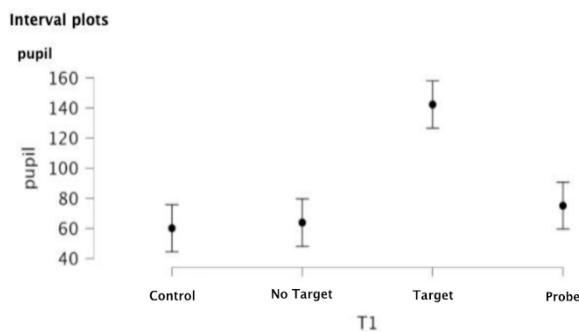
De gemiddelde waarden van de pupilgroottes van de vier verschillende condities kunnen gezien worden in figuur 4. De waarden van de controle ($M = 60.15$, $SD = 253.28$), no target ($M = 63.88$, $SD = 255.76$), target ($M = 142.18$, $SD = 254.12$), en de probe conditie ($M = 75.12$, $SD = 251.48$) zijn allemaal gemeten in een tijdsbestek van 640 – 920 ms.

Figuur 3. Visualisatie van het verloop van de pupilgroottes in de vier condities.



Omdat de normaliteitsassumpties zijn overtreden hebben wij voor de groepsanalyse een Mann-Whitney U test uitgevoerd om verschillen te onderzoeken tussen de target, probe en no target conditie. Volgens onze eerste hypothese zouden de verschillen in de grootte van de pupil voor de target groter moeten zijn dan voor de no target conditie. De uitkomsten van de Mann-Whitney U tests ondersteunen onze hypothese ($U = 412934$, $p < .001$, $d = -0.179$). Bij onze tweede hypothese stelden wij dat de verschillen in de pupilgrootte bij het tonen van de probe groter zouden zijn dan bij het tonen van de no target conditie. Uit de resultaten bleek dat het verschil tussen probe - no target niet significant is ($U = 490915$, $p = .246$, $d = -0.030$). Ten slotte is er getest of er een significant verschil bestaat tussen de controle en de no target conditie. Een significant verschil zou betekenen dat de participanten bekend zijn geraakt met het controle gezicht. Volgens onze resultaten bleek hier geen sprake te zijn van een significant verschil ($U = 496888$, $p = .584$, $d = -0.014$).

Figuur 4. Gemiddeldes voor de pupilgroottes gedurende 640-920 ms na de presentatie van de controle, no target, target of probe conditie.



Discussie

Het doel van dit experiment was om te onderzoeken of aan de hand van veranderingen in pupilgrootte na presentatie van een saillante stimulus in een RSVP het herkennen van deze stimulus te detecteren is. Dit deden we door een reeks afbeeldingen van gezichten in een RSVP aan de participanten te presenteren. In deze reeks waren naast een aantal irrelevante stimuli ook een target stimulus (een gezicht waar de deelnemer gedurende het experiment op gefocust moest blijven) en een beroemd gezicht dat diende als saillante probe (Barack Obama) aanwezig. Participanten werd niet verteld dat deze probe getoond zou worden, zodat we op deze manier een situatie konden creëren waarin we subliminale saillante konden detecteren bij de participant. We verwachtten dat er een significant verschil te meten zou zijn tussen de pupilgrootte na het zien van het beroemde gezicht en de pupilgrootte na het zien van een irrelevant gezicht. Als dit verschil zou bestaan, dan maakt dit pupillometrie een geschikte manier om personen te identificeren die beschikken over verborgen informatie. Op basis van onze resultaten is geen significant verschil gevonden tussen de grootte van de pupil na het zien van een willekeurig gezicht en de grootte van de pupil na het zien van een beroemd gezicht in een RSVP. Dit betekent dus dat onze hypothese verworpen wordt.

Dit is niet in overeenstemming met wat we verwachtten uit de literatuur die we beschreven hebben. Zo lieten Bowman et al. (2013) en zien dat personen die beschikken over verborgen informatie met betrekking tot gezichten geïdentificeerd kunnen worden doormiddel van afwijkende reactiepatronen op een EEG. Dat ons onderzoek met een soortgelijke opzet geen significante verschillen tussen condities liet zien, zou verklaard kunnen worden doordat we in plaats van EEG gebruik gemaakt hebben van pupilmetingen. Dit zou impliceren dat het herkennen van bekende gezichten in een RSVP wel een fysiologische reactie oproept die gedetecteerd kan worden, maar dat dit voor nu een grens is voor in hoeverre we deze herkenning kunnen aflezen aan de pupilreflex.

Een andere verklaring voor onze resultaten zou kunnen zijn dat we gebruik gemaakt hebben van het gezicht van Barack Obama als beroemd gezicht, maar dat dit niet voldoende persoonlijke relevantie had voor de personen in het onderzoek om een vergroting van de pupil teweeg te brengen. Meijer et al. (2007) rapporteerden soortgelijke bevindingen in hun onderzoek. Door twee experimenten uit te voeren waarbij ze het verschil maten in reacties op probes die persoonlijk relevant waren voor de deelnemers en probes die dat niet waren. In het eerste experiment lieten ze deelnemers een foto van een goeie vriend meenemen, die vervolgens diende als probe in het onderzoek. In hun tweede experiment werd als probe gebruik gemaakt van foto's van professoren aan de universiteit. Door tijdens de experimenten de hersenactiviteit te meten doormiddel van EEG, probeerden ze aan te tonen of het herkennen van de gezichten te detecteren was. Uit hun resultaten bleek vervolgens dat op de EEG een afwijkend reactiepatroon te zien was wanneer de deelnemers hun vriend hadden herkend, maar niet bij het zien van hun professor. Ook Rosenfeld et al. (2006) vonden dit verschil. Zij vergeleken de reactie van de participanten op het herkennen van hun eigen naam met de reactie op het herkennen van de naam van de onderzoeker, waar ze van tevoren kort bekend mee waren geraakt. Aangezien CITs in de praktijk stimuli tonen die bekend zijn bij de

verdachte, is onze suggestie voor een vervolg experiment dat onderzocht wordt of er een vergroting van de pupil te meten is bij het zien van een gezicht die persoonlijke relevantie heeft voor de deelnemer.

Een limitatie van ons onderzoek is verder dat participanten het moeilijk vonden om hun target te herkennen in de RSVP. In iets meer dan helft (57%) van de trials waar het target aanwezig was, werd deze ook herkend. Een suggestie die hieruit volgt is om de gezichten langer te laten zien. In ons onderzoek hebben we gekozen om de afbeeldingen elk 125 ms te tonen, dit bleek dus te kort om de gezichten gedurende het hele experiment te herkennen. Opvallend daarbij is ook dat participanten aangaven zich te focussen op een specifiek en opvallend onderdeel van hun target gezicht. Participanten noemden bijvoorbeeld dat ze een target leerden herkennen aan het haar dat naar links viel, waardoor een aantal deelnemers per toeval een makkelijker te herkennen target hadden dan andere deelnemers. De werkelijke moeilijkheid van de taak is daarom niet volledig in te schatten.

Door de gezichten langer te laten te zien op het beeldscherm, kan onderzocht worden of dit leidt tot significante verschillen in pupilgrootte. Een uitdaging hierbij is om de juiste balans te vinden tussen het tonen van afbeeldingen op een snelheid waarop ze niet bewust waargenomen worden, om zo het gebruik van tegenmaatregelen te voorkomen, maar de deelnemer wel in staat te stellen de probe en target stimulus te verwerken.

Met ons onderzoek kunnen we concluderen dat de mogelijkheden voor het gebruik van RSVP in het herkennen van subliminale saillantie verder onderzoek nodig heeft. We hebben in onze analyses aan kunnen tonen dat er een verschil, al dan niet significant, bestaat tussen de grootte van de pupil na het zien van een willekeurig gezicht en een beroemd gezicht. Dit zou kunnen dienen als aanleiding tot het verder onderzoeken van gevoeliger methodes die deze verschillen duidelijk te identificeren maken. Als suggestie zouden we mee willen geven dat

het nodig is om een nauwkeurigere statistische analyse uit te voeren om onderscheid te kunnen maken tussen de pupilgroottes in de irrelevante en probe condities.

Samenvattend, met ons onderzoek hebben we niet aan kunnen tonen dat pupillometrie een geschikte manier is om herkenning gezichten in een RSVP aan te tonen, op basis van de voorgaande experimenten blijft het echter relevant om verdere toepassing van deze methode te onderzoeken.

Referenties

- Alsufyani, A., Hajilou, O., Zoumpoulaki, A., Filetti, M., Alsufyani, H., Solomon, C. J., Gibson, S. J., Alroobaea, R., & Bowman, H. (2019). Breakthrough percepts of famous faces. *Psychophysiology*, *56*(1), 20.
- Bainbridge, W.A., Isola, P., & Oliva, A. (2013). The intrinsic memorability of face images. *Journal of Experimental Psychology: General. Journal of Experimental Psychology: General*, *142*(4), 1323-1334.
- Ben-Shakhar, G., & Elaad, E. (2003). The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: A meta-analytic review. *Journal of Applied Psychology*, *88*(1), 131–151.
- Bowman, H., Filetti, M., Alsufyani, A., Janssen, D., & Su, L.(2014). Countering Countermeasures: Detecting Identity Lies by Detecting Conscious Breakthrough. *PLoS ONE*. 9.
- Bowman, H., Filetti, M., Janssen, D., Su, L., Alsufyani, A., & Wyble, B. (2013). Subliminal salience search illustrated: EEG identity and deception detection on the fringe of awareness. *PLoS ONE*, *8*(1).
- Chen, I., Karabay, A., Mathôt, S., Bowman, H., & Akyürek, E. (2021). Concealed identity information detection with pupillometry in rapid serial visual presentation.
- Dalmaijer, E., Mathôt, S., & Van der Stigchel, S. (2014). PyGaze: An open-source, cross platform toolbox for minimal-effort programming of eyetracking experiments. *Behavior Research Methods*.
- Elaad, E., & Ben-Shakhar, G. (1991). Effects of mental countermeasures on psychophysiological detection in the guilty knowledge test. *International Journal of Psychophysiology*, *11*(2), 99–108.

- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1991). The truth will out: Interrogative polygraphy ('lie detection') with event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 28(5), 531–547.
- Honts, C. R., Devitt, M. K., Winbush, M., & Kircher, J. C. (1996). Mental and physical countermeasures reduce the accuracy of the concealed knowledge test. *Psychophysiology*, 33(1), 84–92.
- Honts, C. R., Hodes, R. L., & Raskin, D. C. (1985). Effects of physical countermeasures on the physiological detection of deception. *Journal of Applied Psychology*, 70(1), 177–187.
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Smith, S. M., & Connolly, J. F. (2007). Determining eyewitness identification accuracy using event-related brain potentials (ERPs). *Psychophysiology*, 44(6), 894–904.
- Lubow, R. E., & Fein, O. (1996). Pupillary size in response to a visual guilty knowledge test: New technique for the detection of deception. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(2), 164–177.
- Lykken, D. (1959). The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology*, 43, 385–388.
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314–324.
- Matsuda, I., Nittono, H., & Allen, J. J. B. (2012). The current and future status of the concealed information test for field use. *Frontiers in Psychology*, 3.
- Meijer, E. H., Smulders, F. T. Y., Merckelbach, H. L. G. J., & Wolf, A. G. (2007). The P300 is sensitive to concealed face recognition. *International Journal of Psychophysiology*, 66(3), 231–237.

Rosenfeld, J. P., Biroshak, J. R., & Furedy, J. J. (2006). P300-based detection of concealed autobiographical versus incidentally acquired information in target and non-target paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, *60*(3), 251–259

Rosenzweig, G., Bonne, Y.S. Concealed information revealed by involuntary eye movements on the fringe of awareness in a mock terror experiment. *Sci Rep* 10, 14355 (2020).

Souza, P. (2012). President Barack Obama [Photograph]. Wikipedia.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:President_Barack_Obama.jpg

Verschuere, B., Crombez, G., Clercq, A. D., & Koster, E. H. W. (2004). Autonomic and behavioral responding to concealed information: Differentiating orienting and defensive responses. *Psychophysiology*, *41*(3), 461–466