

**Acute Algemene Vermoeidheid en Responsinhibitie: Gedrags- en Neurofysiologische
Effecten**

Veerle J.M. van den Brandt (SNR: 2047237)

Psychologie

Department of Cognitive Neuropsychology, Tilburg University

500974-B-12: Bachelorthesis Cognitieve Neuropsychologie

Dr. Ruth Mark

Dr. Martijn Baart

30 juni, 2022

Aantal woorden: 5541

Samenvatting

Vermoeidheid is een veelvoorkomend probleem dat bestaat uit verschillende dimensies. Dit onderzoek had als doel om het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie te onderzoeken. In totaal namen er 35 participanten deel met een gemiddelde leeftijd van 22.4 jaar. Acute algemene vermoeidheid werd beoordeeld met behulp van de Multidimensional Fatigue Inventory (MFI). Voor de beoordeling van responsinhibitie voerden de participanten een Stroop-taak uit waarbij er gelijktijdig EEG-signalen werden gemeten. In de analyse van de EEG-data werd er gefocust op de N450- en P3-amplitude. De score op de subschaal 'algemene vermoeidheid' van de MFI werd met behulp van een regressieanalyse gelinkt aan de reactietijd op incongruente trials van de Stroop-taak. Daarnaast werd het verband tussen de subschaal 'algemene vermoeidheid' en de N450- en P3-amplitude op incongruente trials onderzocht. Ook hiervoor werd een regressieanalyse gebruikt. De resultaten in dit onderzoek lieten geen significant verband zien tussen acute algemene vermoeidheid en de reactietijd, N450-amplitude en P3-amplitude op incongruente trials. Hiermee werd er geen relatie gevonden tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie. Vervolgonderzoek is nodig om de mechanismen die hieraan ten grondslag liggen te onderzoeken en om het verband te onderzoeken in een meer ecologische setting.

Steekwoorden: acute algemene vermoeidheid, responsinhibitie, Stroop, EEG, N450,

P3

Acute Algemene Vermoeidheid en Responsinhibitie: Gedrags- en Neurofysiologische Effecten

Eén derde van de volwassen populatie in Nederland ervaart klachten van vermoeidheid (Van 't Leven et al., 2010). Het is hiermee een veelvoorkomend probleem dat wordt gedefinieerd als ‘een enorm gevoel van slaperigheid, gebrek aan energie en een gevoel van uitputting wat geassocieerd wordt met verminderd cognitief en fysiek functioneren’ (Shen et al., 2006, p.70). Smets et al. (1995) maakten onderscheid tussen vijf dimensies van vermoeidheid: algemene vermoeidheid, mentale vermoeidheid, fysieke vermoeidheid, verminderde motivatie en verminderde activiteit. Algemene vermoeidheid wordt geuit door algemene uitspraken over iemands functioneren, zoals ‘Ik voel me niet uitgerust’. Fysieke vermoeidheid omvat de fysieke ervaringen gerelateerd aan vermoeidheid, terwijl mentale vermoeidheid verwijst naar cognitieve aspecten, zoals bijvoorbeeld verminderde concentratie. Bovendien wordt volgens Smets et al. (1995) vermoeidheid gebruikt om een gebrek aan motivatie aan te duiden. Daarnaast wordt vermoeidheid volgens hen vaak gekenmerkt door verminderde activiteit. Deze laatste twee dimensies worden door Smets et al. (1995) dan ook omvat door de termen ‘verminderde motivatie’ respectievelijk ‘verminderde activiteit’.

Naast de dimensies van Smets et al., kan er een onderscheid worden gemaakt tussen acute en chronische vermoeidheid. Volgens Piper (1989) is acute vermoeidheid functioneel en komt het vaak voor bij gezonde individuen. Acute vermoeidheid kan veel verschillende oorzaken hebben, waaronder slaaptekort, mentale of fysieke inspanning, onvolledig herstel na mentale of fysieke inspanning en een emotionele predispositie voor vermoeidheid (Techera et al., 2016). Ook factoren op het werk kunnen een rol spelen, zoals de ervaren werkdruk, overwerken, omgevingsfactoren en de sociale omgeving op het werk. Chronische vermoeidheid komt over het algemeen voor bij klinische populaties en hangt vaak niet samen met activiteit of inspanning (Piper, 1989). Een aandoening waarbij er geen medische of

psychiatrische oorzaken kunnen worden gevonden voor chronische vermoeidheid is het chronisch vermoeidheidssyndroom (Fukuda et al., 1994). In dit onderzoek zal hier echter niet op worden gefocust en zal er worden gekeken naar acute algemene vermoeidheid.

Onderzoek naar de effecten van acute mentale en fysieke vermoeidheid op cognitieve prestaties van teamsporters laat zien dat langdurige beweging zorgt voor een vermindering in besluitvorming, aandacht en waarnemingsvermogen. Bovendien verslechtert de prestatie op cognitieve sport-specifieke taken na het induceren van acute mentale vermoeidheid (Skala & Zemková, 2022). Sulheim et al. (2015) hebben de relatie tussen chronische vermoeidheid en executief functioneren onderzocht. Executieve functies bestaan uit de capaciteiten van een persoon die het mogelijk maken om doelgerichte gedragingen succesvol en onafhankelijk uit te voeren (Lezak et al., 2012). Het onderzoek van Sulheim et al. (2015) laat zien dat chronische vermoeidheid samenhangt met een achteruitgang in verschillende onderdelen van executieve functies, waaronder verwerkingssnelheid, werkgeheugen en verbaal leren. Een ander aspect van executieve functies is responsinhibitie. Responsinhibitie wordt gedefinieerd als ‘de vaardigheid om bewust dominante, automatische of overheersende reacties te onderdrukken wanneer dit nodig is’ (Miyake et al., 2000, p. 57). Uit onderzoek van Guo et al. (2018) blijkt dat mentale vermoeidheid de responsinhibitie van participanten verslechtert. Verder laat het onderzoek van Sulheim et al. (2015) zien dat chronische vermoeidheid samenhangt met een langere reactietijd op een taak die cognitieve inhibitie meet.

Bovenstaande onderzoeken laten zien dat er de laatste jaren een groeiende interesse is ontstaan voor het verband tussen verschillende vormen van vermoeidheid en executieve functies, waaronder responsinhibitie. Tot nu toe is er echter weinig aandacht besteed aan de specifieke relatie tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie. Deze relatie wordt daarom in dit onderzoek nader onderzocht. Dat heeft geleid tot de hoofdvraag: ‘Wat is het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie?’.

Om het niveau van acute algemene vermoeidheid vast te stellen, zal er gebruik worden gemaakt van de Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) (Smets et al., 1995). Deze vragenlijst meet de vijf dimensies van vermoeidheid die door Smets et al. (1995) zijn opgesteld. Voor het meten van responsinhibitie wordt gebruik gemaakt van de Stroop-taak. In de Stroop-taak worden kleurwoorden gepresenteerd in een bepaalde kleur. Het kleurwoord kan overeenkomen met de kleur waarin het wordt gepresenteerd (bijvoorbeeld het woord 'blauw' gepresenteerd in het blauw). Dit wordt een congruente stimulus genoemd. De stimulus is incongruent wanneer het woord niet overeenkomt met de kleur waarin het wordt gepresenteerd (bijvoorbeeld het woord 'blauw' gepresenteerd in het rood). De participant moet de kleur waarin het woord wordt gepresenteerd benoemen. Bij incongruente trials moet de neiging om het woord zelf te noemen daarom worden onderdrukt. De automatische respons behoort te worden geïnhibieerd en hiermee is er sprake van responsinhibitie (Miyake et al., 2000). Het verschil in prestatie tussen de congruente en incongruente trials wordt het Stroop-effect genoemd, waarbij de reactietijd voor incongruente trials langer is (Stroop, 1935).

Tijdens de Stroop-taak zal bij de participanten in dit onderzoek een elektro-encefalografie (EEG) worden afgenomen. Bij het analyseren van de EEG-data wordt er gefocust op 'event-related potentials' (ERPs). ERPs reflecteren elektrische activiteit in de hersenen die volgt op een gebeurtenis (bijvoorbeeld een stimulus die wordt aangeboden). ERPs bestaan uit een serie positieve en negatieve afwijkingen van een pre-stimulus baseline (West & Alain, 1999). Voor de Stroop-taak is de N450-component van het ERP-sigitaal van belang. De N450 heeft een negatieve amplitude die het grootst is op 450 milliseconden na het aanbieden van de stimulus. De anterior cingulate cortex (ACC) wordt ook wel gezien als de bron van de N450 (Liotti et al., 2000) en de amplitude van de N450 wordt negatiever bij incongruente Stroop-trials (Larson et al., 2009). Coderre et al. (2011) vonden dat de N450 een indicator is voor conflictdetectie. Een andere component die wordt geassocieerd met de

Stroop-taak is de P3. De P3 is de derde positieve piek in een ERP-sigitaal en wordt ook wel de ‘late positive component’ (LPC), de ‘slow positivity’ (SP) of ‘conflict slow potential’ genoemd. De P3 vindt plaats tussen 600 en 900 ms na het aanbieden van de stimulus en is positiever voor de incongruente dan de congruente condities in de Stroop-taak (Appelbaum et al., 2009). Coderre et al. (2011) vonden dat de P3 indicatief is voor conflictresolutie.

Zoals eerder genoemd is de hoofdvraag van dit onderzoek: ‘Wat is het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie?’. Voor het beantwoorden van deze vraag wordt er naar gedragsdata en neurofysiologische data gekeken. Bij het analyseren van de gedragsdata zal er worden gefocust op de reactietijd van de participant in de Stroop-taak. De analyse van de neurofysiologische data focust op de N450- en de P3-component.

Voorafgaand aan het onderzoek zijn er verschillende hypothesen opgesteld op basis van de literatuur. Uit de literatuur die hierboven is beschreven blijkt dat acute fysieke en mentale vermoeidheid leidt tot verminderde cognitieve functies, chronische vermoeidheid geassocieerd wordt met verminderde executieve functies en dat mentale vermoeidheid leidt tot verslechterde responsinhibitie. Op basis hiervan wordt voorspeld dat acute algemene vermoeidheid geassocieerd is met verminderde responsinhibitie. De hoofdhypothese luidt als volgt: ‘er is een negatief verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie’. De eerste deelhypothese richt zich op de gedragsdata en voorspelt het volgende: ‘er is een positief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde reactietijd op incongruente trials’. De tweede en derde hypothese richten zich op de neurofysiologische data en hebben als voorspelling: ‘er is een negatief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde N450-amplitude op incongruente trials’ en ‘er is een negatief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde P3-amplitude op incongruente trials’.

Methode

Participanten

De steekproef in dit onderzoek bestond uit 35 participanten ($M_{\text{leeftijd}} = 22.4$, $SD_{\text{leeftijd}} = 5.7$), waarvan 26 vrouwen. Verschillende eerstejaars Psychologiestudenten van Tilburg University namen deel in ruil voor 4 credits voor hun proefpersoonuren. Verder werd er een oproep geplaatst op Canvas voor alle bachelorscriptiestudenten met de richting Cognitieve Neuropsychologie waarin hen werd verzocht deel te nemen aan deze studie. Daarnaast werden de studenten die testleider waren in dit onderzoek verzocht om kennissen te vragen participant te zijn. Omdat de participanten zijn geworven binnen de Nederlands- en Engelstalige track van Psychologie, hebben zij verschillende moedertalen (61.1% Nederlands, 19.4% Duits, 5.6% Bulgaars en 5.6% Litouws). Aan alle participanten werd voorafgaand aan het onderzoek gevraagd om het ‘informed consent’ formulier door te lezen en te ondertekenen bij goedkeuring. Het ‘informed consent’ formulier werd opgesteld volgens de Helsinki Declaration. Verder is dit onderzoek goedgekeurd door de ethische toetsingscommissie TSB van Tilburg University (datum goedkeuring: 13 december 2016).

Meetinstrumenten

De Multidimensional Fatigue Inventory

De Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) (Smets et al., 1995) werd gebruikt om acute algemene vermoeidheid te meten. De Nederlandse participanten vulden de Nederlandse versie (Smets et al., 1995) van de vragenlijst in en de overige participanten de Engelse versie (Smets et al., 1995). De vragenlijst bevatte 20 items die vijf dimensies van vermoeidheid maten: algemene vermoeidheid, fysieke vermoeidheid, mentale vermoeidheid, verminderde motivatie en verminderde activiteit. Alle dimensies hadden een goede betrouwbaarheid met een interne consistentie van >0.75 in een sample psychologiestudenten (Smets et al., 1995) en een interne consistentie tussen de 0.72 en 0.86 in een sample volwassenen (Lin et al., 2009). Verder liet onderzoek van Smets et al. (1995) en Lin et al. (2009) zien dat de algemene validiteit van de MFI goed was en dat de vragenlijst duidelijk discrimineerde tussen

verschillende groepen. In dit onderzoek werd gefocust op de dimensie ‘algemene vermoeidheid’. Een voorbeeld van een item uit deze dimensie is ‘Ik voel me fit’. De participanten moesten deze stelling beoordelen op basis van hun ervaringen over de laatste dagen. Dit deden zij met behulp van een Likert-schaal van 1 tot 5 (waarbij 1 = ‘Ja, dat klopt’ en 5 = ‘Nee, dat klopt niet’). Algemene vermoeidheid kon worden vastgesteld door de antwoorden op de items 1, 5, 12 en 16 bij elkaar op te tellen, waarbij de items 5 en 16 omgekeerd werden gescoord. De maximale score die op deze dimensie kon worden behaald was 20. Uiteindelijk betekende een hogere score op de som van deze items een hogere algemene vermoeidheid. Er werd geen gebruik gemaakt van een cutoff score in dit onderzoek. Er werd gekeken naar de continue score op de dimensie ‘algemene vermoeidheid’.

De Stroop-Taak

De digitale versie van de Stroop-taak werd gebruikt om responsinhibitie te meten. De participanten dienden hierbij aan te geven in welke kleur een woord (ROOD, GROEN, BLAUW of GEEL) werd gepresenteerd. Dit deden zij door een toets in te drukken die correspondeerde met een kleur. Dit verschilt van de traditionele Stroop-taak, waarbij participanten wordt gevraagd om de kleur waarin een woord wordt gepresenteerd voor te lezen. Wanneer een woord werd gepresenteerd in dezelfde kleur als het woord (bijvoorbeeld **BLAUW**) was de stimulus congruent. Wanneer een woord werd gepresenteerd in een andere kleur dan het woord (bijvoorbeeld **BLAUW**) was de stimulus incongruent. De reactietijd voor elke trial werd gemeten en vervolgens afzonderlijk gemiddeld voor de congruente en incongruente trials.

EEG-Meting

Tijdens het experiment werd er bij de participanten EEG-data verzameld. Hiervoor werd een ‘BioSemi Active-Two amplifier system’ gebruikt met 32 actieve elektrodes die volgens het 10/20 systeem (Jasper, 1958) werden vastgemaakt in een elastische kap. De

‘sample rate’ was 512 Hz. Tijdens de meting werd de online ‘reference’ elektrode (Common Mode Sense: CMS) geplaatst tussen Cz en C3 en de ‘ground’ elektrode tussen Cz en C4. Verder werd er een elektrode op de linker en rechter mastoïde geplaatst, deze twee elektrodes dienden als offline ‘reference’. De detectie van horizontale en verticale oogbewegingen gebeurde met behulp van een elektro-oculografie (EOG): er werden twee elektrodes boven en onder het oog geplaatst voor het meten van het verticale EOG-sigitaal en twee elektrodes aan de buitenkant van elk oog voor het meten van het horizontale EOG-sigitaal. Daarnaast werden er twee elektrocardiografie (ECG) elektrodes geplaatst: één in het midden van het sternum en één op dezelfde hoogte, onder de oksel op de linker ribbenkast.

De analyse van de EEG-data gebeurde met behulp van het programma Brain Vision Analyzer 2.1. De data werd offline gerefereerd ten opzichte van het gemiddelde van de linker en rechter mastoïde. Vervolgens werd de data offline gefilterd waarbij er een lage cutoff van 0.1 Hz, een hoge cutoff van 60 Hz en een 50 Hz notch filter werden gebruikt. De data werd gesegmenteerd in epochs van 1200 ms, inclusief een prestimulus baseline van 200 ms. Daaropvolgend werd de data gecorrigeerd voor oogbewegingen (Gratton et al., 1983). Epochs werden afgewezen als binnen een epoch op één van de kanalen het verschil tussen de meest negatieve en positieve waarde groter was dan 200 mV. Epochs werden afzonderlijk gemiddeld per conditie en gecorrigeerd voor de baseline.

Opzet Experiment

Stimuli

De stimuli in dit experiment werden aangeboden in het programma OpenSesame. De participanten kregen telkens één van de volgende vier woorden te zien: ROOD, GROEN, BLAUW of GEEL. Deze woorden werden gepresenteerd in de kleuren rood, groen, blauw en geel. Tijdens elke trial werd random één van de 16 woord-kleur combinaties getoond in het

midden van een grijs scherm met een resolutie van 1920 px x 1080 px. De monitor stond op ongeveer 60 centimeter vóór de participant.

Procedure

Design. In dit experiment waren er drie ‘within-subject’ variabelen: stimulustekst, stimuluskleur en congruentie. Deze variabelen werden onderzocht met behulp van een ‘repeated measures’ design. De stimulustekst had vier levels, de woorden ROOD, GROEN, BLAUW en GEEL. Ook de stimuluskleur kon worden onderverdeeld in vier levels, namelijk de kleuren rood, groen, blauw en geel. De laatste ‘within-subject’ variabele was congruentie met de levels ‘congruent’ en ‘incongruent’.

Trial Procedure. Participanten werden individueel getest in een geluidsdichte en zwak verlichte cabine. Verder werden ze geobserveerd via CCTV. Voorafgaand aan het experiment voerden de participanten twee oefensessies uit waarin zij feedback kregen over de juistheid van hun antwoord. In de eerste oefensessie moest de participant onthouden welke toets op het toetsenbord overeenkwam met welke kleur. De toets ‘z’ stond hierbij voor de kleur rood, ‘x’ voor groen, ‘n’ voor blauw en ‘m’ voor geel. Verder werd de naam van de kleur op het scherm vervangen door een X voor elke letter (bijvoorbeeld ROOD werd **XXXX**). De participant kreeg vier verschillende stimuli te zien die elk 25 keer werden herhaald. In de tweede oefensessie kreeg de participant 24 trials te zien met daarin 12 congruente en 12 incongruente stimuli. Het daadwerkelijke experiment bestond uit drie blokken van 96 trials (zie Tabel 1). De 96 stimuli werden één voor één, in random volgorde aangeboden. Daarnaast verschilde de volgorde van de stimuli per blok. Een trial begon met een fixatiepunt dat werd gepresenteerd gedurende 1000 ms. Daarna kreeg de participant de stimulus te zien gedurende 200 ms waarna hij/zij de kleur van het woord aan moest geven door één van de toetsen in te drukken. Nadat de participant een antwoord had gegeven startte

er een interval ('Inter Trial Interval') dat varieerde tussen de 1000 en 1500 seconden.

Vervolgens begon er een nieuwe trial.

Tabel 1

Frequentie van de Congruente en Incongruente Woord-Kleur Combinaties in de Stroop-Taak per Blok.

Variabele	Mogelijke woord-kleur combinaties	Keren aangeboden per blok	Totaal aantal trials per blok
Congruent	4	12	48
Incongruent	12	4	48

Statistische Analyse

Reactietijd

De gemiddelde reactietijden voor de congruente en incongruente conditie werden vergeleken aan de hand van een 'paired samples t-test'. Vervolgens werd er een regressieanalyse uitgevoerd met de MFI-score op algemene vermoeidheid als onafhankelijke variabele en de reactietijd als afhankelijke variabele.

EEG-Data: N450 en P3

De gemiddelde N450-amplitudes voor de incongruente en congruente conditie werden vergeleken aan de hand van een 'paired samples t-test'. Daaropvolgend werd er een regressieanalyse uitgevoerd met de MFI-score op algemene vermoeidheid als onafhankelijke variabele en de N450-amplitude als afhankelijke variabele. De N450-component werd geanalyseerd op elektrode Cz van 325 tot 465 ms.

De P3-component werd onderzocht op elektrodes Pz, PO3 en P4 van 600 tot 900 ms. Omdat er voor de P3 werd gekeken naar verschillende elektrodes, is het verschil in de P3-amplitude tussen congruente en incongruente trials en elektrodes Pz, PO3 en P4 onderzocht met behulp van een 'Repeated Measures ANOVA'. Ook de interactie tussen congruentie en elektrode werd onderzocht. Bij de ANOVA werd de Greenhouse-Geisser correctie toegepast,

maar in de notatie zijn de ongecorrigeerde vrijheidsgraden weergegeven. Vervolgens werd er een regressieanalyse uitgevoerd voor iedere elektrode met de MFI-score op algemene vermoeidheid als onafhankelijke variabele en de P3-amplitude als afhankelijke variabele.

Voorafgaand aan het uitvoeren van de regressieanalyses werd voor elk getest verband een puntenwolk gecreëerd om er zeker van te zijn dat aan alle statistische assumpties werd voldaan. Deze puntenwolken zijn terug te vinden in de bijlage. Er is gekeken naar de assumptie van een bivariaat normale verdeling, een lineaire relatie tussen de variabelen en homoscedasticiteit. Deze assumpties werden niet geschonden. Wanneer er gedrags- of fysiologische data ontbrak werd de betreffende participant niet meegenomen in de statistische analyses. Alle data werd geanalyseerd met behulp van het programma IBM SPSS Statistics 27. Voor alle statistische tests werd een significantielevel van $p < .05$ aangehouden.

Resultaten

Multidimensional Fatigue Inventory

Als eerste werd er gekeken naar de scores op de dimensie ‘algemene vermoeidheid’ van de MFI. Hier kan een ruime spreiding worden gezien op algemene vermoeidheid (zie Tabel 2).

Tabel 2

Beschrijvende Statistieken Voor de Dimensie ‘Algemene Vermoeidheid’ van de MFI.

Dimensie	Beschrijvende Statistieken			
	Minimum	Maximum	<i>M</i>	<i>SD</i>
Algemene Vermoeidheid	6	19	13.0	3.5

Reactietijd

Uit een ‘paired samples t-test’ bleek dat de reactietijd voor de incongruente trials significant langer is dan de reactietijd voor congruente trials (zie Tabel 3), $t(34) = -8.593$, $p < .001$.

Tabel 3*Beschrijvende Statistieken voor de Congruente en Incongruente Reactietijd*

Congruentie	Beschrijvende Statistieken			
	Minimum	Maximum	<i>M</i>	<i>SD</i>
Congruent	290.8	1011.8	556.5	152.3
Incongruent	328.9	1364.9	665.1	202.0

Deelhypothese 1: ‘Er is een positief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde reactietijd op incongruente trials’

De relatie tussen de reactietijd op incongruente trials en de score op algemene vermoeidheid werd onderzocht met behulp van een regressieanalyse. Deze toonde een non-significant, negatief effect van algemene vermoeidheid op de reactietijd voor incongruente trials, $b = -14.326$, $t = -1.473$, $p = .15$, $R^2 = 0.062$.

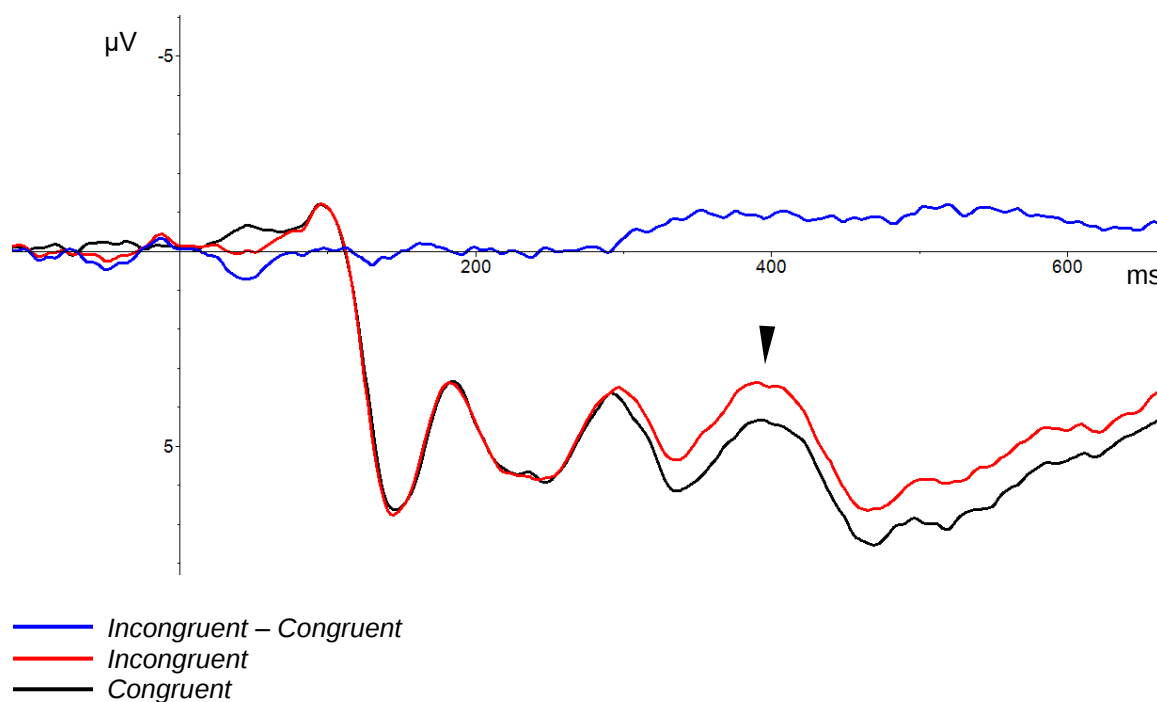
EEG-Data: N450 en P3

Deelhypothese 2: ‘Er is een negatief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde N450-amplitude op incongruente trials’

De visuele weergave van de N450 voor de incongruente en congruente trials op elektrode Cz kan worden gevonden in Figuur 1. Een ‘paired samples t-test’ liet zien dat de gemiddelde N450-amplitude voor de incongruente trials ($M = 4.6$) significant negatiever is dan de gemiddelde N450-amplitude voor de congruente trials ($M = 5.5$), $t(33) = 2.791$, $p = .009$.

Figuur 1

ERPs Elektrode Cz



Noot. De driehoek in deze figuur geeft de N450-amplitude (325 tot 365 ms) aan.

Uit de regressieanalyse kwam naar voren dat algemene vermoeidheid een positief, non-significant effect heeft op de incongruente N450-amplitude, $b = 0.153$, $t = 0.663$, $p = .512$, $R^2 = 0.008$. Er werd ook gekeken naar het verschil tussen de N450-amplitude voor de incongruente en congruente trials en vervolgens naar de relatie tussen deze verschilscore en de score op algemene vermoeidheid. Dit werd gedaan om te kijken of de incongruente N450-amplitude ten opzichte van de congruente N450-amplitude afnam door algemene vermoeidheid. Uit deze regressieanalyse kwam naar voren dat de verschilscore (Incongruent – Congruent) negatief gerelateerd is aan algemene vermoeidheid, $b = -0.060$, $t = -0.651$, $p = .520$, $R^2 = 0.013$. Dit verband was echter niet significant.

Deelhypothese 3: ‘Er is een negatief verband tussen acute algemene vermoeidheid en de gemiddelde P3-amplitude op incongruente trials’

De gemiddelde P3-amplitude per congruentie en elektrode kan worden gevonden in Tabel 4. Omdat het gemiddelde verschil in P3-amplitude tussen de congruente en incongruente trials het grootst was op elektrode PO3, kan een visuele weergave van de ERPs op elektrode PO3 worden gevonden in Figuur 2. De Repeated Measures ANOVA liet geen

significant effect zien van congruentie op de P3-amplitude, $F(1, 33) = 1.088$, $p = .305$, $\eta^2_{\text{partial}} = .032$. Verder werd er geen significant effect gevonden van elektrode (Pz, PO3 en P4) op de P3-amplitude, $F(2, 66) = 1.392$, $p = .256$, $\eta^2_{\text{partial}} = .040$. Als laatste was het interactie-effect tussen congruentie en elektrode ook niet significant, $F(2, 66) = 1.517$, $p = .229$, $\eta^2_{\text{partial}} = .044$.

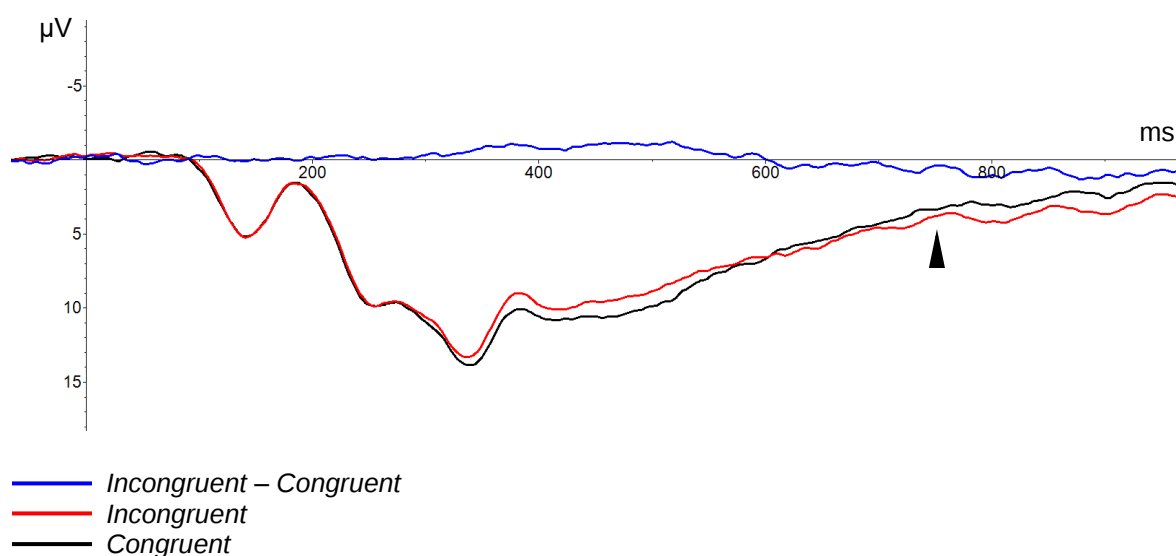
Tabel 4

Gemiddeldes en Standaarddeviaties P3-Amplitude

Elektrode	Congruent		Incongruent	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pz	4.5	5.0	5.0	5.3
PO3	3.8	4.7	4.5	5.0
P4	4.2	4.3	4.3	4.1

Figuur 2

ERPs Elektrode PO3



Noot. De driehoek in deze figuur geeft de P3-amplitude (600 tot 900 ms) aan.

De relatie tussen de P3-amplitude voor incongruente trials en de score op algemene vermoeidheid werd onderzocht door middel van een regressieanalyse. De resultaten van deze regressieanalyse voor elke elektrode zijn terug te vinden in Tabel 5. Er werd op geen enkele

elektrode een significant verband gevonden. Omdat congruentie geen significant effect had op de P3-amplitude, werd het verband tussen het verschil in congruente en incongruente P3-amplitude en algemene vermoeidheid niet nader onderzocht.

Tabel 5

Resultaten Regressieanalyse Voor Elektrodes Pz, PO3 en P4.

Elektrode	Regressieanalyse			
	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	R ²
Pz	0.436	1.704	.098	0.083
PO3	0.359	1.456	.155	0.062
P4	0.219	1.077	.290	0.035

Discussie

In deze studie stond de volgende hoofdvraag centraal: ‘Wat is het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie?’. Deze vraag is onderzocht met behulp van de Stroop-taak en EEG-data. De resultaten lieten zien dat de gemiddelde reactietijd op de Stroop-taak voor incongruente trials langer was dan voor congruente trials. Er werd echter geen samenhang gevonden tussen de gemiddelde reactietijd op incongruente trials en acute algemene vermoeidheid. Analyse van de EEG-data liet zien dat de gemiddelde N450-amplitude groter was voor incongruente trials dan voor congruente trials. Ook hier werd echter geen verband gevonden tussen de gemiddelde N450-amplitude voor incongruente trials en acute algemene vermoeidheid. Daarnaast was het gemiddelde verschil tussen de N450-amplitude voor congruente en incongruente trials niet gerelateerd aan het level van acute algemene vermoeidheid. Als laatste werd er gekeken naar de gemiddelde P3-amplitude. Deze verschilde niet tussen de incongruente en congruente trials en tussen elektrodes Pz, PO3 en P4. Verder was er geen verband tussen de gemiddelde P3-amplitude voor incongruente trials en acute algemene vermoeidheid.

Het Stroop-effect (Stroop, 1935) beschrijft een langere reactietijd voor incongruente trials dan voor congruente trials. Dit effect werd door de data in huidig onderzoek

ondersteund. Ook de grotere N450-amplitude voor incongruente trials die in eerder onderzoek naar voren kwam (Larson et al., 2009), werd in dit onderzoek opnieuw gevonden. De P3-amplitude die in een ander onderzoek positiever was voor incongruente trials dan voor congruente trials (Appelbaum et al., 2000), verschilde in dit onderzoek niet significant tussen de incongruente en congruente trials. In het onderzoek van Appelbaum (2000) werden echter kleinere tijdsvensters onderzocht. Zij zagen een P3 van 550 tot 900 ms, waarbij het verschil tussen de P3-amplitude voor incongruente en congruente trials significant was tussen 710 en 890 ms. Het tijdsvenster dat in huidig onderzoek werd gebruikt was van 600 tot 900 ms. Dit zou het verschil met het onderzoek van Appelbaum (2000) kunnen verklaren.

De eerste deelhypothese in dit onderzoek had als verwachting dat acute algemene vermoeidheid zou zorgen voor een toename in de gemiddelde reactietijd op incongruente trials. Er werd echter gevonden dat de gemiddelde reactietijd afnam naarmate de algemene vermoeidheid toenam, al was deze afname niet significant. Dit verschilt met het onderzoek van Guo et al. (2018) waarin het induceren van een mentale vorm van vermoeidheid ervoor zorgde dat de reactietijd op een Go-NoGo taak langer werd. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat er in het onderzoek van Guo et al. (2018) gebruik werd gemaakt van een experimentele opzet waarin mentale vermoeidheid werd geïnduceerd. In huidig onderzoek moesten de participanten hun algemene vermoeidheid inschatten op basis van de laatste paar dagen. Het induceren van mentale vermoeidheid in plaats van het inschatten ervan, kan hebben gezorgd voor duidelijkere verbanden tussen mentale vermoeidheid en reactietijd die in dit onderzoek niet werden gevonden tussen algemene vermoeidheid en reactietijd. De tweede deelhypothese in dit onderzoek voorspelde dat acute algemene vermoeidheid zou zorgen voor een afname in de gemiddelde N450-amplitude op incongruente trials. De incongruente N450-amplitude nam inderdaad af ten opzichte van de congruente N450-amplitude bij een toename van algemene vermoeidheid, echter was deze afname niet significant. Omdat de N450 is

gelinkt aan conflictdetectie (Coderre et al., 2011), betekent dit dat conflictdetectie niet significant verslechtert door acute algemene vermoeidheid. Ook de derde deelhypothese in dit onderzoek met de voorspelling dat de gemiddelde incongruente P3-amplitude zou afnemen bij een toename van acute algemene vermoeidheid werd niet bevestigd. De resultaten lieten zien dat de P3-amplitude toenam bij een toename van algemene vermoeidheid, echter was deze toename niet significant. Omdat de P3 gelinkt is aan conflictresolutie (Coderre et al., 2011), betekent dit dat acute algemene vermoeidheid niet zorgt voor een significante afname in conflictresolutie. Deze resultaten suggereren dat er geen verband is tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat vermoeidheid zorgt voor een verhoogde waakzaamheid (Wirth et al., 2021), waardoor responsinhibitie er niet op achteruit gaat. Echter, Wirth et al. (2021) suggereerden ook dat deze verhoogde waakzaamheid samengaat met een verminderde stimulusverwerking. Dit kan het verband dat is gevonden in huidig onderzoek niet verklaren. Meer onderzoek naar het precieze mechanisme dat hieraan ten grondslag ligt is daarom van belang.

Dit onderzoek is het eerste onderzoek dat zich richt op het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie en hierbij gebruik maakt van EEG-data. De EEG-data zorgt voor extra ondersteuning van de gevonden verbanden. Omdat er regressieanalyses zijn uitgevoerd, kan het verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie worden onderzocht zonder hierbij een arbitraire indeling te maken tussen hoge- en lage algemene vermoeidheid. Daarnaast zorgt de focus op de dimensie ‘algemene vermoeidheid’ van de MFI ervoor dat er specifieke conclusies kunnen worden getrokken over een subschaal van vermoeidheid. Een nadeel van de specifieke focus is echter dat de subschaal ‘algemene vermoeidheid’ maar vier items bevat. Dit zorgt voor een beperkte spreiding in de scores waardoor verbanden mogelijk minder duidelijk naar voren komen. Hier kan rekening mee worden gehouden in vervolgonderzoek door bijvoorbeeld te kijken naar het verband tussen de

totale somscore op de MFI en responsinhibitie. Er wordt dan echter niet meer specifiek gekeken naar de subschaal ‘algemene vermoeidheid’, maar naar vermoeidheid in het algemeen. Verder overlapt één van de items van de subschaal ‘algemene vermoeidheid’ met de subschaal ‘fysieke vermoeidheid’ (Lin et al., 2009), waardoor dit item niet uitsluitend algemene vermoeidheid meet.

Zoals hierboven beschreven is vervolgonderzoek nodig om met meer zekerheid conclusies te trekken. Huidig onderzoek wijst echter op een gebrek aan verband tussen acute algemene vermoeidheid en responsinhibitie. Dit betekent dat in de praktijk, acute algemene vermoeidheid niet kan worden onderzocht met behulp van een taak die responsinhibitie meet. Verder volgt uit dit onderzoek de voorspelling dat acute algemene vermoeidheid geen effect heeft op een meer ecologisch valide taak, zoals bijvoorbeeld het remmen in een auto wanneer er een ongeval heeft plaatsgevonden. Er is hierbij sprake van responsinhibitie omdat het gas moet worden losgelaten wanneer er moet worden geremd. Echter, om met meer zekerheid uitspraken te doen over deze voorspelling is een onderzoek met een meer ecologisch valide taak nodig, zoals de taak die is gebruikt in het onderzoek van Guo et al. (2018). Daarin werd er gebruik gemaakt van een simulator waarin participanten moesten autorijden. In het onderzoek van Guo et al. (2018) werd deze taak gebruikt om vermoeidheid te induceren, maar de taak kan ook als responsinhibitietesting worden gebruikt.

Conclusie

Dit onderzoek heeft geen verband gevonden tussen acute algemene vermoeidheid en de reactietijd, N450-amplitude en P3-amplitude op incongruente trials in de Stroop-taak. Deze bevinding ondersteunt hiermee niet het idee dat acute algemene vermoeidheid samenhangt met een verminderde responsinhibitie. Vervolgonderzoek naar de verbanden in een meer ecologische setting en de mechanismen die hieraan ten grondslag liggen is echter van belang.

Referenties

- Appelbaum, L. G., Meyerhoff, K. L., & Woldorff, M. G. (2009). Priming and backward influences in the human brain: Processing interactions during the Stroop Interference Effect. *Cerebral Cortex*, 19(11), 2508–2521. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp036>
- Coderre, E., Conklin, K., & Van Heuven, W. J. B. (2011). Electrophysiological measures of conflict detection and resolution in the Stroop task. *Brain Research*, 1413(21), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.07.017>
- Fukuda, K., Straus, S. E., Hickie, I., Sharpe, M. C., Dobbins, J. G., & Komaroff, A. (1994). The chronic fatigue syndrome: A comprehensive approach to its definition and study. *Annals of Internal Medicine*, 121(12), 953–959. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-121-12-199412150-00009>
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1983). A new method for off-line removal of ocular artifact. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 55(4), 468–484. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(83\)90135-9](https://doi.org/10.1016/0013-4694(83)90135-9)
- Guo, Z., Chen, R., Liu, X., Zhao, G., Zheng, Y., Gong, M., & Zhang, J. (2018). The impairing effects of mental fatigue on response inhibition: An ERP study. *Plos One*, 13(6), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198206>
- Jasper, H. H. (1958). The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371–375.
- Larson, M. J., Kaufman, D. A. S., & Perlstein, W. M. (2009). Neural time course of conflict adaptation effects on the Stroop task. *Neuropsychologia*, 47(3), 663–670. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.11.013>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment* (5th ed.). Oxford University Press.

- Lin, J. M. S., Brimmer, D. J., Maloney, E. M., Nyarko, E., Belue, R., & Reeves, W. C. (2009). Further validation of the Multidimensional Fatigue Inventory in a US adult population sample. *Population Health Metrics*, 7(18), 11–13.
<https://doi.org/10.1186/1478-7954-7-18>
- Liotti, M., Woldorff, M. G., Perez III, R., & Mayberg, H. S. (2000). An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia*, 38(5), 701–711. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00106-2)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100.
<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Piper, B. F. (1989). Fatigue: Current bases for practice. In S. G. Funk, E. M. Tornquist, M. T. Champagne, L. A. Copp, & R. Wiese (Eds.). *Key aspects of comfort* (pp. 199–208). New York: Springer.
- Shen, J., Barbera, J., & Shapiro, C. M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: Focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*, 10(1), 63–76.
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2005.05.004>
- Skala, F., & Zemková, E. (2022). Effects of acute fatigue on cognitive performance in team sport players: Does it change the way they perform? A scoping review. *Applied Sciences*, 12(3), 1736. <https://doi.org/10.3390/app12031736>
- Smets, E. M. A., Garssen, B., Bonke, B., & De Haes, J. C. J. M. (1995). The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. *Journal of Psychosomatic Research*, 39(3), 315–325.
[https://doi.org/10.1016/0022-3999\(94\)00125-O](https://doi.org/10.1016/0022-3999(94)00125-O)

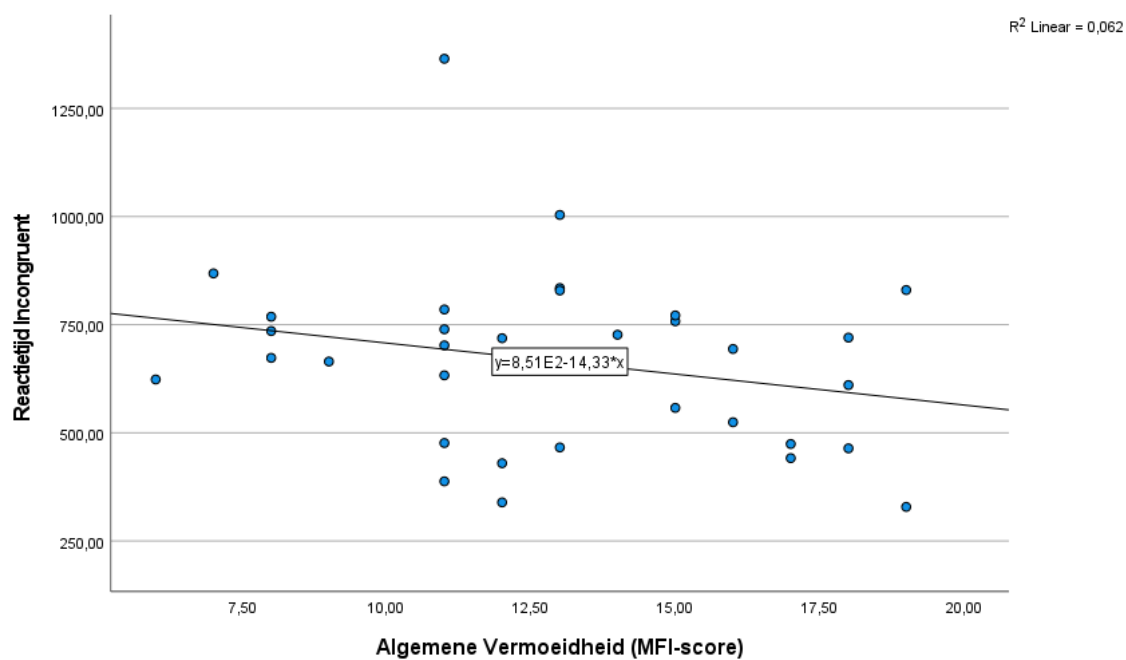
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Sulheim, D., Fagermoen, E., Sivertsen, Ø. S., Winger, A., Wyller, V. B., & Øie, M. G. (2015). Cognitive dysfunction in adolescents with chronic fatigue: A cross-sectional study. *Archives of Disease in Childhood*, 100(9), 838–844. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2014-306764>
- Techera, U., Hallowell, M., Stambaugh, N., & Littlejohn, R. (2016). Causes and consequences of occupational fatigue: Meta-analysis and systems model. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 58(10), 961–973. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000837>
- Van 't Leven, M., Zielhuis, G. A., Van der Meer, J. W., Verbeek, A. L., & Bleijenberg, G. (2010). Fatigue and chronic fatigue syndrome-like complaints in the general population. *European Journal of Public Health*, 20(3), 251–257. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp113>
- West, R., & Alain, C. (1999). Event-related neural activity associated with the Stroop task. *Cognitive Brain Research*, 8(2), 157–164. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(99\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(99)00017-8)
- Wirth, K. J., Scheibenbogen, C., & Paul, F. (2021). An attempt to explain the neurological symptoms of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Journal of Translational Medicine*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12967-021-03143-3>

Bijlage

Puntenwolken

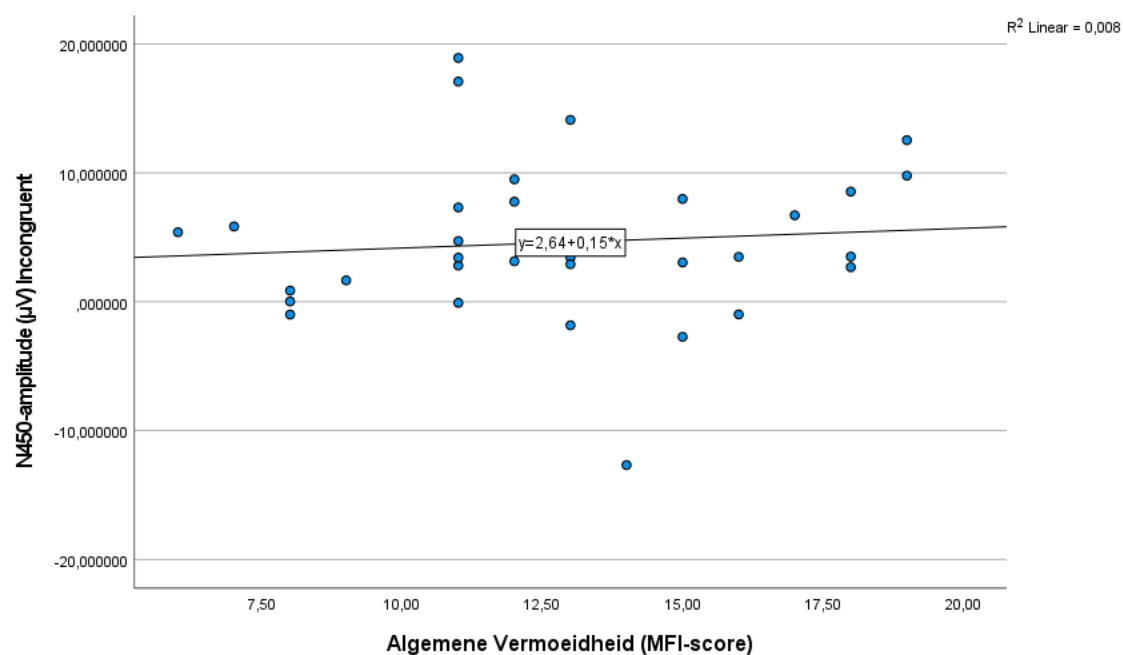
Figuur A1

De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en de Reactietijd op Incongruente Trials.



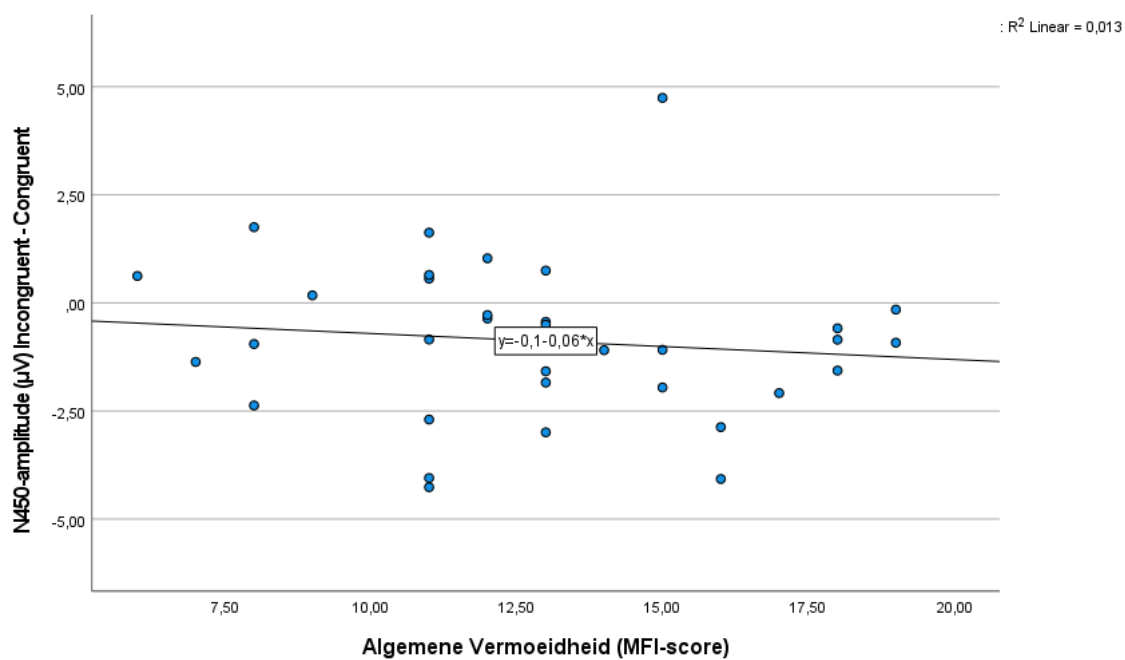
Figuur A2

De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en de N450-Amplitude op Incongruente Trials

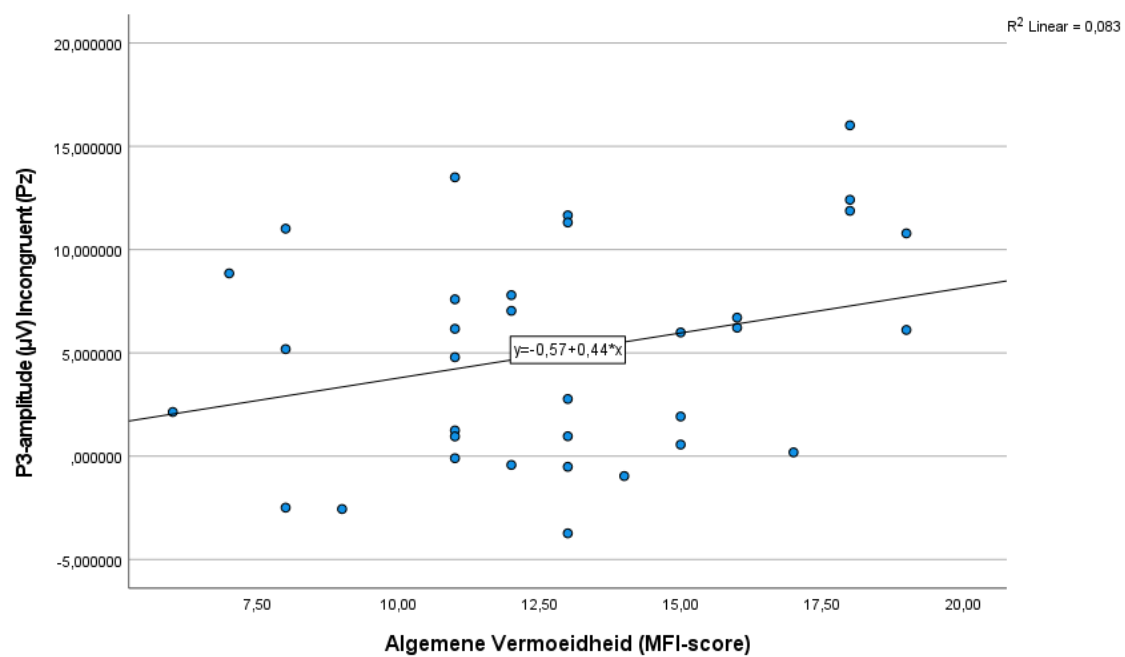


Figuur A3

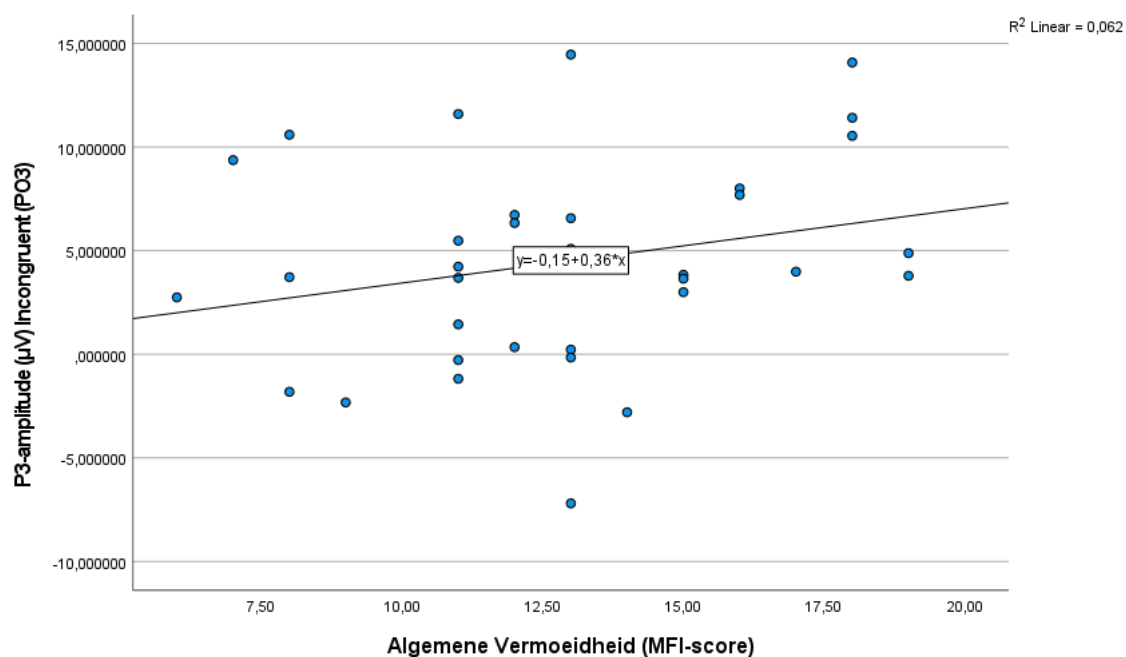
De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en het Verschil in N450-Amplitude Tussen Incongruente en Congruente trials.

**Figuur A4**

De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en de P3-Amplitude op Incongruente Trials Voor Elektrode Pz.

**Figuur A5**

De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en de P3-Amplitude op Incongruente Trials Voor Elektrode PO3.



Figuur A6

De Relatie Tussen Algemene Vermoeidheid en de P3-Amplitude op Incongruente Trials Voor Elektrode P4.

