

Transcraniële gelijkstroomstimulatie bij stoornissen in het gebruik van middelen: een update

H. Tobback, N. Deroost, C. Baeken, M. Destoop, G. Dom, K. Baetens

- Achtergrond** De huidige behandelingen voor stoornissen in het gebruik van middelen gaan vaak samen met uitval en/of terugval. Transcraniële gelijkstroomstimulatie (tDCS) heeft mogelijk een positief effect op deze problematiek.
- Doel** Gezien de vele recent verschenen studies, bieden we met deze systematische review een actueel kwalitatief overzicht van studies naar de klinische effecten van tDCS bij personen met een stoornis in het gebruik van middelen.
- Methode** Uitgebreid literatuuronderzoek in de elektronische database PubMed. We includeerden 43 studies bovenop de 7 die waren opgenomen in de eerdere review van Herremans en Baeken (2017) in dit tijdschrift.
- Resultaten** De meerderheid van de studies toonde een positief effect aan van tDCS op klinische maten zoals zucht en terugval in middelengebruik. Daarbij was er echter weinig eenvormigheid in de gebruikte protocollen en een grote diversiteit in uitkomstmaten.
- Conclusie** tDCS kan een effectieve behandeling zijn voor personen met een stoornis in het gebruik van middelen. Optimale parameters dienen vastgesteld te worden om de behandeling maximaal effectief en afgestemd op de individuele patiënt te maken.

Verschillende neurale circuits spelen een rol bij het ontstaan en het onderhouden van een stoornis in het gebruik van middelen. Deze weerspiegelen onder andere gecompromitteerde executieve functies, stoornissen in beloningsevaluatie en een overdreven aandachtrekrutering door aan middelen gerelateerde stimuli (Koob & Volkow 2016).

De potentieel gunstige klinische impact van non-invasieve hersenstimulatie van deze circuits krijgt recent veel onderzoeks aandacht, mede door het hoge risico op uitval en terugval bij de courante behandelmethoden (Dutra e.a. 2008; Brorson e.a. 2013). Transcraniële gelijkstroomstimulatie (tDCS) is een veelbelovende niet-invasieve hersenstimulatiemethode, onder andere vanwege de lage kostprijs, de grote mobiliteit en het toekomstig potentieel voor teleconsultatie, het gebruiksgemak en de minimale bijwerkingen (Bikson e.a. 2016; Matsumoto & Ugawa 2017; Nikolin e.a. 2018; Palm e.a. 2018). tDCS leidt op korte termijn tot veranderingen in de rustpotentiaal van zenuwcellen; langetermijneffecten komen wellicht tot stand via beïnvloeding van synaptische plasticiteit (Stagg e.a. 2018; Korai e.a. 2021). Recent is er dan ook veel onderzoek uitgevoerd naar de effecten van tDCS op stoornissen in het gebruik van middelen (voor recente reviews, zie: Lupi e.a. 2017; Coles e.a. 2018; Ekhtiari e.a. 2019).

Deze review vormt een update van het artikel van Herremans en Baeken (2017) in dit tijdschrift. Sinds het verschijnen van dit overzicht is er namelijk een belangrijke toename van het aantal studies in dit onderzoeksdomein: dit aantal is toegenomen van gemiddeld 1 à 2 per jaar in de jaren 2008-2013 naar gemiddeld 5 à 6 per jaar in de jaren 2014-2021.

We vonden 43 studies bovenop de 7 die opgenomen waren in deze eerdere review. Waar deze auteurs ook studies naar TMS includeerden, beperkten we ons in deze review tot studies waarbij men gebruikmaakte van tDCS, gegeven de genoemde voordelen. We beogen hierbij een makkelijk raadpleegbaar, kwalitatief overzicht van de studies tot op heden te verschaffen, met inbegrip van de belangrijkste klinisch relevante informatie.

METHODE

We baseerden ons voor dit literatuuroverzicht op het overzicht van Herremans en Baeken (2017). Daarnaast consulteerden we de elektronische database PubMed, waarbij we de volgende zoektermen gebruikten: *'transcranial direct current stimulation, tDCS, alcohol, smoking, nicotine, cocaine, heroin, opioïd, methamphetamine, marijuana, substance use disorder'*. We namen enkel studies op

AUTEURS

Helen Tobback, promovendus en onderzoeksassistent, Faculteit Psychologie en Educatiewetenschappen, Center for Neurosciences, Vrije Universiteit Brussel en Brussels University Consultation Center.

Natacha Deroost, hoofddocent cognitieve psychologie, klinisch psycholoog, Faculteit Psychologie en Educatiewetenschappen, Center for Neurosciences, Vrije Universiteit Brussel en Brussels University Consultation Center.

Chris Baeken, psychiater, Faculteit Psychologie en Educatiewetenschappen, Center for Neurosciences, en afd. Psychiatrie, Vrije Universiteit Brussel & Universitair Ziekenhuis Brussel, afd. Psychiatrie, Ghent Experimental Psychiatry Lab, Universiteit Gent, Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology.

Marianne Destoop, postdoctoraal onderzoeker, Collaborative Antwerp Psychiatric Research Institute, Universiteit Antwerpen en beleidsarts, Zorggroep Multiversum, Boechout.

Geert Dom, hoogleraar Psychiatrie, Collaborative Antwerp Psychiatric Research Institute, Universiteit Antwerpen en Zorggroep Multiversum, Boechout.

Kris Baetens, docent biologische psychologie, klinisch psycholoog, Faculteit Psychologie en Educatiewetenschappen, Center for Neurosciences, Vrije Universiteit Brussel en Brussels University Consultation Center.

Correspondentie

Helen Tobback (Helen.Tobback@vub.be).

Geen strijdige belangen meegedeeld.

Het artikel werd voor publicatie geaccepteerd op 7-6-2022.

Citeren

Tijdschr Psychiatr. 2022;64(10):670-676

waarin men een verum-tDCS-stimulatieconditie vergeleek met een shamstimulatieconditie, die voor het overige identiek was (geen andere behandeling of dezelfde additionele behandeling in beide groepen). Eén studie werd geëxcludeerd wegens een inadequate placebogroep (vergelijking verum-tDCS met een andere therapeutische interventie zonder sham-tDCS; Kooteh e.a. 2020).

Voor alle opgenomen studies werden de uitkomsten zucht (*craving*), terugval en gebruik opgenomen in het overzicht, met inbegrip van meetinstrument of -procedure per uitkomst. Vier studies over subklinisch alcoholgebruik en één studie over voormalig harddruggebruik werden eveneens niet opgenomen (den Uyl e.a. 2015; 2016; Sharifi-Fardshad e.a. 2018; Claus e.a. 2019; Witkiewicz e.a. 2019).

RESULTATEN

We splitsten de resultaten van de gevonden studies op op basis van middel en we geven deze chronologisch weer in **tabel 1-4**: alcohol, nicotine, harddrugs en marihuana. In geval van een *between-subjects* opzet wordt er een interventiegroep met actieve stimulatie vergeleken met een groep die shamstimulatie kreeg. In geval van een *within-subjects* opzet kreeg één groep zowel de actieve stimulatie als de shamstimulatie.

In 42 studies onderzocht men de effecten van tDCS op zucht en in 13 de effecten op terugval. 13 tDCS-studies waren gericht op alcoholgebruik, 20 op nicotinegebruik, 16 op het gebruik van harddrugs en 1 op het gebruik van marihuana.

DISCUSSIE

Samengenomen geven de opgenomen studies een tentatief gunstig beeld van de klinische impact van deze interventie. In alle gevallen waarin een significant verschil gerapporteerd wordt tussen verum- en shamstimulatie, betreft het een verschil in de gunstige richting (d.w.z. een afname). Dit is het geval voor 22/42 tDCS-studies met zucht als uitkomstmaat, 5/13 studies met terugval als uitkomstmaat, en 8/15 studies met gebruik als uitkomstmaat.

De methodologische kwaliteit is echter vaak matig, bevindingen zijn niet eenduidig en de gehanteerde protocollen variëren zeer sterk op het gebied van: gebruikte montage (locatie, vorm, oppervlakte en oriëntatie van gebruikte elektrodes), stimulatie-intensiteit (1-2 mA) en -duur (10-30 m), spreiding en aantal sessies (1-20), tijdstip van postmeting (onmiddellijk tot één jaar na interventie), gebruikte meetprocedure ter operationalisatie van de uitkomsten, aantal participanten (1-135) en blinderingsprocedure (enkel- versus dubbelblind).

Gegeven deze grote heterogeniteit achten we het prematuur de effecten kwantitatief samen te vatten. Enige verbetering kan men verwachten: op dit moment worden nieuwe methoden ontwikkeld, gebaseerd op modellering van de elektrische velden in het hersenweefsel, die het mogelijk maken om kwalitatief verschillende montages te includeren in één en dezelfde kwantitatieve meta-analyse (Wischniewski e.a. 2021).

In de studies maakte men veelal gebruik van een kleine steekproef (gemiddeld 40), van een beperkt aantal ses-

Tabel 1. Studies naar effecten van tDCS bij stoornis in het gebruik van alcohol

1e auteur jaar	Aantal sessies	Opzet	Aantal patiënten	Stimulatieplaats	Parameters	Resultaten			Instrument
						Zucht	Terugval	Gebruik	
da Silva 2013	5 over 5 weken	BS	13	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supradeltoid	2 mA, 20 min	↓	= ↓		OCDS Mondeling gevraagd aan patiënt, familie of zorgverlener
Klauss 2014	10 over 5 dagen	BS	33	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 13 min	=	↓		OCDS Mondeling gevraagd aan patiënt, familie of zorgverlener
Boggio 2008	3 (A,B, placebo)	WS	13	A. rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	↓			AUQ en VAS
				B. links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	↓			AUQ en VAS
Nakamura-Palacios 2012	2 (1 stimulatie, 1 placebo) over 7 dagen	WS	49	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supradeltoid	1 mA, 10 min	=			OCDS
Wietschorke 2016	5 over 5 weken	BS	30	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	1 mA, 20 min	= ↓			VAS
den Uyl 2017	4	BS	91	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4) (met of zonder combinatie CBM)	2mA, 20 min	=			PACS
							= ↓		Bevraagd via brief of telefonisch
den Uyl 2018	4	BS	83	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4) (met of zonder combinatie ABM)	2mA, 20 min	=			PACS
							=		Bevraagd via brief of telefonisch
Klauss 2018	10 over 20 dagen	BS	45	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	↓			OCDS
							↓		Mondeling gevraagd aan patiënt, familie of zorgverlener
Martinotti 2019	5 over 5 dagen	BS	34	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	1.5 mA, 20 min	↓			VAS
Brown 2020	8 over 8 weken	BS	68	Rechts anode IFG (F10) – links kathode bovenarm	2 mA, 30 min	=			Likert (0-9, zelfrapportage)
Holla 2020	5 over 5 dagen	BS	21	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	=	↓		Interview in follow-up
									ACQ-SF-R
Vanderhasselt 2020	2 (1 stimulatie, 1 placebo)	WS	45	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	=			Nederlandstalige versie AAAQ
								↓	Bierproeftest en VAS
Dubuson 2021	5 over 5 dagen	BS	125	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3) (met of zonder combinatie ICT)	2 mA, 20 min	=	↓		Telefonisch bevraagd
									VAS

Pijltjes geven aan dat er een significante afname was van zucht (craving), terugval of gebruik in de verum- ten opzichte van de shamstimulatiegroep; --tekens staan voor niet-significante verschiltoetsen. De geclusterde studies waren reeds opgenomen door Herremans en Baeken (2017). Terugval = het al dan niet opnieuw gebruiken van het middel, na een periode van abstinentie (follow-up); Gebruik = kwantificering van de hoeveelheid gebruik van het middel na de experimentele interventie en/of in vergelijking met de hoeveelheid voor de interventie; Zucht/craving = intens verlangen naar een bepaald middel; WS = within-subjects design; BS = between-subjects design; DLPFC = dorsolaterale prefrontale cortex; mA = milliampère; F3, F4 en F10 = precieze positie van elektrode volgens het elektro-encefalografisch 10-20-systeem; CBM = *cognitive bias modification*; ABM = *attentional bias modification*; ICT = *inhibitory control training*; OCDS = *Obsessive Compulsive Drinking Scale*; AUQ = *Alcohol Urge Questionnaire*; VAS = visuele-analoge schaal; PACS = *Pennsylvania Alcohol Craving Questionnaire*; ACQ-SF-R = *Alcohol Craving Questionnaire Short Form Revised*; AAAQ = *Alcohol Approach and Avoidance Questionnaire*; = ↓ gunstige trend ten opzichte van placebo.

sies (gemiddeld 6), van een within-subjectopzet en van veelal korte, klinisch weinig betekenisvolle follow-upperiodes. In het merendeel van de studies maakt men gebruik van een duur van 20 minuten per sessie (82%) en een intensiteit van 2mA (76%). Bilaterale stimulatie van de dorsolaterale prefrontale cortex (dlPFC) is ver-

reweg de meestgebruikte methode, waarbij de polariteit echter varieert; 40% kiest voor rechter anodale stimulatie (anode rechts, kathode links), 20% kiest voor de omgekeerde montage. In een beperkter aantal studies gebruikt men een andere montage (26%) of maakt men gebruik van meerdere montages (14%).

Tabel 2. Studies naar effecten van tDCS bij nicotinegebruik

1 ^e auteur jaar	Aantal sessies	Opzet	Aantal patiënten	Stimulatieplaats	Parameters	Resultaten			Instrument
						Zucht	Terugval	Gebruik	
Boggio 2009	5 over 5 dagen	BS	23	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	↓			VAS
								↓	# sigaretten (zelfrapportage)
Fecteau 2014	10 (5 placebo, 5 stimulatie)	WS	12	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 30 min	↓			QSU
								↓	# sigaretten (zelfrapportage)
								=	CO-monitor
							↓	Ultimatum game	
Smith 2015	5 over 5 dagen	BS	37 rokers met schizofrenie	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal (FP2)	2 mA, 20 min	=			QSU
								=	# sigaretten (zelfrapportage)
								=	CO-monitor
Fregni 2008	3 (A, B en placebo)	WS	24	A. links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	↓			VAS
				B. rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	↓			VAS
Xu 2013	2 over 2 dagen (1 stimulatie, 1 placebo)	WS	24	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal	2 mA, 20 min	=			UTS
Meng 2014	1 (A, B of placebo)	BS	30 (A: 10, B: 10, placebo: 10)	A. links anode FPT – rechts kathode FPT	1 mA, 20 min			=	# sigaretten (zelfrapportage)
				B. links anode occipitale lob en kathode FPT – rechts anode occipitale lob en kathode FPT (bilateraal)	1 mA, 20 min			↓	# sigaretten (zelfrapportage)
Pripfl 2015	3 (A, B en placebo)	WS	17	A. links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	1 mA, 15 min	=			CCAPAT
				B. rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	1 mA, 15 min	=			CCAPAT
Falcone 2016	2 (1 placebo, 1 stimulatie)	WS	25	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal	1 mA, 20 min			↓	Latentie tot roken (minuten)
								↓	# sigaretten smoking lapse paradigm
								=	# sigaretten (zelfrapportage)
Kroczeck 2016	1	BS	25	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal (FP2)	2 mA, 15 min	=			Likert 0-10 (verbale zelfrapportage)
Yang 2017	2 over 2 weken (1 stimulatie, 1 placebo)	WS	32	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	1 mA, 30 min	↓			VAS
Mondino 2018	10 over 5 dagen	BS	29	rechts anode DLPFC – links kathode occipitaal	2 mA, 20 min	↓			Likertschaal (zelfrapportage)
								=	# sigaretten (zelfrapportage)

Tabel 2. Studies naar effecten van tDCS bij nicotinegebruik (vervolg)

1 ^e auteur jaar	Aantal sessies	Opzet	Aantal patiënten	Stimulatieplaats	Parameters	Resultaten			Instrument	
						Zucht	Terugval	Gebruik		
Vitor de Souza Brangioni 2018	5 over 5 dagen	BS	36	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal	1 mA, 20 min			↓	# sigaretten (zelfrapportage)	
	3 over 3 dagen	BS	22	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	1.5 mA, 20 min			=	# sigaretten (zelfrapportage)	
Falcone 2019	3 over 1 week	BS	106	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode supra-orbitaal (FP2)	A. 1 mA, 20 min B. 2mA, 20 min			=	# sigaretten (zelfrapportage) CO-levels	
Ghorbani Behnam 2019	A. 20 over 4 weken	BS	135 (A: 35, placebo A: 33, B: 35, placebo B: 32)	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min			↓	# sigaretten (zelfrapportage)	
	B. 20 over 12 weken								↓	# sigaretten (zelfrapportage)
									↓	Speeksel-test
Hajloo 2019	10 over 5 weken	BS	40	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	↓			DDQ	
Verveer 2020	6 over 6 dagen	BS	71	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 13 min	=			Likert (0-100, zelfrapportage)	
									=	# sigaretten (zelfrapportage)
Müller 2021	5 over 5 dagen	BS	44	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	=			VAS	
									=	# sigaretten (zelfrapportage)
									=	CO-levels
Perri 2021	5 over 5 dagen	BS	20	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	↓			QSU	
									=	# sigaretten (zelfrapportage)
Lin 2021	5 over 5 dagen	BS	30 rokers met een opioïde verslaving	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4) / links anode OFC (Fp1) – rechts kathode OFC (Fp2A)	2 mA, 20 min				# sigaretten (zelfrapportage)	
									↓	CO-monitor
									=	VAS

Zie tabel 1 voor uitleg begrippen en afkortingen, FPT = fronto-pariëtaal-temporaal associatiegebied; OFC = orbitofrontale cortex; FTND = Fagerstromtest voor Nicotineafhankelijkheid; QSU = *Questionnaire of Smoking Urges*; UTS = *Urge to Smoke Scale*; CCAPAT = *Cue Induced Craving and Affective Picture Appraisal Task*; DDQ = *Desire for Drugs Questionnaire*; CO = koolstofmonoxide; F3, F4, C3 en FP2 = precieze positie van elektrode volgens het elektro-encefalografisch 10-20-systeem.

Er lijkt zich inmiddels een voorzichtige consensus af te tekenen rond een grotere effectiviteit van rechter (versus linker) anodale stimulatie van de dlPFC (Lefaucheur e.a. 2017; Fregni 2021). Gebruik van zogenaamde *high-definition* stimulatie kan mogelijk doorslaggevend inzicht bieden in de effecten van stimulatielateraliteit. Hierbij wordt één kleine, ringvormige anode omringd door meerdere kathodes (of vice versa), met een hogere veldsterkte en focaliteit in vergelijking met conventio-

nele tDCS, desgewenst beperkt tot één hersenhemisfeer (Datta e.a. 2009).

De huidige literatuur lijkt gekenmerkt door een gebrek aan objectieve uitkomstmaten. Zo wordt zucht bijvoorbeeld typisch geoperationaliseerd als zelfrapportage op een visueel-analogue schaal. Verschillende reviews onderstrepen dan ook reeds het belang van het includeren van objectieve uitkomsten zoals neuro-imaging (Spagnolo & Goldman 2017; Coles e.a. 2018; Lapenta

Tabel 3. Studies naar effecten van tDCS bij harddrugsgebruik

1 ^e auteur jaar	Aantal sessies	Opzet	Aantal patiënten	Stimulatieplaats	Parameters	Resultaten		Instrument
						Zucht	Herval	
Conti 2014	5 over 10 dagen	BS	13	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		=↓	Niet gerapporteerd
Batista 2015	5 over 10 dagen	BS	36	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		↓	OCCS
Shahbabaie 2014	2 over min. 6 dagen	BS	32	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode supra-orbitaal	2 mA, 20 min		↓	VAS
Nakamura-Palacios 2016	5 over 5 dagen	BS	23	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		↓	OCCS
Shariatirad 2016	20 over 4 weken	WS	1 (gevalstudie)	Rechts anode DLPFC (F4) – kathode rechterarm	2 mA, 20 min		↓	DDQ
Wang 2016	1	BS	20	Bilateraal: links en rechts anode occipitale lob – respectievelijke kant kathode FPT	1.5 mA, 20 min		↓	Likert (0-100, zelfrapportage)
Klauss 2018	10 over 20 dagen	BS	35	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		=	OCCS
							=	Verbaal of telefonisch gevraagd aan patiënt of familie
Shahbabaie 2018	2 over 2 dagen	WS	15	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		↓	Likert (0-100, zelfrapportage)
Tarehian 2019	10 over 10 dagen	BS	60	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3) met MMT	2 mA, 20 min		↓	DDQ
Alizadehgoradel 2020	10 over 5 weken	BS	39	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min		↓	DDQ
Sadeghi Bimorgh 2020	7 over 14 dagen	BS	27	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		=	Urinedipstick
Verveer 2020	10 over 5 dagen	BS	59	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 13 min		=	Likert (0-100, zelfrapportage)
Alizadehgoradel 2021	12 over 6 weken	BS	80	links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4) (met of zonder combinatie MBAT)	1.5 mA, 20 min		↓	DDQ
Eskandari 2021	10 over 10 dagen	BS	31 (A: 11, B: 10, placebo: 10)	A. rechts anode DLPFC – links kathode DLPFC B. links anode DLPFC – rechts kathode DLPFC	2 mA, 20 min 2 mA, 20 min		= =	DDQ DDQ
Gaudreault 2021	15 over 5 weken	BS	17	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min		=↓ =	OCCS CCQ
Xu 2021	20 over 4 weken	BS	50	rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3) (combinatie met CCAT)	1.5 mA, 20 min		↓	VAS

Zie tabel 1 voor uitleg begrippen en afkortingen, MBT = *mindfulness-based substance abuse treatment*; MMT = methadon-onderhoudsbehandeling; CCAT = *Computerized Cognitive Addiction Therapy*; CCQ = *Cocaine Craving Questionnaire*; OCCS = *Obsessive Compulsive Cocaine Scale*.

Tabel 4. Studies naar effecten van tDCS bij gebruik marihuana

1e auteur jaar	Aantal sessies	Opzet	Aantal patiënten	Stimulatieplaats	Parameters	Resultaten	Instrument
Boggio 2010	1	BS	25 (A: 9, B: 8, placebo: 8)	A. rechts anode DLPFC (F4) – links kathode DLPFC (F3)	2 mA, 20 min	Zucht: ↓	VAS
				B. links anode DLPFC (F3) – rechts kathode DLPFC (F4)	2 mA, 20 min	Zucht: =	VAS

Zie **tabel 1** voor uitleg begrippen en afkortingen.

e.a. 2018; Ekhtiari e.a. 2019). Doordat deze methoden ook potentieel inzicht bieden in de onderliggende werkingsmechanismen, kunnen ze mogelijk een belangrijke bijdrage leveren in het ophelderen van de vele methodologische open vragen en zodanig de weg bereiden voor nieuwe, voldoende grote studies met een klinisch relevante follow-uptermijn.

tDCS werkt via modulatie van de reeds aanwezige hersenactiviteit. Naast de effectiviteit als losstaande behandeling, is er dus ook behoefte aan onderzoek naar de effectiviteit van tDCS als versterkende behandeling. Met name de interactie van tDCS met de (behandel) context, inclusief het farmacologisch regime van de patiënt, lijken cruciale punten op de onderzoeksagenda; voor reviews ter zake, zie respectievelijk Dedoncker e.a. (2021) en Spagnolo e.a. (2020).

CONCLUSIE

tDCS lijkt een gunstige impact te hebben op stoornissen in het gebruik van middelen, waarbij er de meeste evidentie is voor een gunstige invloed op de zucht naar middelen. Methodologische beperkingen maken op dit moment uitgesproken conclusies onmogelijk.

LITERATUUR

Bikson M, Grossman P, Thomas C, e.a. Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain Stimulation* 2016; 9: 641-61.

Brorson HH, Ajo Arnevik E, Rand-Hendriksen K, e.a. Drop-out from addiction treatment: A systematic review of risk factors. *Clinical Psychology Review* 2013; 33: 1010-24.

Claus ED, Klimaj SD, Chavez R, e.a. A randomized trial of combined tDCS over right inferior frontal cortex and cognitive bias modification: null effects on drinking and alcohol approach bias. *alcoholism: clinical and experimental research* 2019; 43: 1591-9.

Coles AS, Kozak K, George TP. A review of brain stimulation methods to treat substance use disorders. *The American Journal on Addictions* 2018; 27: 71-91.

Datta A, Bansal V, Diaz J, e.a. Gyri-precise head model of transcranial direct current stimulation: Improved spatial focality using a ring electrode versus conventional rectangular pad. *Brain Stimulation* 2009; 2: 201-7.

Dedoncker J, Baeken C, De Raedt R, e.a. Combined transcranial direct current stimulation and psychological interventions: State of the art and promising perspectives for clinical psychology. *Biol Psychology* 2021; 158: 107991.

Dinur-Klein L, Dannon P, Hadar A, e.a. Smoking cessation induced by deep repetitive transcranial magnetic stimulation of the prefrontal and insular cortices: a prospective, randomized controlled trial. *Biol Psychiatry* 2014; 76: 742-9.

Dutra L, Stathopoulou G, Basden SL, e.a. A meta-analytic review of psychosocial interventions for substance use disorders. *Am J Psychiatry* 2008; 165: 179-87.

Ekhtiari H, Tavakoli H, Addolorato G, e.a. Transcranial electrical and magnetic stimulation (tES and TMS) for addiction medicine: A consensus paper on the present state of the science and the road ahead. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2019; 104: 118-40.

Fregni F, El-Hagrassy MM, Pacheco-Barrios K, e.a. Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation in neurological and psychiatric disorders. *Int J Neuropsychopharmacol* 2021; 24: 256-313.

Herremans SC, Baeken C. Klinische effecten van niet-invasieve neuromodulatie bij patiënten met een stoornis in het gebruik van middelen; een overzicht. *Tijdschr Psychiatr* 2017; 59: 643-9.

Jansen JM, Daams JG, Koeter MWJ, e.a. Effects of non-invasive neurostimulation on craving: A meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev* 2013; 37: 2472-80.

Koob GF, Volkow ND. Neurobiology of addiction: a neurocircuitry analysis. *Lancet Psychiatry* 2016; 3: 760-73.

Kooteh BR, Dolatshahi B, Nosratabadi M, e.a. Combination therapy and opioids: effectiveness of transcranial direct-current stimulation (tDCS) and emotion regulation training in reducing current drug craving. *Mædica* 2020; 15: 53.

Korai SA, Ranieri F, Di Lazzaro V, e.a. Neurobiological after-effects of low intensity transcranial electric stimulation of the human nervous system: from basic mechanisms to metaplasticity. *Front Neurol* 2021; 12: 1-14.

Lapenta OM, Marques LM, Rego GG, e.a. tDCS in addiction and impulse control disorders. *J ECT* 2018; 34: 182-92.

Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, e.a. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clin Neurophysiol* 2017; 128: 56-92.

Lupi M, Martinotti G, Santacroce R, e.a. Transcranial direct current stimulation in substance use disorders. *J ECT* 2017; 33: 203-9.

Matsumoto H, Ugawa Y. Adverse events of tDCS and tACS: A review. *Clin Neurophysiol Pract* 2017; 2: 19-25.

Nikolin S, Huggins C, Martin D, e.a. Safety of repeated sessions of transcranial direct current stimulation: A systematic review. *Brain Stim* 2018; 11: 278-88.

Palm U, Kumpf U, Behler N, e.a. Home use, remotely supervised, and remotely controlled transcranial direct current stimulation: a systematic review of the available evidence. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface* 2018; 21: 323-33.

Philip NS, Sorensen DO, McCalley DM, e.a. Non-invasive brain stimulation for alcohol use disorders: state of the art and future directions. *Neurotherapeutics* 2020; 17: 116-26.

De overige literatuurverwijzingen en alle referenties uit de tabellen zijn online te vinden.