

Palak Mahant Dass

**EFFECTES A CURT TERMINI DE L'ESTIMULACIÓ TRANSCRANIAL PER
CORRENT DIRECTE (tDCS) EN LES FUNCIONS ATENCIONALS : UN
ESTUDI PILOT**

TREBALL DE FI DE GRAU

dirigit per la Dra. Diana Ribes Fortanet

Grau de Psicologia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2021

AGRAÏMENTS

Amb aquest apartat vull transmetre el meu agraïment a tots aquells que m'han ajudat al llarg d'aquesta assignatura i han col·laborat, directament o indirectament, en aquesta investigació.

En primer lloc, m'agradaria donar les gràcies a la meva tutora, Dra. Diana Ribes, per la seva ajuda en la planificació i organització, informació i el seguiment del meu treball durant aquests mesos. M'ha sabut orientar en tot moment i ensenyar-me nous recursos per tal que pogués avançar en aquesta assignatura. I a la Dra. Teresa Colomina per la seva dedicació, l'esforç i interès durant tot el meu projecte. M'ha sabut guiar, ajudar i motivar durant tots aquest temps.

En segon lloc, m'agradaria donar les gràcies a l'estudiant del doctorat Sr. Xavier Corominas, que m'ha ajudat a dur a terme tot l'experiment, i per ensenyar-me nous coneixements i tècniques en l'àmbit de la neuropsicologia. I a tots els participants del meu projecte pel seu interès i compromís, i el seu temps dedicat durant les sessions.

També m'agradaria agrair a la Universitat Rovira i Virgili (URV) per facilitar-me els mitjans necessàries per tal de realitzar el meu experimental, ja que de no ser així, no m'hauria estat possible disposar dels recursos i instal·lacions que m'han ajudat a desenvolupar la investigació.

Finalment, però no per això menys important, gràcies a la meva família i amics que han suposat en tot moment un suport moral molt important, ajudant-me a superar tots els obstacles a nivell psicològic que una assignatura com aquesta comporta.

A tots ells, moltes gràcies

CONTINGUT

1.	INTRODUCCIÓ	3
2.	OBJECTIUS I HIPÒTESIS	8
3.	METODOLOGIA.....	9
3.1.	PARTICIPANTS	9
3.2.	PROCEDIMENT I INSTRUMENTS	10
3.2.1.	DISSENY I PROTOCOL EXPERIMENTAL	10
3.2.2.	TÈCNICA: ESTIMULACIÓ TRANSCRANIAL AMB CORRENT DIRECTE.....	12
3.2.3.	TASQUES: CPT I BART	14
3.3.	ANÀLISIS ESTADÍSTICS	16
4.	RESULTATS	18
5.	DISCUSSIÓ	26
6.	CONCLUSIONS	29
7.	BIBLIOGRAFIA	31
8.	ANNEXOS.....	36

1. INTRODUCCIÓ

Aquest treball es basa en l'estudi de l'estimulació transcranial amb corrent directe (tDCS) i el seu efecte a curt termini sobre les funcions executives del còrtex prefrontal, l'atenció i la impulsivitat.

L'atenció és una funció cognitiva bàsica complexa que se n'encarrega de prioritzar la selecció per processar posteriorment els estímuls sensorials, tant externs com interns (Lema et al., 2021). La capacitat d'aconseguir i mantenir el focus de l'activitat cognitiva en un determinat estímulo, és a dir, l'atenció sostinguda o la vigilància, és un component fonamental de la cognició humana (Staub et al., 2013).

Aquesta funció no està associada només amb una àrea cerebral, més aviat és el resultat de la interacció de diferents àrees cerebrals que s'organitzen en xarxes, concretament la xarxa dorsal que inclou el còrtex prefrontal i parietal superior (Dubravac & Meier, 2020). Hi ha estudis que han demostrat que l'atenció també està associada amb el cerebel. En l'any 2018 Jacoby va fer un estudi amb subjectes amb TDAH i va demostrar que durant l'administració d'una prova atencional, *Continuous performance test* (CPT), a part del còrtex prefrontal i parietal es va activar l'àrea del cerebel (Jacoby & Lavidor, 2018).

Sokolov, en el seu estudi de l'any 2017, va arribar a la conclusió, a partir de neuroimatges, i estimulació cranial, que diferents àrees del cerebel, lòbul IV i V, estaven implicades en diverses funcions cognitives com l'atenció (Sokolov et al., 2017). També va haver-hi un altre estudi en l'any 2018 que va demostrar que la inatenció en les persones amb TDAH era degut a l'absència de substància grisa en culmen, que és una part de cerebel format per lòbul IV i V (Duan et al., 2018).

La impulsivitat està relacionada amb la dificultat d'inhibir o interrompre una resposta (Behforooz et al., 2017). Segons Eysenck, també està relacionada amb fer que la ment vagi més de pressa causant una falta de planificació i l'assumpció de riscos (Arce & Santisteban, 2006)

Molts estudis demostren que la impulsivitat està relacionada amb el còrtex prefrontal, ja que aquesta àrea se n'encarrega del control cognitiu, modulant funcions com l'atenció, la planificació, l'assumpció de riscos, etc. (Gilmore et

al., 2018). També estaria implicat el cerebel, ja que, com s'ha dit abans, aquest està implicat en diverses funcions com l'atenció, la planificació (Bledsoe et al., 2011), funcions que estan molt lligades amb la impulsivitat.

La relació entre l'atenció i la impulsivitat, a part de la neuroanatomia, també es pot veure reflectit en el model inhibitori tripartit que distingeix tres processos inhibitoris: inhibició comportamental, inhibició perceptual i inhibició cognitiva. A partir de les funcions de la inhibició comportamental i perceptual es pot veure la relació entre aquestes dues funcions cognitives, ja que la inhibició comportamental té la funció d'eliminar les respostes prepotents (es relacionaria amb la impulsivitat) i la inhibició perceptual, ens permet focalitzar la nostra atenció en estímuls (Introzzi et al., 2015).

Estudis recents han observat evidències relacionades sobre aspectes de l'estil de vida d'una persona, com són el fet de practicar esport o fumar tabac, sobre les funcions cognitives. S'ha observat que l'activitat física té efectes sobre funcions executives, i també es relaciona l'efecte de l'esport en l'estructura i funció del cervell. L'any 2019 es va fer un estudi per observar l'efecte de l'esport en funcions cognitives. Es va concloure que el rendiment en la prova *Attentional network task* (ANT) era millor en les persones que practicaven esport (Meng et al., 2019).

L'any 2019 es va fer un estudi per veure si la nicotina tenia efectes en la salut mental de les persones. Es va agafar una població universitària per portar a terme aquest estudi. Es va observar que hi havia una diferència significativa en la variable impulsivitat entre les persones que fumaven o havien fumat dels que no, ja que les persones fumadores van donar una puntuació superior en impulsivitat en totes les subescales de BIS-II, en comparació amb el grup no fumador (Grant et al., 2019).

Respecte a les proves psicològiques que s'utilitzen per avaluar les funcions cognitives, concretament, l'atenció i la impulsivitat, podem destacar la tasca de *Continuous performance test* (CPT) de Conners i la *Balloon analogue risk task* (BART).

La *Continuous performance test* és una tasca psicològica que avalua l'atenció i la impulsivitat. La prova consisteix, durant 14 min, en prémer la barra d'espai quan apareix una seqüència de lletres específica (AX), i prémer la

tecla "Z" quan apareix una seqüència diferent de la "AX". Les variables que mesura aquest experiment són els errors de comissió (errors falsos positius), associats amb la impulsivitat, i errors d'omissió (errors positius) relacionats amb la inatenció (Allenby et al., 2018).

La prova psicològica *Balloon analogue risk task* és un test assistit per ordinador que avalua l'assumpció de riscos. En la tasca, l'individu ha d'inflar el globus clicant una tecla sense que exploti. Cada vegada que el subjecte premi la tecla, el globus s'inflarà 3 cm, i el participant rebrà una puntuació. Unes de les variables que es treu d'aquesta prova és la impulsivitat, ja que, com va dir Eysenck, aquesta funció està molt lligada amb l'assumpció de riscos (Weidlich, 2020).

Des de fa pocs anys, cada cop hi ha més proves assistides per ordinador per avaluar les funcions cognitives i diferents programes que permeten el disseny de diferents tasques psicològiques per tal de simplificar el programari dels experiments i donar importància a la selecció d'estímuls. Uns dels programes més destacables és el E-Prime (*Psychology Software Tools*, 2002)(*Random without Replacement Is Not Random: Caveat Emptor - ProQuest*, n.d.). Aquest programa permet la generació d'experiments, recollida de dades amb precisió de mil·lisegons i processament i anàlisi de dades.

Per tal d'estimular aquestes funcions cognitives les tècniques d'estimulació cerebral han resultat útils, ja que poden establir un vincle entre l'activació cerebral i el comportament. Com a mètode segur no invasiu per manipular experimentalment l'activitat neuronal en determinades àrees cerebrals, s'ha aplicat tDCS sobre les àrees de l'escorça frontal i parietal per modular la cognició en molts estudis (Dubravac & Meier, 2020).

L'estimulació transcranial amb corrent directe (tDCS, les seves sigles en anglès) és una tècnica no-invasiva que permet induir petites quantitats de corrent en el còrtex cerebral per tal d'estimular la zona i millorar el rendiment en les tasques cognitives (Bennabi et al., 2014).

Aquesta tècnica permet aplicar un corrent elèctric de baixa amplitud sobre el cuir cabellut mitjançant dos elèctrodes recoberts d'esponges durant sessions no superiors a 20 minuts en una zona específica (Deus-Yela et al., 2017). A causa de la seva funció neuromoduladora, la polaritat del corrent elèctric

induït en la zona cerebral exerceix un paper significatiu. L'estimulació amb pol positiu es coneix com a estimulació anòdica que s'associa amb un efecte excitatori, en canvi l'estimulació amb el pol negatiu s'anomena estimulació catòdica que està relacionat amb un efecte inhibitori (Montenegro et al., 2017).

Respecte al tipus d'estimulació, n'hi ha de dos tipus: estimulació activa i estimulació *sham*. La primera consisteix en l'administració del corrent durant un temps per tal de provocar efectes en la zona, en canvi, l'estimulació *sham* administra el corrent durant un temps molt breu (30 s) i després s'apaga, amb això s'aconsegueix la mateixa sensació que l'estimulació activa. Aquesta última estimulació serveix per estudiar l'efecte placebo (Montenegro et al., 2017).

També es pot distingir entre una estimulació *online* i *offline*. L'estimulació *online* consistirà a aplicar la tècnica durant la tasca, i l'estimulació *offline* fa referència a l'aplicació d'aquesta abans o després de la tasca (Fertonani & Miniussi, 2017).

Pel que fa a l'efectivitat d'aquesta tècnica, molts estudis demostren que l'estimulació té efectes positius sobre diferents processos cognitius de les persones. Per exemple, Allenby va concloure en el seu estudi que la tDCS millora la impulsivitat en les persones amb TDAH. Aquest estudi es va basar a aplicar la tècnica d'estimulació en el còrtex dorsolateral prefrontal en adults amb TDAH diagnosticat per observar una millora del rendiment en la tasca de continuous performance task (CPT), és a dir, disminució de la puntuació de falsos positius (Allenby et al., 2018).

Perrotta va fer un experiment per veure si la tDCS aplicat en còrtex prefrontal tenia algun efecte sobre la inhibició a través de la prova de Stroop en persones sanes, i va concloure, que efectivament, després de l'estimulació es disminuïen els errors en la tasca, per tant, augmentava la capacitat d'inhibició (Perrotta et al., 2021).

Un altre estudi que va demostrar l'eficàcia d'aquesta tècnica és el de Gaynor. En aquest experiment es va concloure que hi havia evidència que la tDCS tenia efecte sobre el còrtex prefrontal en persones que havien superat càncer de pit, ja que va milloraven el rendiment en la tasca *continuous performance*

test (CPT). Per tant, la tècnica millorava les següents funcions cognitives: l'atenció sostinguda, inatenció i la impulsivitat (Gaynor et al., 2020).

Diferents estudis han utilitzat les variables de l'electroencefalograma per demostrar efectes de l'estimulació transcranial. L'electroencefalograma (EEG) és una tècnica que serveix per enregistrar l'activitat cerebral de l'àrea que volem estudiar. Moltes funcions cognitives estan associades amb una o algunes de les cinc oscil·lacions: alfa, beta, gamma, theta i delta (Herrmann et al., 2016).

Per exemple, l'any 2011 es va fer un estudi que tenia com a objectiu avaluar l'activitat cerebral després de realitzar la tDCS en el còrtex prefrontal, per millorar la memòria de treball, en persones sanes, i es va arribar a la conclusió que, efectivament, l'activitat cerebral canviava després de l'estimulació en aquesta àrea. Concretament s'observava la disminució de l'activitat delta (Keeser et al., 2011).

Un altre estudi que es va realitzar l'any 2011 també va arribar a la mateixa conclusió que s'observava la disminució de l'activitat delta després d'aplicar la tDCS en el còrtex dorsolateral prefrontal per tal de millorar la producció del llenguatge (Wirth et al., 2011).

Des de fa pocs anys aquesta tècnica neuromoduladora està sent més utilitzada per estimular les funcions cognitives i també com una eina terapèutica per la seva efectivitat. Tot i ser una tècnica significativament efectiva té limitacions, com la baixa precisió d'estimulació que dificulta distingir quina àrea del cervell està col·laborant en els resultats obtinguts (Morya et al., 2019) o la profunditat de penetració fet que dificulta arribar a certes neurones del cervell (Brunoni et al., 2012).

Tenint en compte les limitacions, les potencialitats i les evidències que hi ha sobre aquesta tècnica i la seva efectivitat, es planteja estudiar, en aquest treball, els efectes d'aquest instrument aplicat al còrtex prefrontal i cerebel sobre les funcions cognitives com l'atenció i la impulsivitat.

2. OBJECTIUS I HIPÒTESIS

L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar si la tècnica transcranial amb corrent directe (tDCS) repetida durant tres dies, pot millorar a curt termini algunes funcions cognitives com l'atenció, la impulsivitat i la presa de decisions en persones sanes.

Com a objectius específics es planteja:

1. Avaluar el rendiment de la prova CPT en homes i dones
2. Avaluar el rendiment de la prova BART en homes i dones
3. Avaluar el rendiment de la prova CPT en persones que practiquen esport i les que no
4. Avaluar el rendiment de la prova BART en persones que practiquen esport i les que no
5. Avaluar el rendiment de la prova CPT en persones que fumadores i les que no.
6. Avaluar el rendiment de la prova BART en persones que fumadores i les que no.

Tenint en compte tot el que s'ha explicat anteriorment, es planteja com hipòtesis que els participants del grup experimental millorin el seu rendiment en la prova atencional en comparació del grup control.

H₀: no hi ha millora en el rendiment en la prova CPT en grup experimental

H₁: hi ha millora en el rendiment en la prova CPT en grup experimental

La segona hipòtesis que és planteja es que els subjectes del grup experimental milloraran el seu rendiment en una tasca de presa de decisions en conductes de risc en comparació amb el grup control.

H₀: no hi ha millora en el rendiment en la prova BART en grup experimental

H₁: hi ha millora en el rendiment en la prova BART en grup experimental

3. METODOLOGIA

Per tal de confirmar o rebutjar les meves hipòtesis s'ha dut a terme un estudi empíric experimental sota la supervisió de la Dra. Colomina i l'estudiant de doctorat Sr. Xavier Corominas. El primer pas que es va fer per començar aquest estudi va ser passar aquesta proposta pel comitè d'ètica de la universitat Rovira i Virgili (URV), adjuntat com annex 1.

3.1. PARTICIPANTS

La mostra que es va escollir per aquest experiment pilot va ser de dotze voluntaris, sis dones i sis homes. S'ha accedit a les mostres a partir d'una difusió a través de les xarxes socials de l'autora del treball. El rang d'edat dels participants va ser entre 20-30 anys (mitjana = 23,08; desviació = 1,44). Respecte al nivell educatiu, sis subjectes són estudiants de grau o ja han acabat el grau i als altres sis són estudiants de cicle superior.

Fent referència als criteris d'exclusió, es van seleccionar a aquells subjectes que no patien cap patologia neurològica (cirurgia en el cervell, infart cerebral, traumatisme cranioencefàlic, etc.), i els d'inclusió han sigut: l'edat, estil de vida i nivell acadèmic semblant. Tots els subjectes han signat el consentiment informat abans de començar l'experiment, adjuntat com annex 2. També van omplir un qüestionari relacionat amb l'estil de vida del participant i el seu nivell socioeconòmic, adjuntat com a annex 3, en el qual es preguntava sobre la seva edat, la unitat familiar, el nivell acadèmic del subjecte i dels progenitors, ús de tecnologia i de substàncies abusives i la seva pràctica de l'esport.

A partir del qüestionari s'ha caracteritzat la mostra de l'experiment: 50% dels subjectes eren homes i 50% dones; 50% tenen un nivell acadèmic universitari i l'altre 50% tenen un cicle formatiu; tots els participants fan ús freqüent de les noves tecnologies; 58% de subjectes practiquen algun esport i 42% de participants tenen un estil de vida sedentària; 83% no toca cap instrument i 17% que sí que toca; 58% són fumadors i 42% són no fumadors; 58% beuen alcohol i 42% no ho fan; 92% de subjectes no consumeixen

substàncies psicoactives i 8% consumeix alguna substància psicoactiva; i per últim, cap participant consumeix psicofàrmacs.

3.2. PROCEDIMENT I INSTRUMENTS

3.2.1. DISSENY I PROTOCOL EXPERIMENTAL

Aquest experiment pilot es va basar en un disseny de doble cec, per tal d'evitar que els resultats puguin estar influenciats per l'efecte placebo, on alguns subjectes van rebre l'estimulació activa i altres l'estimulació *sham*. L'experiment es va basar en una estimulació *offline*, ja que l'estimulació es va aplicar abans o després de les tasques.

L'estudi es va organitzar en 3 sessions per subjecte durant una setmana en el mes de maig, sis subjectes van realitzar les sessions en la setmana de 10 de maig i als altres sis ho van fer a la setmana del 17. Totes les sessions es van realitzar en un laboratori de psicobiologia de la Facultat de ciències de l'educació i psicologia, un espai tranquil i sense distraccions per tal d'evitar influències d'aquestes mateixes. En la primera setmana les sessions van començar a les 9:00 de matí i entre cada subjecte hi havia una diferència de 40 minuts. La segona setmana va tindre la mateixa diferència de minuts entre un subjecte i l'altre, però va començar a les 8:30.

Taula 1.

Esquema de les tres sessions de l'experiment

Sessió 1	Sessió 2	Sessió 3
- Consentiment informat	- Qüestionari sobre l'estil de vida i el nivell socioeconòmic	- Estimulació
- Tasques: CPT i BART	- Estimulació	- Enregistrament de l'EEG
- Estimulació		- Tasques: CPT i BART
- Enregistrament de l'EEG		

En la Taula 1 es pot veure l'organització de les sessions que es van realitzar. En la primera sessió (Taula 2), primer de tot, se'ls va explicar a cada participant en què consistiria cada sessió i van firmar el consentiment informat abans de començar cap prova. El següent pas va consistir en la demostració del funcionament i la realització de les tasques de CPT i BART. I per últim, es va realitzar l'estimulació i l'enregistrament d'EEG. Aquesta sessió va tenir una durada d'aproximadament d'una hora per cada subjecte, 25-30 minuts per fer les tasques i 30 minuts per aplicar l'estimulació i per dur a terme l'enregistrament.

Durant la segona sessió, només es va realitzar l'aplicació de l'estimulació a cada subjecte. En aquesta sessió, també, van omplir el qüestionari relacionat amb l'estil de vida del participant i el seu nivell socioeconòmic. La sessió va tindre una durada de 30 minuts per subjecte.

L'última sessió va seguir el mateix protocol que la primera sessió amb la diferència de què en aquesta sessió els subjectes primer feien l'estimulació i l'enregistrament d'EEG i per últim, feien la realització de les tasques de CPT i BART. Aquesta sessió va tenir una durada d'aproximadament una hora per cada subjecte.

Taula 2.

Esquema de la primera sessió d'un subjecte

	Temps
Explicació de l'experiment i consentiment informat	6 min
Tasca: CPT	16 min
Pausa	2 min
Tasca: BART	5 min
Pausa + preparació de l'estimulació	7 min
Estimulació	20 min
Enregistrament de l'EEG	3 min

3.2.2.TÈCNICA: ESTIMULACIÓ TRANSCRANIAL AMB CORRENT DIRECTE

Per l'aplicació de la tDCS es va utilitzar l'equip *Neuroelectronics Starstim® tES-EEG Systems* amb set elèctrodes de 3,14 cm i amb un elèctrode d'esponja amb la mateixa dimensió. El disseny del protocol es va dur a terme a través del software NIC on l'investigador podia modificar la intensitat, duració, la posició dels elèctrodes i el tipus d'estimulació: activa o *sham*.

Abans de la iniciació de l'estimulació, es va posar suficient quantitat de gel conductor en totes les posicions dels elèctrodes (Figura 1), i mullar l'esponja amb la solució de NaCl. Aquest pas és fonamental per reduir la impedància i dur a terme l'estimulació d'una manera efectiva.

Unes dels avantatges que presenta aquest dispositiu és la comprovació continua de la impedància dels elèctrodes per tal que hi hagi un bon contacte entre l'aparell i el cuir cabellut. Si es detecta un contacte insuficient amb la pell, l'estimulació es finalitza automàtica per tal d'evitar qualsevol mena de dany al participant, fet que el converteix en un mètode segur.

En aquest experiment es van posar dos ànodes en les posicions F3 i P010, i cinc càtodes en les posicions F7, C1, P8, Oz i Fz (Figura 1). També es va posar un elèctrode de referència al lòbul de l'orella.

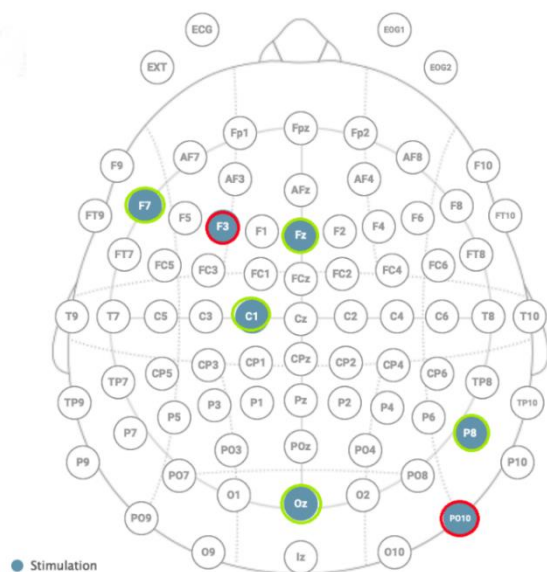


Figura 1. Posicions dels elèctrodes. Ànodes marcat amb vermell i càtodes marcat amb verd

La durada de l'estimulació va ser de 20 minuts, tant en l'estimulació activa com en la *sham*. La intensitat del corrent va ser de 3 μ A, dividida en els dos ànodes, durant tota l'estimulació. En canvi, en l'estimulació sham la intensitat augmentava fins a 3 μ A durant 30 segons inicials, com si fos una alliberació del corrent, i durant 30 segons finals. D'aquesta manera, el subjecte tenia la mateixa sensació que una estimulació activa.

Amb el mateix dispositiu i software també es va fer l'enregistrament de l'activitat cerebral, EEG, dels subjectes tant el primer dia com el tercer. Durant l'enregistrament es va demanar a participants que no es moguessin i mantinguessin els ulls tancats per evitar influències del moviment en els resultats. L'enregistrament va tindre una durada de 3 minuts. Es va fer l'enregistrament tant el dia 1 com el dia 3 de l'experiment.

El procediment de col·locació d'elèctrodes de l'EEG va ser mateix que el de l'estimulació, és a dir, es va posar el gel conductor i es van col·locar els elèctrodes amb la posició corresponent, però la posició d'elèctrodes era diferent en EEG en comparació amb l'estimulació. I tampoc hi havia cap intensitat, ja que només registrava. En aquest cas, es van posar els elèctrodes en les posicions F3, F4, C3, C4, P3 i P4, i un elèctrode de referència en el lòbul de l'orella (Figura 2)

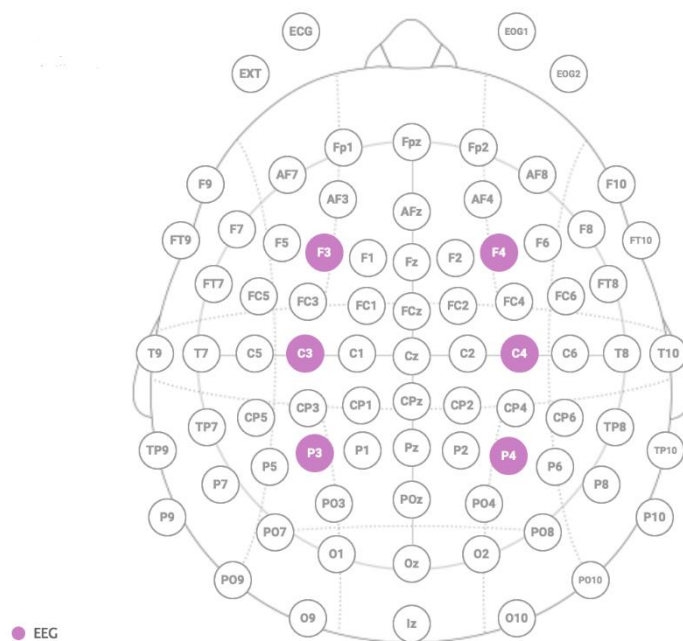


Figura 2. Posicions dels elèctrodes durant l'EEG

3.2.3.TASQUES: CPT I BART

Es van utilitzar dues tasques psicològiques, la *Continuous performance task* (CPT) i *Balloon analogue risk task* (BART). Les dues tasques estan programades a partir del E-Prime i s'han instal·lat les versions validades des de la pàgina web de Psychology Software tools (*PST Product Service & Support*, n.d.). Aquestes versions s'han utilitzat en diferents estudis, com per exemple, en l'any 2013 es va utilitzar la prova de BART programada a través de E-Prime per fer un estudi sobre l'assumpció de riscos en adolescents (Vaca et al., 2013).

CONTINUOUS PERFORMANCE TASK

La tasca consisteix en 40 assajos de prova i 160 assajos d'experiment. Abans de començar els assajos surt una pantalla inicial amb instruccions on se'ls explica que la pantalla de l'ordinador anirà projectant lletres de 2 en 2 de manera contínua, en la que cada lletra va separada per un signe de "+". El subjecte ha de fixar-se bé en la seqüència de lletres que aparegui. Si surt una "A" i tot seguit surt una "X" ha de prémer la barra d'espai. Davant de qualsevol altra combinació premerà la tecla "Z" (Figura 3).

La presentació de cada estímul té una duració 200 mil·lisegons. El temps entre un estímul i l'altre està dividit en tres blocs: 1500, 2000 i 2500 mil·lisegons. El temps de resposta és de 200 mil·lisegons, si el subjecte no contesta en aquest límit de temps el programa ho detecta com una absència de resposta i passa al següent estímul automàticament. La durada total de la prova són 16 minuts.

Les funcions cognitives que es mesuren en aquesta prova són l'atenció sostinguda, perseverança i la impulsivitat. Aquestes variables es poden treure a partir de les dades que ens proporciona E-DataAid, que és un programa inclòs en el E-Prime que s'encarrega de l'exportació dels resultats. Les columnes que ens interessin per treure aquestes dades són: el temps de reacció, el número d'encerts, les omissions i les comissions.

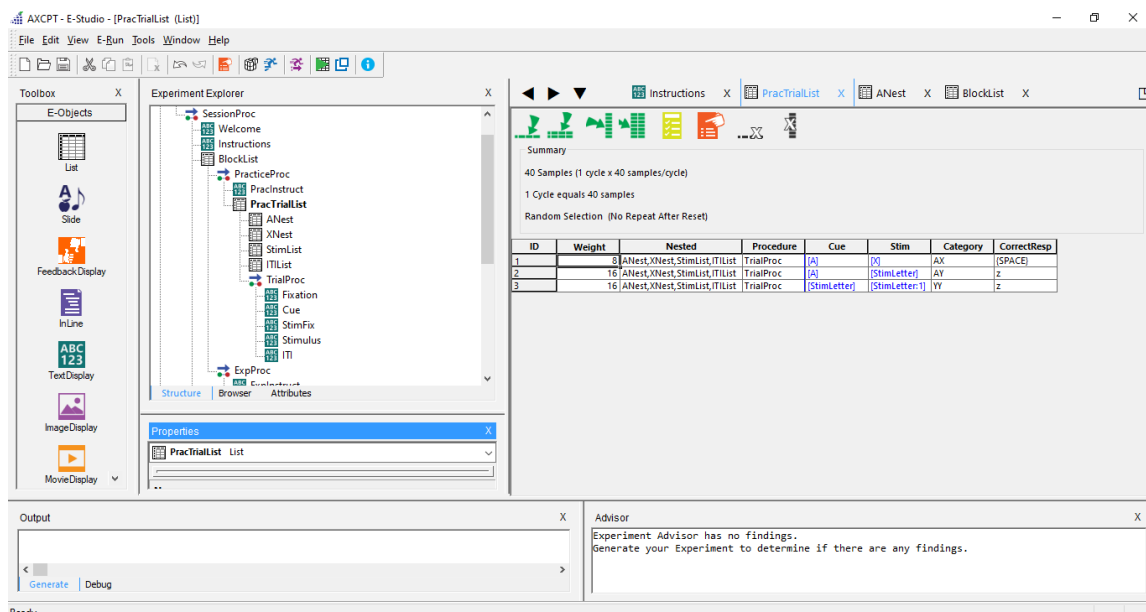


Figura 3. Disseny de l'experiment en E-Prime

BALLOON ANALOGUE RISK TASK

Aquesta prova consisteix a inflar el globus sense que exploti. A la pantalla inicial, el subjecte rep les instruccions on se li explica que en aquesta tasca, haurà d'inflar el globus amb la fletxa dreta, però haurà de vigilar perquè si infla massa el globus, pot explotar. Per evitar que exploti, inflarà el globus amb la tecla de la fletxa dreta fins que no vulgui que exploti. Llavors, premerà la tecla de la fletxa esquerra per parar d'inflar. Com més infla el globus, més punts obtindrà (Figura 4).

La prova consta d'un assaig de prova perquè el subjecte entengui bé les instruccions i la prova abans de començar la tasca. El temps entre un estímul i l'altre és de 1500 mil·lisegons. El pas d'un estímul a l'altre no és automàtic, sinó que el subjecte ha de prémer la barra d'espai per continuar.

Les funcions cognitives que es mesuren en aquesta prova són l'assumpció de riscos i la impulsivitat. Aquestes variables es poden treure a partir de les dades que ens proporciona E-DataAid, que és un programa inclòs en el E-Prime que s'encarrega de l'exportació dels resultats. Les columnes que ens interessin per treure aquestes dades són: la puntuació obtinguda, el total de globus no explotats i l'increment dels globus no explotats.

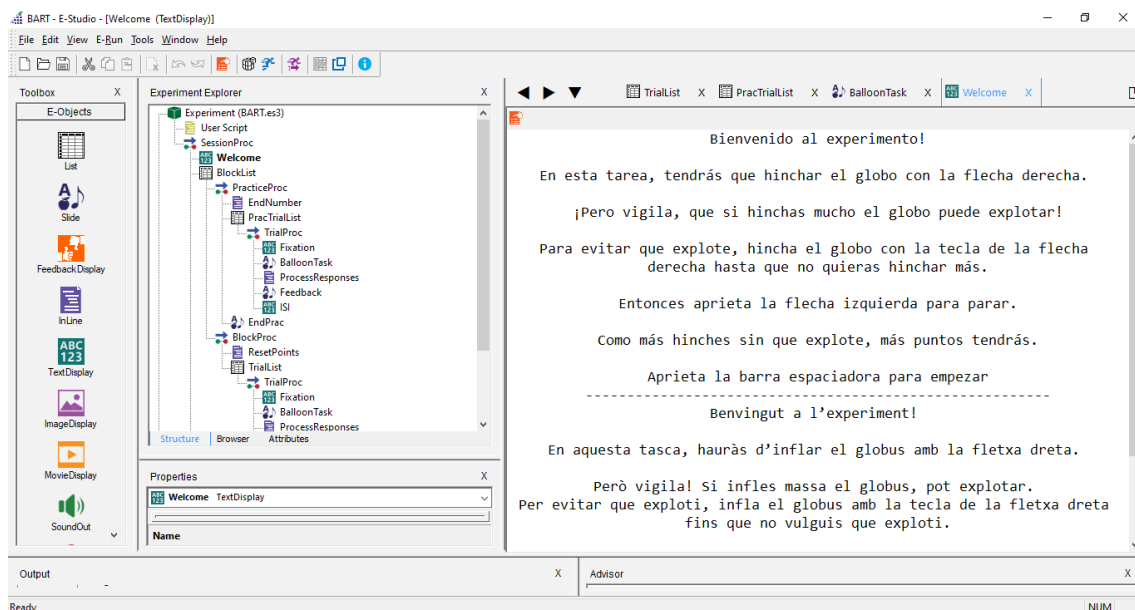


Figura 4. Pantalla inicial amb instruccions

3.3. ANÀLISIS ESTADÍSTICS

Per dur a terme l'anàlisi de dades es van exportar les dades de les dues tasques des de E-DataAid del E-Prime a l'Excel. A partir de l'Excel es va realitzar l'anàlisi en el programa *IBM SPSS Statistics* versió 28. El valor 0,05 és l'error que s'assumeix en el contrast d'hipòtesis.

En el cas de la CPT, s'han agafat com variables dependents, tant del pretest com posttest, el temps de reacció (RT), nombre d'encerts, omissions (errors positius), tret a partir de la resta de nombre d'encerts menys el nombre total d'assajos, i comissions (falsos positius).

Respecte a BART, les variables que s'han utilitzat són la puntuació obtinguda i el nombre de l'assumpció de risc, que s'ha calculat dividint l'increment de globus no explotats entre els globus no explotats.

L'efecte de la tDCS en l'execució en la tasca de CPT es va avaluar a partir d'una anàlisi de variància (ANOVA) de mesures repetides. Els factors intra-subjectes van ser el RT, número d'encerts, omissions i comissions, tant del pretest com del posttest. Com factors inter-subjecte es van posar el grup (estimulació activa o *sham*), el sexe, l'esport i el tabac.

L'efecte de la tDCS en l'execució en la tasca de BART es va avaluar a partir d'una anàlisi de variància (ANOVA) de mesures repetides. Els factors intra-subjectes van ser la puntuació obtinguda i el nombre d'assumpció, tant del pretest com del posttest. Com factors inter-subjecte es van posar el grup (estimulació activa o *sham*), el sexe, l'esport i el tabac.

Taula 3.

Distribució dels subjectes en els quatre nivells dels factors inter-subjectes, tant del CPT com del BART

			N
Estimulació activa	Sexe	Home	3
		Dona	3
		Si	3
		No	3
	Esport	Si	3
		No	3
		Si	3
		No	3
Grup control	Sexe	Home	3
		Dona	3
		Si	4
		No	2
	Esport	Si	4
		No	2
		Si	4
		No	2

En la Taula 3 es pot veure la distribució dels subjectes segons els factors que es tenen en compte en aquest estudi: grup (estimulació activa o grup control), sexe, esport i tabac.

Es va utilitzar un grau de significació estadística de $p < 0,05$ per totes les proves d'anàlisi.

4. RESULTATS

EFFECTE DE LA TDCS EN EL RENDIMENT CPT

En la Taula 4 es pot observar el terme mitjà de les puntuacions i la desviació estàndard dels subjectes corresponents a les variables de la prova psicologia realitzada.

Taula 4.

Mitjanes i desviacions de variables avaluades en la tasca

Variables	Estimulació	Pretest		Posttest	
		Mitjana	Desviació	Mitjana	Desviació
RT	Activa	482,99	160,06	520,24	196,45
	<i>sham</i>	550,62	195,29	484,03	170,92
Nº encerts	Activa	134	39,23	146,5	22,52
	<i>sham</i>	149	10,19	143	13,01
Omissions	Activa	26	39,23	13,5	22,5
	<i>sham</i>	11	10,19	17	13,01
Comissions	Activa	0,83	0,41	0,5	0,84
	<i>sham</i>	1,33	1,97	1	1,55

En la Taula 5 es pot observar que en el temps de reacció (RT), després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació ($p = 0.392$) ni tampoc va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.806$.

Quant al nombre d'encerts, després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació ($p = 0.342$) ni tampoc va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.733$.

Pel que fa a les omissions, després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació

($p = 0.342$) ni tampoc va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.733$.

En relació amb les comissions, després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació ($p = 1.000$) ni tampoc va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.290$.

Taula 5.

Valors de les significacions

Variables	Factor	P
RT	Temps	0,806
	Estimulació	0,392
Nº encerts	Temps	0,733
	Estimulació	0,342
Omissions	Temps	0,733
	Estimulació	0,342
Comissions	Temps	0,290
	Estimulació	1,000

També es van analitzar els factors sexe, esport i tabac per observar si hi han hagut influències d'elles en l'execució de la prova. Es van trobar diferències significatives en el factor tabac i esport en la variable temps de reacció, $p < 0,05$, però no es va trobar cap diferència estadísticament significativa entre els altres factors observats, $p > 0,05$ (Taula 6).

Taula 6.*Valors de les significacions de diferents factors*

Variables	Factors	P
RT	Sexe	0,243
	Tabac	0,016
	Esport	0,044
Nº encerts	Sexe	0,445
	Tabac	0,184
	Esport	0,893
Omissions	Sexe	0,445
	Tabac	0,184
	Esport	0,893
Comissions	Sexe	0,620
	Tabac	0,218
	Esport	0,902

EFFECTE DE LA TDCS EN EL RENDIMENT BART

En la Taula 7 es pot observar la mitjana de les puntuacions i la desviació estàndard dels subjectes corresponents a les variables de la prova psicologia realitzada.

Taula 7.*Mitjanes i desviacions de variables avaluades en la tasca*

Variables	Estimulació	Pretest		Posttest	
		Mitjana	Desviació	Mitjana	Desviació
Punts	Activa	260,83	246,89	331,67	341,74
	<i>sham</i>	449,17	194,89	624,17	209,13
Nº assumpció de risc	Activa	5,63	2,91	4,33	4,29
	<i>sham</i>	8,54	3,28	8,22	4,49

En la Taula 8 es pot observar que en els punts obtinguts, després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació ($p = 0.187$), però sí que va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.009$.

Pel que fa al nombre d'assumpció de risc, després de realitzar l'ANOVA de mesures repetides, no es va trobar cap efecte significatiu estadísticament en el factor Estimulació ($p = 0.584$) ni tampoc va haver-hi un efecte de temps, és a dir, entre pretest i posttest, $p = 0.373$.

Taula 8.

Valors de les significacions

Variables	Factors	P
Punts	Temps	0,009
	Estimulació	0,187
Nº d'assumpció de risc	Temps	0,373
	Estimulació	0,584

També es van analitzar els factors sexe, esport i tabac per observar si hi han hagut influències d'elles en l'execució de la prova.

A partir dels resultats obtinguts (Taula 9) podem observar que el Factor sexe en la variable punts ha tingut un efecte significatiu. En canvi, en els factors tabac i esport no trobem cap efecte significatiu.

Pel que fa al nombre d'assumpció de risc, es pot observar que en el factor tabac no hi ha efecte significatiu. En canvi, en el factor sexe es pot veure una diferència significativa entre homes i dones, i també s'observa un efecte significatiu entre les persones que practiquen esport i els que tenen un estil de vida sedentària (Taula 9).

Taula 9.

Valors de les significacions de diferents factors

Variables	Factors	P
Punts	Sexe	0,05
	Tabac	0,075
	Esport	0,066
Nº d'assumpció de risc	Sexe	0,03
	Tabac	0,494
	Esport	0,002

En els gràfics (figura 5) es pot observar com les dones que han rebut l'estimulació han baixat el seu nombre d'assumpció de risc en comparació amb els homes. Curiosament aquest efecte també es pot observar en el grup control, ja que les dones baixen la puntuació de nombre d'assumpció.

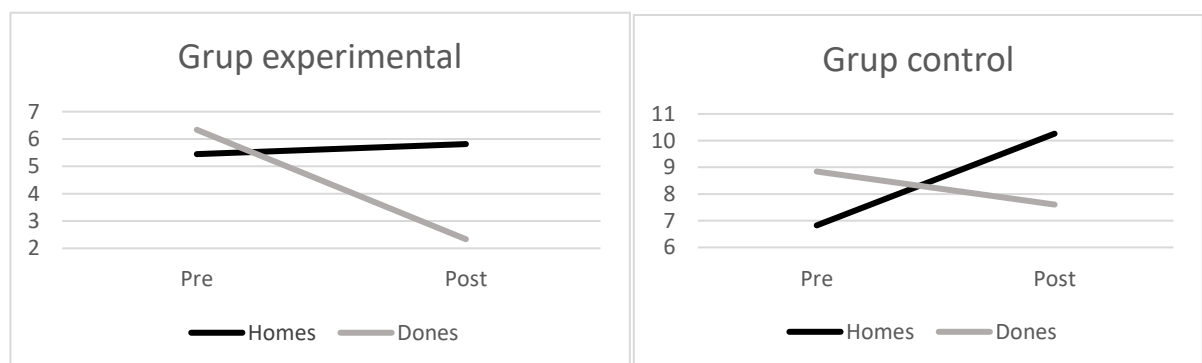


Figura 5. Gràfics de les mitjanes del nombre d'assumpció segons el sexe. En l'eix X es veu representat el factor temps (pre-post test) i l'eix Y representa el promig de les puntuacions dels homes i dones en la prova.

En els gràfics (figura 6) es pot observar com els subjectes que practiquen esport, tant en el grup experimental com en grup control, tenen tendència a augmentar de nombre d'assumpció de risc. En canvi, els subjectes que tenen un estil de vida sedentària tenen tendència a disminuir aquesta variable.

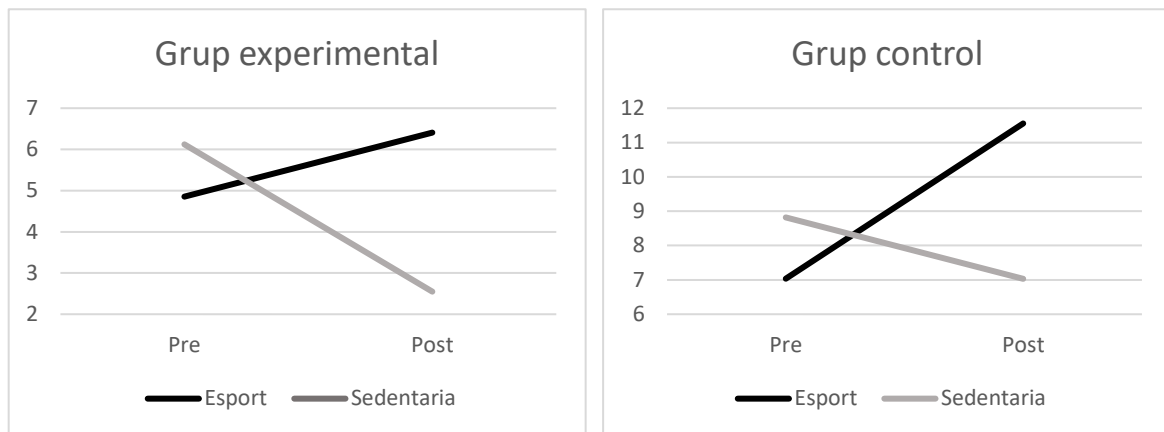


Figura 6. Gràfics de les mitjanes del nombre d'assumpció segons el factor esport. En l'eix X es veu representat el factor temps (pre-post test) i l'eix Y representa el promig de les puntuacions dels homes i dones en la prova.

ENREGISTRAMENT DE L'ELECTROENCEFALOGRAMA

Com s'ha comentat, en l'apartat de procediment, en paral·lel amb l'estimulació es va realitzar l'enregistrament de l'EEG per tal de veure diferències en l'activitat cerebral. Dels 12 participants només s'ha aconseguit extreure i analitzar els resultats de l'electroencefalograma de 8 subjectes, a causa de la baixa qualitat del registre dels subjectes restants. El programari que s'ha utilitzat per extreure i analitzar registres ha sigut EEGLab de MATLAB.

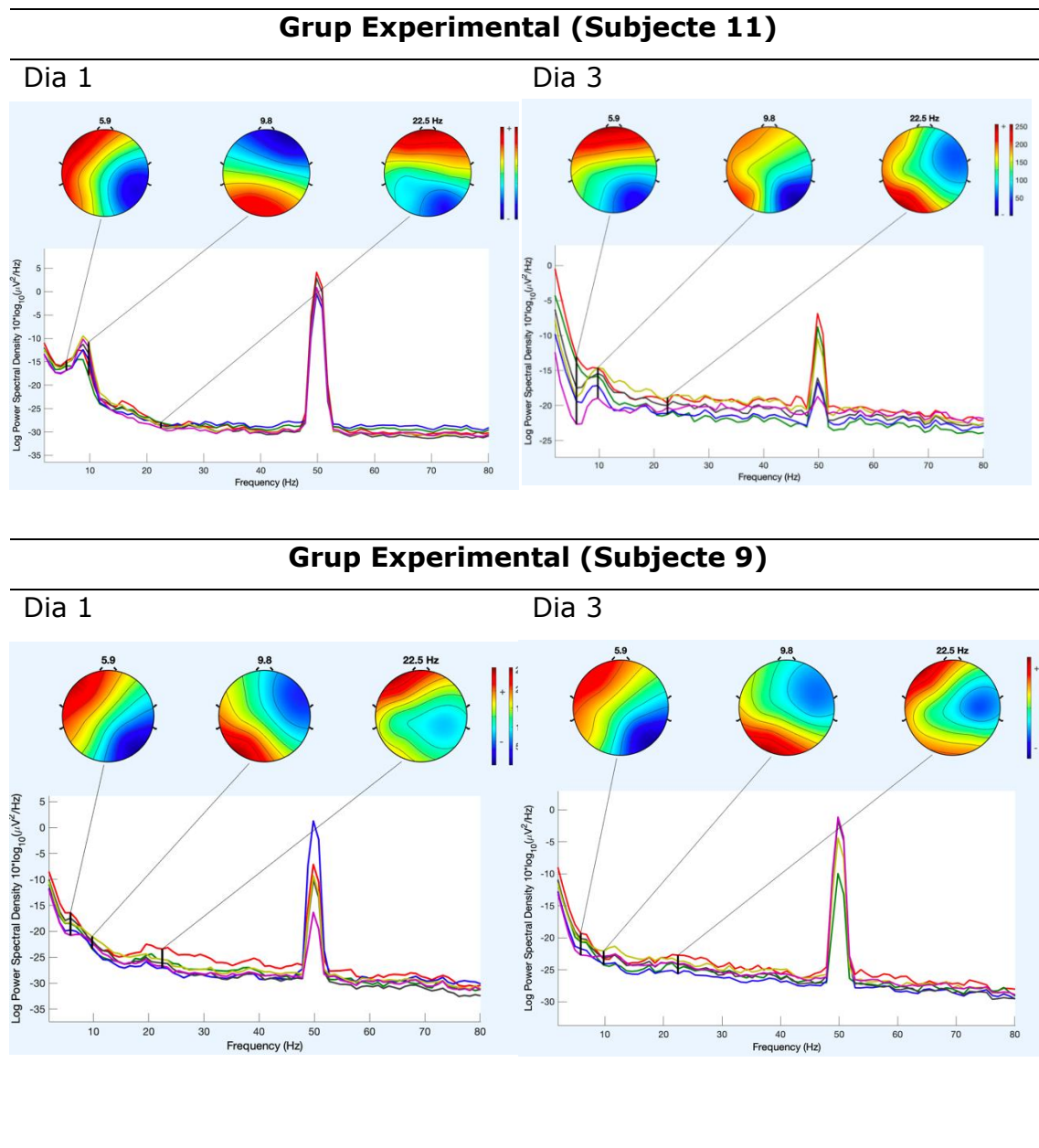
En les imatges (Taula 10) es pot veure una predominança de les ones gammes (40-100 Hz) en la zona de còrtex dorsolateral esquerra i còrtex posterior parietal, en els subjectes experimentals mentre que en els subjectes control no s'observa amb tanta claredat, com es pot observar en les imatges de la Taula 11. A causa de les diferències interindividuais no podem afirmar que aquest increment de l'activitat cortical sigui degut a l'estimulació fronto-cerebel·losa, no obstant podem detectar aquesta tendència al canvi. Tampoc és possible determinar amb un únic espectrograma individualitzat del pre-post intervenció les diferències entre els grups.

Per poder aprofundir més en els resultats és necessari realitzar una anàlisi estadístic específic i poder comparar estadísticament les dades entre els dos grups (experimental i control) o altres factors que puguin influir. Aquesta

anàlisi no s'ha pogut fer a causa de l'*output* que donava el software i l'absència de coneixements específics sobre el programari utilitzat.

Taula 10.

Enregistrament de l'EEG del dia 1 i del dia 3 de dos subjectes experimentals

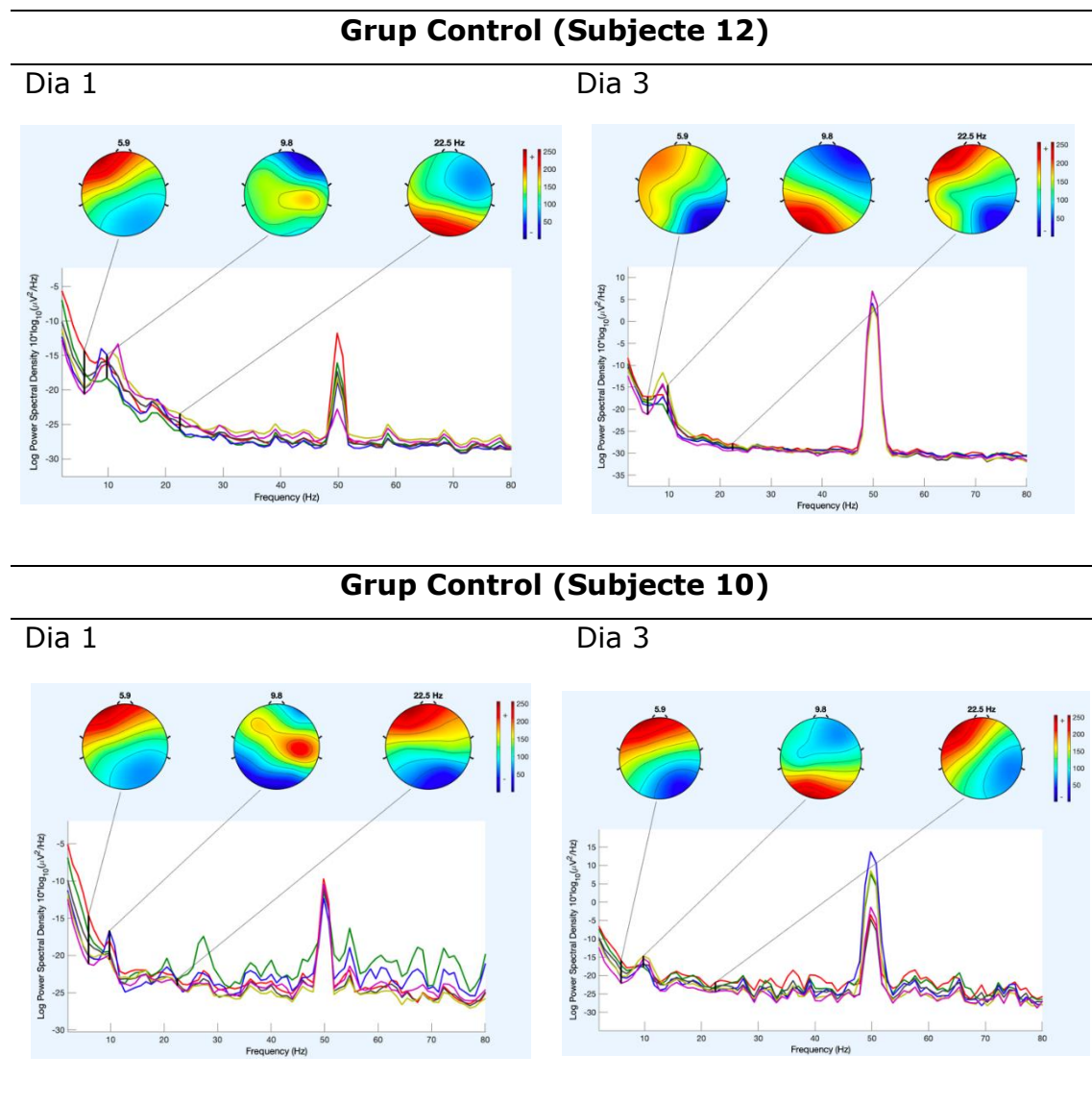


Representació de la imatge (Taula 10): la imatge representa el registre de l'EEG fet tant el dia 1 com el dia 3 de l'estudi. En l'eix X es representa la freqüència de les ones en Hz, i en l'eix Y es representa la densitat espectral

de potència que reflecteix el "contingut de freqüència" del senyal sobre la freqüència dels canals utilitzats en el registre.

Taula 11.

Enregistrament de l'EEG del dia 1 i del dia 3 de dos subjectes controls



Representació de la imatge (Taula 11): la imatge representa el registre de l'EEG fet tant el dia 1 com el dia 3 de l'estudi. En l'eix X es representa la freqüència de les ones en Hz, i en l'eix Y es representa la densitat espectral

de potència que reflecteix el "contingut de freqüència" del senyal sobre la freqüència dels canals utilitzats en el registre.

5. DISCUSSIÓ

Recordant l'objectiu principal de la recerca, avaluar si la tècnica transcranial amb corrent directe (tDCS) repetida durant 3 dies, pot millorar a curt termini algunes funcions cognitives com l'atenció, la impulsivitat i la presa de decisions en persones sanes, podem confirmar, basant-nos en els resultats obtinguts, que rebutgem les dues hipòtesis plantejades en aquest estudi empíric. Les dades mostren que no hi ha un efecte significatiu de l'estimulació transcranial sobre les variables de la prova CPT (RT, omissions, comissions, nombre d'encerts) ni sobre les variables de la prova BART (puntuació i nombre d'assumpció de risc), en comparació amb el grup control. Es pot afirmar, per tant, que l'estimulació amb tDCS sota les condicions en les quals s'ha realitzat aquest treball, no produeix una millora significativa en l'atenció i la impulsivitat.

Aquests resultats confirmen les evidències d'estudis anteriors com el d'Allenby del 2018, que va fer un estudi per veure l'efecte de la tDCS sobre el rendiment en la prova CPT. Els resultats van revelar que no hi havia una diferència significativa en la variable omissió entre les persones que havien rebut l'estimulació i els que no. Aquesta variable està relacionada amb l'atenció sostinguda, per tant, s'observa que no hi ha millora d'aquesta funció cognitiva (Allenby et al., 2018).

Un altre estudi que recolza els resultats del treball és el de Jacoby de l'any 2018, que tenia com a objectiu observar l'efecte de la tDCS en el rendiment de la prova MOXO-CPT. Els resultats van revelar que l'estimulació no millorava el rendiment en la prova, per tant, no es veien diferències significatives estadísticament en les variables atenció sostinguda i impulsivitat (Jacoby & Lavidor, 2018).

No obstant això, hi ha estudis que sí que han trobat un efecte significatiu de la tDCS sobre les funcions cognitives. L'any 2019 es va fer un estudi per observar l'efecte de tDCS sobre la part esquerra del còrtex dorsolateral

prefrontal per observar millora en les funcions cognitives. Es va concloure que sí que hi havia una diferència significativa de l'efecte de la tDCS sobre l'àrea aplicada, ja que millorava les funcions cognitives, com l'atenció, la inhibició, i la resolució de conflicte (Dubreuil-Vall et al., 2019).

L'any 2018 es va fer un estudi per veure l'efecte de la tDCS sobre el rendiment en la prova CPT. Els resultats van revelar que hi havia una diferència significativa en la impulsivitat entre les persones que havien rebut l'estimulació i els que no, és a dir, la impulsivitat de les persones del grup experimental disminuïa en comparació al grup control (Allenby et al., 2018).

Una possible explicació que pot suportar aquests resultats és la selecció de la població de l'experiment. Tots els participants de l'estudi tenien un nivell acadèmic molt superior i similar entre ells, estudis universitaris o cicle superior, fet que pot influir en el rendiment d'aquestes tasques, ja que poden partir d'un *baseline* bastant superior en comparació amb una població que no tingui el mateix nivell de formació.

El tipus de tasca també es pot considerar com un factor que pot evidenciar els resultats. Les proves psicològiques utilitzades en l'estudi, CPT i BART, poden ser molt fàcils d'executar pels subjectes degut al nivell acadèmic que tenen, fet que influeix en el fet que no sigui un repte per ells. Per tant, s'hauria d'haver escollit unes tasques més desafiantes pels subjectes en comparació amb el seu nivell de formació.

Un aspecte important que s'ha trobat en aquest estudi és l'efecte significatiu que presenta la variable nombre d'assumpció de la prova de BART entre homes i dones. L'any 2016 es va fer un estudi que va comparar la variable de l'assumpció de risc entre sexe i personalitat. Els resultats del qual va ser que els homes tenien més tendència assumir risc que les dones (Reniers et al., 2016). Parlant dels resultats obtinguts, es podria interpretar que hi ha diferències significatives entre homes i dones, i en la seva manera d'aprendre i executar la tasca. Aquesta diferència es podria justificar amb la diferència d'anatomia del cervell i també la diferència de la substància grisa i blanca que hi ha entre les diferents àrees en comparació amb el sexe (Solianik et al., 2016).

Un resultat curiós ha sigut el factor de l'esport, on s'ha vist diferències significatives en la prova de BART entre els subjectes que practiquen esport i els que tenen un estil de vida sedentària. En l'any 2013 es va fer un estudi per comparar l'assumpció de risc entre persones esportistes i els que no, i van obtenir el mateix resultat que s'ha obtingut en aquest estudi, que hi ha una tendència a augmentar l'assumpció de risc en les persones esportistes en comparació amb els que no (Black et al., 2013).

Fent referencia al factor comentat anteriorment, també s'ha trobat diferències significatives d'aquest factor i factor tabac en la variable temps de reacció de la prova CPT. Aquests resultats també es van trobar en estudi realitzat l'any 2018 on es va avaluar les funcions cognitives dels adolescents que participaven en activitats físiques en comparació amb les que no participaven. Els resultats que van obtenir va ser que els estudiants amb una vida activa en l'esport milloraven la seva atenció en comparació amb els adolescents que no practicaven esport (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018).

Pel que fa a l'enregistrament de l'electroencefalograma, els resultats descriptius obtinguts coincideixen amb un estudi que es va realitzar l'any 2018 on es va fer un registre de l'activitat cerebral durant l'aplicació de l'estimulació en l'àrea occipital del cervell, on es va veure un increment de les ones gammes, a part de la zona de l'estimulació, en les àrees prefrontal i parietal superior (Wilson et al., 2018).

Respecte a les limitacions d'aquest estudi, la selecció de la mostra podria ser unes de les principals. La mida de la mostra, en aquest cas, és petita, fet que no ens permet donar una anàlisi estadística correcta i identificar relacions significatives entre els grups. La selecció de població també ha influït en els resultats, ja que si aquest estudi s'hagués fet amb una població amb menys nivell acadèmic podria haver algun resultat significatiu. També podria ser limitació l'edat, ja que tots els subjectes es trobaven en el mateix rang d'edat.

Pel que fa a les tasques també han sigut una limitació en aquest estudi, ja que eren unes proves psicològiques bàsiques en comparació amb el nivell de formació dels subjectes, per tant, s'hauria d'adequar les tasques en relació aquest factor.

Per tot el que s'ha exposat, es fa necessari realitzar futures investigacions entorn de la capacitat de l'estimulació transcranial per la millora de funcions cognitives com les que s'han estudiat en aquest treball. Podria ser interessant avaluar diferents paràmetres de l'estimulació i fer una comparativa, ja que potser la intensitat del corrent, la duració de l'estimulació o les sessions realitzades en aquest estudi no són suficients per aconseguir canvis conductuals visibles en el rendiment de les proves.

Les limitacions esmentades anteriorment es podrien tenir en compte en les futures investigacions, ja que, per exemple, una selecció de mostra en funció de diferents rangs d'edat podria donar resultats interessants sobre si les altes capacitats en les funcions cognitives de subjectes joves amaguen algun efecte significatiu de l'estimulació en edats posteriors.

6. CONCLUSIONS

- L'estimulació transcranial per corrent directe aplicada al còrtex prefrontal sota les condicions experimentals del present treball, no té cap efecte significatiu en les variables temps de reacció, nombre d'encerts, omissions i comissions de la prova *Continuous performance test*.
- L'estimulació transcranial per corrent directe aplicada al còrtex prefrontal sota les condicions experimentals del present treball, no té cap efecte significatiu en les variables puntuació obtingut i nombre d'Assumpció de risc de la prova *Balloon analogue risk task*.
- Els resultats obtinguts en l'estudi mostren un efecte significatiu del factor temps en la prova *Balloon analogue risk task*, però aquest efecte només s'observa en la variable de la puntuació.
- Les dades mostren la influència del factor esport en la variable assumpció de risc, ja que es veu una diferència significativa entre els dos grups. S'observa una tendència en augmentar l'assumpció de risc en les persones esportistes, sense tenir en compte el grup d'estimulació en el qual pertanyen.

- Els resultats ens mostren una influència del factor sexe, ja que s'ha vist que els homes tenen una tendència en augmentar l'assumpció de riscos en comparació amb les dones.
- En les dades obtingudes en la prova CPT es mostra que qualsevol activitat, ja sigui del exercici o l'activitat induït per la nicotina del tabac, poden interferir amb l'activitat induïda per les corrents, però aquesta observació ens queda com una nova hipòtesi per valorar.
- Es fan necessaris futures investigacions que incorporin un augment de les sessions, l'aplicació de diferents intensitats de corrent i temps d'estimulació amb l'objectiu de comparar els seus efectes, o una mostra amb diferent nivell acadèmic o diferent rang d'edat, per intentar observar si la tDCS pot arribar a millorar la capacitat d'atenció o impulsivitat en altres condicions diferents a les d'aquest treball.

7. BIBLIOGRAFIA

- Allenby, C., Falcone, M., Bernardo, L., Wileyto, E. P., Rostain, A., Ramsay, J. R., Lerman, C., & Loughhead, J. (2018). Transcranial direct current brain stimulation decreases impulsivity in ADHD. *Brain Stimulation*, 11(5), 974–981. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.04.016>
- Arce, E., & Santisteban, C. (2006). Impulsivity: A review. *Psicothema*, 18(2), 213–220.
- Behforooz, B., Newman, J., Gallo, M. V., & Schell, L. M. (2017). PCBs and measures of attention and impulsivity on a continuous performance task of young adults. *Neurotoxicology and Teratology*, 64, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2017.08.004>
- Bennabi, D., Pedron, S., Haffen, E., Monnin, J., Peterschmitt, Y., & Van Waes, V. (2014). Transcranial direct current stimulation for memory enhancement: from clinical research to animal models. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8(SEP), 159. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00159>
- Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 15, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Black, A. C., Rosen, M. I., & Hochman, E. (2013). Acute effects of competitive exercise on risk-taking in a sample of adolescent male athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 25(2), 175–179. <https://doi.org/10.1080/10413200.2012.704621>
- Bledsoe, J. C., Semrud-Clikeman, M., & Pliszka, S. R. (2011). Neuroanatomical and neuropsychological correlates of the cerebellum in children with attention-deficit/hyperactivity disorder-combined type. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 50(6), 593–601. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2011.02.014>
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., Edwards, D. J., Valero-Cabre, A., Rotenberg, A., Pascual-

- Leone, A., Ferrucci, R., Priori, A., Boggio, P. S., & Fregni, F. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. In *Brain Stimulation* (Vol. 5, Issue 3, pp. 175–195). NIH Public Access.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002>
- Deus-Yela, J., Soler, M. D., Pelayo-Vergara, R., & Vidal-Samsó, J. (2017). Transcranial direct current stimulation for the treatment of fibromyalgia: A systematic review. In *Revista de Neurologia* (Vol. 65, Issue 8, pp. 353–360). Revista de Neurologia.
<https://doi.org/10.33588/rn.6508.2017025>
- Duan, K., Chen, J., Calhoun, V. D., Lin, D., Jiang, W., Franke, B., Buitelaar, J. K., Hoogman, M., Arias-Vasquez, A., Turner, J. A., & Liu, J. (2018). Neural correlates of cognitive function and symptoms in attention-deficit/hyperactivity disorder in adults. *NeuroImage: Clinical*, 19, 374–383. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.04.035>
- Dubravac, M., & Meier, B. (2020). Stimulating the parietal cortex by transcranial direct current stimulation (tDCS): no effects on attention and memory. *AIMS Neuroscience*, 8(1), 33–46.
<https://doi.org/10.3934/NEUROSCIENCE.2021002>
- Dubreuil-Vall, L., Chau, P., Ruffini, G., Widge, A. S., & Camprodon, J. A. (2019). tDCS to the left DLPFC modulates cognitive and physiological correlates of executive function in a state-dependent manner. *Brain Stimulation*, 12(6), 1456–1463.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.06.006>
- Fertonani, A., & Miniussi, C. (2017). Transcranial electrical stimulation: What we know and do not know about mechanisms. *Neuroscientist*, 23(2), 109–123. <https://doi.org/10.1177/1073858416631966>
- Gaynor, A. M., Pergolizzi, D., Alici, Y., Ryan, E., McNeal, K., Ahles, T. A., & Root, J. C. (2020). Impact of transcranial direct current stimulation on sustained attention in breast cancer survivors: Evidence for feasibility, tolerability, and initial efficacy. *Brain Stimulation*, 13(4), 1108–1116.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2020.04.013>

- Gilmore, C. S., Dickmann, P. J., Nelson, B. G., Lamberty, G. J., & Lim, K. O. (2018). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) paired with a decision-making task reduces risk-taking in a clinically impulsive sample. *Brain Stimulation*, 11(2), 302–309.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.11.011>
- Grant, J. E., Lust, K., Fridberg, D. J., King, A. C., & Chamberlain, S. R. (2019). E-cigarette use (vaping) is associated with illicit drug use, mental health problems, and impulsivity in university students. *Annals of Clinical Psychiatry*, 31(1), 27–35.
<https://doi.org/10.17863/CAM.35760>
- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F., & Engel, A. K. (2016). EEG oscillations: From correlation to causality. In *International Journal of Psychophysiology* (Vol. 103, pp. 12–21). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003>
- Introzzi, I., Canet-Juric, L., Montes, S., López, S., & Mascarello, G. (2015). Inhibitory processes and cognitive flexibility: Evidence for the theory of attentional inertia. *International Journal of Psychological Research*, 8(2), 60–74. <https://doi.org/10.21500/20112084.1510>
- Jacoby, N., & Lavidor, M. (2018). Null tDCS effects in a sustained attention task: The modulating role of learning. *Frontiers in Psychology*, 9(APR).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00476>
- Keeser, D., Padberg, F., Reisinger, E., Pogarell, O., Kirsch, V., Palm, U., Karch, S., Möller, H. J., Nitsche, M. A., & Mulert, C. (2011). Prefrontal direct current stimulation modulates resting EEG and event-related potentials in healthy subjects: A standardized low resolution tomography (sLORETA) study. *NeuroImage*, 55(2), 644–657.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.12.004>
- Lema, A., Carvalho, S., Fregni, F., Gonçalves, Ó. F., & Leite, J. (2021). The effects of direct current stimulation and random noise stimulation on attention networks. *Scientific Reports*, 11(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-85749-7>
- Meng, F. W., Yao, Z. F., Chang, E. C., & Chen, Y. L. (2019). Team sport

- expertise shows superior stimulus-driven visual attention and motor inhibition. *PLoS ONE*, 14(5).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217056>
- Montenegro, I. R., Álvarez-Montesinos, J. A., Estudillo, A. J., & García-Orza, J. (2017). Direct current electrical stimulation in the treatment of aphasia. In *Revista de Neurologia* (Vol. 65, Issue 12, pp. 553–562). Revista de Neurologia. <https://doi.org/10.33588/rn.6512.2017202>
- Morya, E., Monte-Silva, K., Bikson, M., Esmaeilpour, Z., Biazoli, C. E., Fonseca, A., Bocci, T., Farzan, F., Chatterjee, R., Hausdorff, J. M., Da Silva Machado, D. G., Brunoni, A. R., Mezger, E., Moscaleski, L. A., Pegado, R., Sato, J. R., Caetano, M. S., Sá, K. N., Tanaka, C., ... Okano, A. H. (2019). Beyond the target area: an integrative view of tDCS-induced motor cortex modulation in patients and athletes. In *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* (Vol. 16, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0581-1>
- Perrotta, D., Bianco, V., Berchicci, M., Quinzi, F., & Perri, R. L. (2021). Anodal tDCS over the dorsolateral prefrontal cortex reduces Stroop errors. A comparison of different tasks and designs. *Behavioural Brain Research*, 405, 113215. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113215>
- PST Product Service & Support*. (n.d.). Retrieved May 28, 2021, from <https://support.pstnet.com/hc/en-us>
- Random without replacement is not random: Caveat emptor - ProQuest*. (n.d.). Retrieved April 26, 2021, from <https://www-proquest-com.sabidi.urv.cat/docview/204303809/fulltext/4D2AE7812368474DPQ/1?accountid=14733>
- Reniers, R. L. E. P., Murphy, L., Lin, A., Bartolomé, S. P., & Wood, S. J. (2016). Risk Perception and Risk-Taking Behaviour during Adolescence: The Influence of Personality and Gender. *PLOS ONE*, 11(4), e0153842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153842>
- Sokolov, A. A., Miall, R. C., & Ivry, R. B. (2017). The Cerebellum: Adaptive Prediction for Movement and Cognition. In *Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 21, Issue 5, pp. 313–332). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.02.005>

Solianik, R., Brazaitis, M., & Skurvydas, A. (2016). Sex-related differences in attention and memory. *Medicina (Lithuania)*, 52(6), 372–377.

<https://doi.org/10.1016/j.medici.2016.11.007>

Staub, B., Doignon-Camus, N., Després, O., & Bonnefond, A. (2013). Sustained attention in the elderly: What do we know and what does it tell us about cognitive aging? In *Ageing Research Reviews* (Vol. 12, Issue 2, pp. 459–468). Ageing Res Rev.

<https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.12.001>

Vaca, F. E., Walthall, J. M., Ryan, S., Moriarty-Daley, A., Riera, A., Crowley, M. J., & Mayes, L. C. (2013). Adolescent balloon analog risk task and behaviors that influence risk of motor vehicle crash injury. *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 57, 77–87.

[/pmc/articles/PMC3861840/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/241840/)

Weidlich, V. A. (2020). Personality and Genetics Correlations to Risk-Taking Using Quantum Decision Theory in Balloon Analogue Risk Tasks.

Cureus, 12(8). <https://doi.org/10.7759/cureus.9923>

Wilson, T. W., McDermott, T. J., Mills, M. S., Coolidge, N. M., & Heinrichs-Graham, E. (2018). TDCS Modulates Visual Gamma Oscillations and Basal Alpha Activity in Occipital Cortices: Evidence from MEG. *Cerebral Cortex*, 28(5), 1597–1609. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx055>

Wirth, M., Rahman, R. A., Kuenecke, J., Koenig, T., Horn, H., Sommer, W., & Dierks, T. (2011). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on behaviour and electrophysiology of language production. *Neuropsychologia*, 49(14), 3989–3998.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.10.015>

8. ANNEXOS

ANNEX 1. DOCUMENT DE COMITÈ D'ÈTICA



Declaració responsable sobre els aspectes ètics del Treball de Fi de Màster (TFM) / Treball de Fi de Grau (TFG) proposat

Els aspectes ètics són fonamentals per a la Universitat Rovira i Virgili. Per això, cal que realitzeu la següent avaluació ètica sobre el vostre treball de fi de màster (TFM) / treball de fi de grau (TFG), segons correspongui. Responeu **SÍ** / **NO** a les preguntes que es detallen a continuació. Si totes les vostres respostes són **NO**, no es necessiten més detalls que la vostra signatura. Si, en canvi, responeu **SÍ** a alguna de les preguntes següents, es requereix, segons objecte d'estudi i comitè d'avaluació i seguiment competent:

- CEIm-IISPV..... Informe favorable
- CEEA: Informe favorable
- CEIPSA:..... Compromís formal del professorat i alumnat implicat pel que fa al seguiment de la normativa aplicable.

Nom del professor/a responsable:

Maria Teresa Colomina Fosch

Nom de l'alumne/a:

Palak Mahant Dass

Ensenyament:

Grau en Psicologia

Títol del ☐ TFM / ☒ TFG (marqueu la casella que correspongui)

Efectes aguts de l'estimulació transcranial per corrent directe (TDCS)

Breu descripció del TFM / TFG (màx. 1000 caràcters, espais inclosos):

El treball de final de grau (TFG), consisteix en un experiment sobre l'estimulació transcranial (TDCS), una tècnica no invasiva que utilitza corrents elèctrics de baixa intensitat per estimular les cèl·lules nervioses del còrtex cerebral. És una tècnica segura amb efectes secundaris lleus com la sensació de picor a la pell. Els estimuladors es venen per internet i la gent els utilitza a casa sense cap control. Per aquest TFG, s'usarà un aparell homologat (Neuroelectrics). L'estudi que serà pilot, és dividirà en tres fases: pre-TDCS, TDCS, post-TDCS. En la fase 1, els subjectes faran dues tasques relacionades amb l'atenció, i impulsivitat, dissenyades amb e-prime. En la fase 2 s'aplicarà l'estimulació durant 20 minuts (3 dies). En la fase 3 s'avaluaran de nou les tasques de la fase 1. L'estudi serà pilot, amb dotze subjectes dividits en 2 grups (3 homes i 3 dones per grup) grup control i grup TDCS. L'objectiu és determinar la variació del rendiment després de l'estimulació.

Indiqueu si el TFM / TFG que voleu desenvolupar inclou algun d'aquests aspectes.

Apartat	Sí	No
1. Embrions/fetus humans		
Implica cèl·lules mare embrionàries humanes (CMEH)?	☐	☒



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Implica l'ús d'embrions humans?	☐	☒
Implica l'ús de teixits / cèl·lules fetals humanes?	☐	☒
2. Éssers humans		
Implica la participació d'éssers humans?	☒	☐
• Són voluntaris en l'àmbit de les ciències socials o les humanitats?	☒	☐
• Són persones incapacitades per donar el seu consentiment informat?	☐	☒
• Són individus o grups vulnerables?	☐	☒
• Són menors d'edat?	☐	☒
• Són pacients?	☐	☒
• Són voluntaris sans per a estudis mèdics?	☐	☒
Implica intervencions físiques en els participants?	☒	☐
3. Cèl·lules/teixits humans		
Implica cèl·lules o teixits humans (diferents dels embrions/fetus humans de la secció 1)?	☐	☒
4. Dades de caràcter personal i privacitat		
Implica la recollida i/o tractament de dades personals?	☒	☐
• Implica la recollida i/o tractament de dades personals sensibles, com ara, salut, vida sexual, raça, opinió política, conviccions religioses o filosòfiques?	☐	☒
• Implica el tractament d'informació genètica?	☐	☒
• Implica el seguiment o observació dels participants?	☐	☒
Implica un tractament posterior de les dades personals recopilades prèviament (ús secundari)?	☐	☒
5. Animals		
Implica experimentació amb animals	☐	☒
6. Països tercers		
Cas que es desenvolupi, de manera total o parcial, en països que no pertanyen a la Unió Europea, el projecte d'R+D+I planteja problemes potencials d'ètica?	☐	☒
Teniu previst utilitzar recursos locals (per exemple, mostres de teixits animals o animals, material genètic, animals vius, restes humanes, materials de valor històric, mostres de fauna o flora en perill d'extinció, etc.)?	☐	☒
Teniu previst importar material (incloses les dades personals) de països que no pertanyen a la Unió Europea a la Unió Europea?	☐	☒
Teniu previst exportar material (incloses les dades personals) des de la Unió Europea a països que no pertanyen a la Unió Europea?	☐	☒
Cas que el projecte generi beneficis i impliqui països de baixos ingressos i/o baixos ingressos mitjans, teniu previst les accions de repartiment de beneficis?	☐	☒



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Podria la situació al país posar en risc els participants?	☐	☒
7. Medi Ambient/Salut i protecció		
Implica l'ús d'elements que poden causar danys al medi ambient, animals o plantes?	☐	☒
Tracta sobre la fauna i/o flora en perill d'extinció i/o àrees protegides?	☐	☒
Implica l'ús d'elements que poden causar danys als humans, inclòs el personal investigador?	☐	☒
8. Ús dual		
Implica productes de doble ús en el sentit del Reglament 428/2009 ¹ o altres articles per als quals es requereix autorització?	☐	☒
9. Focus exclusiu sobre aplicacions civils		
Podria necessitar aclariments en relació amb un enfocament exclusiu sobre aplicacions civils?	☐	☒
10. Ús malintencionat dels resultats		
Té potencial perquè els seus resultats siguin utilitzats malament?	☐	☒
11. Altres aspectes ètics		
Hi ha algun altre aspecte ètic que hauria de ser pres en consideració? Especifiqueu, si us plau:	☐	☒

Confirmem que hem valorat tots els aspectes ètics descrits més amunt i que, en cas afirmatiu, els signataris ens comprometem formalment, segons objecte d'estudi i comitè d'avaluació i seguiment competent, a:

- CEIm-IISPV..... Elaborar una descripció dels problemes ètics implicats i la documentació requerida, d'acord amb les indicacions de la "Guia de l'investigador/a".
- CEEA: Elaborar una descripció dels problemes ètics implicats i la documentació requerida, d'acord amb les indicacions de la "Guia de l'investigador/a".
- CEIPSA: Actuar d'acord amb la normativa aplicable en cas que el treball en qüestió tingui implicacions ètiques.
Seguir les directrius establertes a la "Guia de l'investigador/a" i la "Guia sobre protecció de dades personals en els Treballs de Fi de Grau i Màster de la Universitat Rovira i Virgili".

Reus , 09 de març de 21

¹ Productes de doble ús són aquells productes, inclòs el suport lògic (software), i la tecnologia que puguin destinar-se a usos tant civils com militars i que inclouen tots els productes que puguin ser utilitzats tant per a usos no explosius com per ajudar a la fabricació d'armes nuclears o altres dispositius nuclears explosius. Veure [Reglament CE 428/2009 del Consell de 5 de maig de 2009](#).

MARIA
TERESA
COLOMINA
FOSCH - DNI
36971559W

Digitally signed by MARIA TERESA
COLOMINA FOSCH - DNI
36971559W
DN: c=ES, o=COLOMINA FOSCH,
givenName=MARIA TERESA,
serialNumber=IDCES-36971559W,
cn=MARIA TERESA COLOMINA
FOSCH - DNI 36971559W
Date: 2021.03.09 14:48:49 +01'00'



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Raak Mahant

Signatura del professor/a responsable

Signatura de l'alumne/a

Nota: Una vegada emplenat i signat, convertir el document a format PDF i enviar a l'adreça
carlos.garcia@urv.cat

ANNEX 2. CONSENTIMENT INFORMAT

CONSENTIMENT INFORMAT PER LA PARTICIPACIÓ EN UNA INVESTIGACIÓ PSICOLÒGICA

Títol del projecte: Efectes a curt termini de l'estimulació transcranial per corrent directe (tDCS) en les funcions atencionals : un estudi pilot

Investigadors responsables: Teresa Colomina, Diana Ribes i Palak Mahant

Propòsit de la investigació: L'objectiu d'aquest experiment consistirà a determinar l'augment o la disminució del rendiment en les tasques després de l'estimulació i els canvis en l'activitat EEG comparant aquest resultat amb les dades obtingudes en la primera fase.

Procediment: L'estudi es dividirà en tres sessions consecutives. En la primera sessió, els subjectes executaran dues tasques relacionades amb l'atenció i la impulsivitat, i se'ls aplicarà l'estimulació i l'enregistrament de l'EEG. La segona consisteix en l'aplicació de l'estimulació i l'enregistrament de l'EEG. I l'última sessió es basa en la realització de les mateixes tasques que en la primera sessió i en l'aplicació de l'estimulació i l'enregistrament de l'activitat cortical amb EEG.

Malestars o riscos: És una tècnica segura encara que hi ha descrits alguns efectes secundaris locals lleus com, per exemple, sensació de picor a la pell

Beneficis: possible millora del funcionament cognitiu per l'estimulació rebuda i contribució a incrementar el coneixement sobre els beneficis d'aquesta tècnica en les funcions cognitives avaluades.

Durada: 20 minuts

Declaració de confidencialitat: La teva participació en aquesta investigació és confidencial. Únicament els investigadors implicats tindran accés a la informació que es pot associar a la teva identitat.

Dret a preguntar dubtes: Per qualsevol qüestió relacionada amb aquest estudi, si us plau contacta amb Palak Mahant

Compensació per la teva participació:

Participació: La teva decisió de participar en aquest estudi és voluntària. Ets lliure d'aturar la teva participació en l'estudi en qualsevol moment.

Si estàs d'acord en participar en l'estudi i amb les diferents consideracions exposades en aquest document, si us plau escriu el teu nom i la data i signa el document.

Signatura:

Nom i cognoms _____ Data _____

ANNEX 3. QÜESTIONARI RELACIONAT AMB L'ESTIL DE VIDA DEL PARTICIPANT I EL SEU NIVELL SOCIOECONÒMIC

DADES PERSONALS DEL SUBJECTE

- Número del subjecte
- Sexe ☐H ☐M
- Edat
- Membres de la unitat familiar total, incloent al subjecte

NIVELL ACADÈMIC I OCUPACIÓ LABORAL

- Nivell acadèmic del subjecte
- Ocupació laboral del subjecte
- Nivell acadèmic del pare
- Ocupació laboral del pare
- Nivell acadèmic de la mare
- Ocupació laboral de la mare
- Nivell acadèmic dels germans/es

OCI I TEMPS LLIURE

- Ús de les noves tecnologies (ordinador, tablet, mòbil...)? ☐Si ☐No
- En el cas que l'anterior pregunta sigui afirmativa, amb quina freqüència (hores al dia)?
.....
- Què t'agrada fer en el teu temps lliure?
- Toques algun instrument musical? ☐Si ☐No
- En el cas que l'anterior pregunta sigui afirmativa, quantes hores a la setmana realitzes aquesta activitat?
- Practiques algun tipus d'esport? ☐Si ☐No
- En el cas que l'anterior pregunta sigui afirmativa, quantes hores a la setmana practiques?
.....

MEDICAMENTS O SUBSTÀNCIES TÒXiques

- Ets una persona fumadora? En el cas que sigui afirmativa la resposta, digues quants cigarrets/dia

- Consumeixes begudes alcohòliques? En el cas que sigui afirmativa la resposta, digues quines i amb quina freqüència
- Consumeixes substàncies psicoactives? En el cas que sigui afirmativa la resposta, digues quines i amb quina freqüència
- Prens algun psicofàrmac? En el cas que sigui afirmativa la resposta, digues quines i amb quina freqüència