

**Variables cognitives i factors de personalitat dels subjectes amb millor control d'una
Interfície Cerevell Computadora.**

Na. Gemma Candela i Garcia

Facultat de Psicologia

Universitat de València

Doctorat en Neurociències

Dr. Ferran Suay i Lerma

Dr. Eduardo Quiles i Cucarella

Febrer 2022



VNIVERSITAT
E VALÈNCIA

La connexió íntima entre l'humà i la computadora ens portarà a un altre nivell com a espècie.

Philip Kennedy , fundador de Neural Signals.

Agraïments

Al meu director, Ferran Suay, per voler sempre allò millor de mi i per la bona disposició a ajudar en tot moment. Per convertir-te en algo més que un director de Tesi. També, al professor Eduardo Quiles, per tota la col·laboració i amabilitat, pels coneixements i per l'oportunitat de treballar de la teua ma.

Al meu marit, que ha mirat sempre d'alliberar-me de feines per disposar de temps per a escriure-la. Ni t'imagines quant ha significat això per a mi, i quant d'amor m'has demostrat.

Als meus dos fills, Neus i Jaume, que m'han acompanyat en tot aquest camí des de quan encara els nostres cors bategaven dins d'un mateix cos. A ells els agraeixo la força i motivació que em donen per a convertir-me en el seu millor model. Gràcies per revolucionar-me la vida.

A mon pare, el meu gran exemple de constància i treball, gran defensor del fes-ho i no penses en fer-ho. La teua mirada d'orgull ha sigut la meua guia per a no decaure en cap moment.

Als que, per desgracia, no podre abraçar una vegada aquest treball ja siga un fet; la meua mare i els meus dos sogres, Pepita i Vicent. Quant haveu contribuït a que hui puga haver acabat la meua Tesi Doctoral. Gràcies pel vostre amor, per creure en mi amb tanta certesa, per que aquesta fita en la meua vida és un altre del presents que vull fer a la vostra trista partida.

Als meus germans, per tantes rialles, per la nostra vida junts, per ser i sentir-vos sempre com el que sou, la meua família.

A les meues cunyades, Suni i Eva, les meues confidentes i conselleres, per que no he hagut d'alçar mai una mica la mà per a que estiguéreu al meu costat.

Als meus nebots, Pau, María, Irene, i Marta els agraeixo el goig de mostrar-me clarament el més bonic de la vida, una infantesa feliç.

A les meues germanes elegides, Estrella i María, a elles, tot.

Índex

Resum.....	7
Abstract.....	8
Introducció.....	9
<i>Justificació.....</i>	10
<i>Objectius.....</i>	14
<i>Hipòtesi.....</i>	15
Marc Teòric.....	18
<i>Història recent de les BCI.....</i>	20
<i>Interfície Cerebell Computadora.....</i>	22
<i>Tipus de BCI.....</i>	24
Tècniques Invasives.....	27
Subjectes Illiteracy.....	27
Electroencefalografia.....	28
<i>Electrogènesi Cortical.....</i>	30
<i>Tipus d'Ones Electroencefalogràfiques.....</i>	31
<i>Captació de les Ones Electroencefalogràfiques.....</i>	33
<i>Tipus d'Elèctrodes.....</i>	34

<i>Sistema de Posicionament d'Elèctrodes Superficials.....</i>	35
<i>Imaginació Motora i Representació Cortical.....</i>	37
<i>Neuropsicologia de l'Atenció.....</i>	39
<i>Bases Neurofuncionals de l'Atenció.....</i>	40
<i>Models Explicatius del Processament Atencional.....</i>	42
<i>Models Clínics.....</i>	46
<i>Els Components de l'Atenció.....</i>	48
<i>Avaluació de l'Atenció.....</i>	49
<i>Neuropsicologia de les Funcions Executives.....</i>	51
<i>Neuroanatomia de les Funcions Executives.....</i>	53
<i>Models Explicatius de les Funcions Executives.....</i>	57
<i>Models Basats en l'Anàlisi</i>	58
<i>Factorial.....</i>	
<i>Components de les Funcions Executives.....</i>	60
<i>Avaluació de les Funcions Executives.....</i>	64
<i>La personalitat.....</i>	66
<i>Teories de la Personalitat.....</i>	68
<i>Els Cinc Gran Factors de la Personalitat.....</i>	69
<i>Avaluació de la Personalitat.....</i>	73

Materials i Mètodes.....	75
Resultats.....	101
Discussió.....	134
Conclusió.....	156
Referències	158
Abreviatures	176
Annexes	177

Resum

Objectiu :La interrelació entre l'humà i la màquina en una tasca amb una Interfície Cerebell-Computadora (BCI de les sigles en anglès) es especialment transcendental. Hi ha subjectes incapaços d'aprendre a manipular-la(Illiteracy). El present treball analitza la influència del tipus de paradigma de control , les habilitats atencionals , els trets de personalitat i la resposta d'afrontament de la resposta davant el fracàs a l'hora d'utilitzar-la. Mètode: Hem emprat dues mostres de 89 i 191 estudiants de 1er i 2n curs de la Universitat de València en dos estudis consecutius els anys 2016 i 2017. S'han aplicat test de personalitat i qüestionaris sobre activitats rutinàries, avaluació atencional i de funcions executives, valoració de l'afrontament de la resposta davant el fracàs i una tasca d'Imaginació Motora amb Cursor Task del BCI amb dos paradigmes diferents Acció/Relaxació i Acció/Acció en mans , peus i braços. Resultats: El paradigma Acció/Acció i, específicament, la estratègia Mans/ Peus s'ha mostrat més efectiva ($\chi^2 = 14.45$; $p = .002$). De fet, l'augment d' entrenaments millora el rendiment. Les comparacions entre 1er vs 5é ($Z=-3.36$; $p<.001$). Hem obtingut correlacions entre el tret de personalitat Obertura a l'Experiència i la estratègia Mans/Peus ($r = .346$; $p = .016$) No hi ha cap correlació entre les funcions atencionals i executives amb un millor capacitat d'aprenentatge amb la BCI. No obstant, aquells subjectes que havien descansat bé la nit anterior han mostrat major capacitat per a manipular-la ($t(127) = 2.8981$; $p = .005$; $DM = 7.62$). Conclusions: En una mostra no patològica, la capacitat atencional i executiva sembla no mostrar relació amb les habilitats per a manipular la BCI. Tampoc influeix la personalitat dels usuaris llevat d'aquelles persones més obertes a exposar-se a situacions noves que si han obtingut un majors èxits . Els resultats evidencien la necessitat de un bon descans la nit anterior per a garantir un millor rendiment.

Paraules clau: Brain Computer Interface, Cursor Task, Illiteracy, Imaginació Motora, Personalitat, Variables Atencionals.

Abstract

Objective: The interrelationship between human and machine in a task with a Brain-Computer Interface (BCI) is especially transcendental. Some subjects are unable to learn to manipulate the BCI in a successful way (Illiteracy). This paper examines the influence of the type of control paradigm, attentional skills, personality traits, and coping response in the use of a BCI.

Method: We used two samples of 89 and 191 1st and 2nd-year students from the University of Valencia in two consecutive studies in 2016 and 2017. Personality tests and questionnaires on routine activities, attentional and executive functions assessment and, assessment of coping with the response to failure were applied. A Motor Imagination task was studied using a Cursor Task on the BCI with two paradigms: Action/Relaxation and Action/Action in hands, feet, and arms. Results: The Action/Action paradigm, specifically the Hands/Feet strategy, has shown to be more effective ($\chi^2_4 = 14.45$; $p = .002$). In fact, increasing training improves performance (Comparisons between 1st vs 5th $Z = -3.36$; $p < .001$). We obtained correlations between the personality trait Openness to Experience and the Hands/Feet strategy ($r = .346$; $p = .016$).

There is no correlation between attentional and executive functions with better learning ability with the BCI. However, those subjects who had rested well the night before showed greater ability to manipulate it ($t(127) = 2.8981$; $p = .005$; $DM = 7.62$). Conclusions: In a non-pathological sample, the attentional and executive capacity does not seem to relate to the ability to manipulate the BCI. Nor does it affect users' personality except those who are more open to exposure to new situations, which have been more successful in the cursor task. The results show the need for a good night's rest to ensure a better performance.

Keywords: Brain Computer Interface, Cursor Task, Illiteracy, Motor Imagination, Personality, Attentional Variables.

Introducció

Les Interfícies Cerebell Ordinador (BCI, pel seu acrònim en anglès) són sistemes que permeten una interacció directa entre el cervell i l'entorn d'un subjecte, sense la intervenció de cap múscul ni dispositiu extern (Erp, Lotte i Tangerman, 2012). Aquesta acció és possible a partir d'actuadors enllaçats a un ordinador (Moreno et al., 2019). El cicle tancat del procés es du a terme mitjançant la captació dels senyals electrofisiològics del cervell, associats a processos mentals, a través de MEG, fMRI i EEG entre d'altres. Després d'enregistrar el senyal, s'opera amb la informació mitjançant un sistema informàtic que permet la traducció d'aquesta informació (ones electroencefalogràfiques), a un codi interpretable per l'ordinador. El cicle possibilita que la persona pugui actuar amb el seu entorn sense la necessitat de moure cap múscul.

A banda dels mètodes d'adquisició del senyal, necessaris inicialment per a obtenir la informació que emet el subjecte, cal la intervenció de sistemes d'eixida del BCI que actuen com a dispositius externs. Poden ser ordinadors, neuropròtesis, sistemes domòtics...

Pel seu format, l'aplicació de les BCI pot possibilitar l'accés a la comunicació o al moviment mitjançant neuropròtesis o robòtica mòbil (vehicles mòbils controlats amb la ment) a persones amb mobilitat reduïda, o amb anàrtria, com a resultat de dany cerebral adquirit. Açò suposa un avanç importantíssim en el camp de la rehabilitació clínica. No obstant, aquests no són els únics usos possibles de les BCI, que també poden ser emprades per a la detecció i diagnòstic, ambients intel·ligents i neuroergonòmics, publicitat i neuromarketing, jocs i entreteniments, autoregulació educacional i autenticació i seguretat (Abdulkader, Atia, Mostafa-Sami i Mostafa, 2015).

El camp d'estudi de les BCI es relativament recent. Això implica que, independentment que cada vegada es disposa de més equips d'investigació i de més recursos econòmics per a

poder avançar en el coneixement, hi ha certes qüestions bàsiques, respecte a com el cervell interactua amb el sistema, que encara no han estat ben resoltes.

Una de les limitacions més destacades és la falta de capacitat d'alguns subjectes per a poder integrar i automatitzar el control de l'eina. Aquesta habilitat, es transforma en un element transcendental per a l'èxit en una tasca BCI, perquè el procés requereix tant d'una tecnologia eficient com d'un subjecte que sàpiga emprar-la amb soltesa.

El present treball pretén aportar informació que ajude a resoldre els diferents problemes que ens trobem quan unim la persona i la màquina. Per aquesta raó, es pretén analitzar quins poden ser els factors que determinen que certes persones siguin més hàbils per a automatitzar el control del BCI, i quines son les raons o problemes que presenten aquells, que fins i tot, poden no aprendre mai a emprar-la.

Justificació

La introducció de la tecnologia a les nostres vides és un fet evident i , cada vegada, la convivència entre l'ésser humà i les màquines és més estreta.

La funció de la tecnologia s'ha centrat , principalment, en facilitar la vida de les persones i, amb aquesta finalitat, s'han creat molts programes informàtics i aparells . No obstant, l'ús lúdic de les tecnologies també és un camp en el que s'han invertit una gran quantitat de recursos intel·lectuals i econòmics.

Des de fa un temps, s'ha produït una forta immersió de la tecnologia en el camp de la rehabilitació neurològica , ampliant i millorant els diversos sistemes que ja existien a l'àmbit clínic. Per aquest fet, actualment, la rehabilitació neurofuncional es troba força lligada a la utilització d'aparells informatitzats.

En general, molts dels mecanismes que s'empren en aquest àmbit, son manipulats per la persona que els fa servir, de tal manera, que l'aparell obeeix les ordres després de que

l'individu que l'utilitza activa les seues funcions. La interacció es du a terme mitjançant l'activació de polsadors, teclats o medis físics que la mateixa màquina disposa. En aquest cas, tant la persona com la màquina funcionen de manera relativament independent a l'hora de dur a terme el seu propòsit. Pel que fa a les BCI, la relació entre ambdós intervinents és molt més estreta. El conjunt format per l'individu i la màquina actuen com un sistema unificat on el resultat final es el producte de l'activitat d'ambdós intervinents.

Aquest estret vincle creat amb les tecnologies emergents suposa un repte important per a la neurociència, donat que ja no s'ha de crear una tecnologia eficient, sinó que, a més, es fa necessari perfeccionar la simbiosi establerta entre les persones i el sistema.

En una tasca amb BCI, el subjecte porta un casc amb elèctrodes localitzats a certes àrees específiques del seu cervell. Durant la *motor imagery* (tipus de paradigma emprat per a l'estudi), l'individu imagina accions específiques amb parts del seu cos, principalment amb braços, mans i peus, sense arribar a reproduir-les a nivell motriu. Tal i com em explicat amb anterioritat, quan imaginem una acció es produeix una activació de les mateixes àrees cerebrals activades amb la seua execució motora.

Posteriorment, amb el casc, s'enregistra l'activitat, entesa com a presència o no de les ones *mu* en aquestes regions prèviament localitzades. Quan un subjecte imagina una acció motora les ones *mu* queden inhibides i el contrari quan no ho està imaginant. Un programa informàtic prèviament configurat, es fa càrrec de "traduir" la informació d'ones electroencefàlogràfiques a llenguatge binari (fàcilment comprensible per la computadora). L'ordinador aprèn a executar una acció específica quan la ona *mu* està present i un altra quan no ho està. Aquest procés tan lligat explica la íntima relació establerta entre ambdós operadors (individu/màquina) i el que fa tant diferent la relació i l'ús de les BCI respecte d'altre tipus de sistemes.

Del procediment d'ús s'intueix la importància d'aconseguir que la persona que envia l'ordre mitjançant la *motor imagery* siga capaç de fer-ho amb la major eficàcia possible, ja que d'aquesta informació depenen tots els passos posteriors.

Els avenços amb les BCI han sigut notables, de fet, s'han aconseguit èxits extraordinaris a nivell clínic. Per citar-ne un, diversos equips d'investigació han fet que, persones amb dany cerebral adquirit, que han perdut la mobilitat dels seus braços, pogueren moure, amb la ment, un braç biònic que realitza les accions que elles no poden fer en el medi físic. Aquests èxits també han arribat a l'àrea del llenguatge o la domòtica i, a més, el sector del videojocs ha introduït, amb prou èxit, jocs controlats amb la ment, obrint una nova era a l'hora de definir la diversió amb l'ús de tecnologies.

No obstant, independentment de què alguns subjectes puguen arribar a presentar un bon control de l'eina, la literatura ens parla de l'existència d'una gran part de població que presenta una menor capacitat per a ser eficaços en la seua utilització. El control del BCI, per part d'aquest sector es inconstant, e inclús, s'han localitzat individus incapaços d'aprendre a manipular-lo amb la ment. Aquests són els denominats *Illiteracy* (Brenzan, Allison i Neuper,2010).

El present treball pretén aportar informació al respecte, ja que s'intenta conèixer, amb major profunditat, quines poden ser les possibles raons o causes que expliquen la base d'aquestes dificultats.

Una tasca d'imaginació motora, implica l'ús i el processament de certes funcions cognitives, com ara, la memòria, l'atenció (especialment la capacitat de concentració), o les funcions executives. Al mateix temps, la conducta i l'actitud del subjecte, relacionada directament amb la seua personalitat, pot estar vinculada amb el rendiment durant la tasca, facilitant o no, la seua execució (Martínez de Ibarreta, Redondo, Rua i Fabra,2011; O'connor i Paunonen,2007). També es pot considerar que, la forma d'afrontar l'estrès de la situació

d'aprenentatge i la experiència derivada del fracàs durant la tasca, pot influir en la capacitat del subjecte per a concentrar-se en el que està fent, i, per tant, suposar una minva en el rendiment.

Un estudi realitzat per Da Silva va comprovar que els nivells d'ansietat quan el subjecte està usant la BCI no suposaven un empitjorament ni una millora per a emprar-lo. No obstant, apuntaven a que aquells subjectes que practicaven meditació i, es mostraven més relaxats durant l'entrenament, si obtenien beneficis (Da Silva et al, 2009). Derivat d'aquesta troballa, vam decidir estudiar amb la màxima profunditat possible, tots aquells aspectes relacionats amb les capacitats atencionals que pogueren mantindre una connexió directa amb el maneig del BCI. Estudis anteriors, també mostren una relació entre el bilingüisme i certs avantatges en funcions executives (Ardila,2012). El fet de coordinar, de manera constant, dos sistemes lingüístics, suposa un increment en la flexibilitat cognitiva, les capacitats atencionals e inhibidores. Per aquest raó, el bilingüisme dels participants també s'ha tingut present. Entre les variables a explorar també s'han inclòs aquelles que es presenten a la quotidianitat del subjecte i que poden influir en les seues habilitats per a manipular l'eina que estem estudiant. En investigacions consultades, s'observa un millor rendiment en tasques de canvi de set atencional en aquelles persones que practiquen de manera habitual algun instrument, (Zuk, Benjamin, Kenyon i Gaab,2014) per aquest raó, l'estudi inclou un test on els subjectes respondran a preguntes al voltant d'aquest tema. A la bibliografia també trobem estudis que parlen de la relació entre l'ús de tecnologies i els BCI (Jeunet, N'Kaoua, Lotte,2016). Per aquesta raó, també s'ha inclòs aquesta variable a les anàlisis. Finalment, hem tingut present la lateralitat del subjecte i el maneig de la instruccions basades en la utilització de mà dreta i esquerra (instrucció que han d'imaginar al paradigma Acció/Acció de la BCI), per tal d'estudiar la seua possible influència.

Per aquesta raó, utilitzant una mostra de població sana, hem analitzar quins són els paradigmes (instruccions que indiquen quines àrees motores ha d'imaginar el subjecte en moviment) que millors resultats poden donar ; les funcions cognitives com ara les funcions atencionals i executives, els trets i estils de personalitat ; la forma d'afrontar l'estrès derivat del fracàs, i certs aspectes, ja destacats anteriorment, que mantenen una relació directa o indirecta amb les habilitats relacionades amb les tasques amb BCI.

Millorar aquesta línia de coneixements, pot suposar avenços destacats en la utilització d'aquests sistemes en el camp de la rehabilitació. Aconseguir , amb el coneixement i les aportacions comuns , una major eficiència en l'aportació que fa la persona en aquest sistema individu/màquina, pot suposar una ampliació de la ràtio de persones que poden emprar-la en l'àmbit clínic i una optimització de recursos.

Objectius

La finalitat del present treball és estudiar si els principals factors que aporta el subjecte al sistema conformat per humà /màquina en un sistema BCI poden influir en el resultat final del procés. La informació recollida a les ones electroencefàlogràfiques és la font de la que es nodreix l'ordinador per a poder dirimir quina és la instrucció que ha d'executar. Per aquesta raó es considera de gran importància detallar y avaluar quins són els paradigmes o instruccions a una tasca d'imaginació motora més fàcils de controlar per part del subjecte , quines son les funcions cognitives, trets de personalitat , afrontament de l'estrès i altres factors estretament vinculats amb l'ús de l'eina.

És especialment rellevant la sobrecapacitat que presenten alguns subjectes i la baixa o nul·la capacitat que presenten altres per a manipular un BCI. I, en aquest sentit, es considera que gran part d'aquesta habilitat o falta d'ella pot ser explicada per les variables anteriorment esmentades.

La investigació pretén demostrar, que la presència de bones qualitats en els factors que es tenen presents, suposen una millora en el rendiment del subjecte a l'hora d'emprar el sistema de control mental de la .

Aquesta línia d'estudi pot aportar nombrosos beneficis en el camp de la investigació bàsica i l'aplicació clínica dels BCI . Els resultats obtinguts, poden facilitar la comprensió i l'estudi, amb major profunditat, del substrat neurològic involucrat en el maneig d'una interfície cervell-computadora; Possibilitar l'entrenament o estimulació de les funcions cognitives que puguin ser especialment rellevants; Tractar psicològicament la influència que la personalitat o l'afrontament de l'estrès poden tindre a l'hora d'emprar-la, o introduir en el dia a dia del subjecte aquelles activitats que demostrin ser un facilitador en la capacitat per a manejar-la.

Hipòtesis

Primer estudi.

Consisteix en l'avaluació de la relació entre les habilitats per a controlar la *motor imagery* amb els trets de personalitat, capacitats cognitives, resposta d'afrontament a l'estrès i activitats quotidianes.

- 1.** El paradigma d'instrucció consistent en Acció-Acció serà més eficaç que el d'Acció-Relaxació.
- 2.** Els subjectes amb millors puntuacions en funcions atencionals, avaluades independentment com: Concentració, Capacitat d'inhibició, Temps de resposta general, Temps de resposta davant els errors, obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.
- 3.** Els subjectes que presenten millors puntuacions en les variables d'atenció del test CPT II , avaluades independentment com Capacitat de Vigilància,

Atenció visual general i Consistència de resposta, obtindran millor puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

4. Els subjectes que presenten millor capacitat per a controlar e inhibir els distractors interns obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

5. El subjectes que puntuen alt en obertura a la experiència o responsabilitat en el test Big Five, obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

6. Els subjectes que puntuen alt en Neuroticisme obtindran pitjors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

7. Els subjectes que presenten bones puntuacions en atenció visual, avaluada independentment com: Concentració visual; Inhibició visual ;Temps de Resposta en Encerts Visuals; Temps Resposta en Comissions Visuals; Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals; obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

Segon estudi.

Afegim als objectius del primer estudi l'avaluació detallada de les estratègies emprades en la BCI , les funcions executives i aquelles variables relacionades amb la personalitat.

1. El paradigma d'Acció-Acció consistent en la imaginació motora de mà dreta i mà Esquerra mostrarà bona evolució en el procés d'aprenentatge d'un BCI.
2. El paradigma d' Acció-Acció consistent en la imaginació motora de mans i peus presentarà bona evolució en el procés d'aprenentatge d'un BCI.
3. La estratègia consistent en tres entrenament amb el paradigma mans i peus serà més efectiva per a aconseguir l'automatització de l'aprenentatge que l'estratègia mà dreta i mà esquerra.

4. Els subjectes que puntuen alt en orientació a l'acció presenten millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI, respecte els subjectes que mostren una major orientació a l'estat.
5. Existeix un efecte de la lateralitat del subjecte sobre la seua capacitat per a emprar el BCI.
6. Existeix un efecte de la pràctica d'instruments sobre la capacitat per a emprar el BCI.
7. Existeix un efecte del bilingüisme sobre la capacitat per a emprar el BCI.
8. Existeix un efecte de la pràctica de Videojocs o relació amb les tecnologies i la capacitat per a emprar el BCI.
9. Els subjectes que havien realitzat amb anterioritat la Wisconsin Task presenten millor puntuacions en flexibilitat cognitiva i perseveracions respecte d'aquells que no l'havien realitzat prèviament.
10. Els subjectes que presenten millors habilitats executives, avaluades independentment com capacitat per a canviar de set atencional o flexibilitat cognitiva i perseveracions en resposta, presenten millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.
11. Els subjectes mostren millors puntuacions quan són exposats passat un temps als paradigmes que han entrenat en la línia base.
12. Existeix una relació entre els trets de personalitat avaluada mitjançant el test PSSIK i el procés d'aprenentatge del BCI.

Marc teòric

Historia

L'electroencefalografia és una tècnica d'exploració funcional del Sistema Nerviós Central (SNC) mitjançant la qual s'obté un enregistrament de l'activitat elèctrica cerebral en temps real (Ramos-Argüelles et al.2009).

La guerra de Prússia (1870) i la intervenció amb militars que havien causat baixa en el conflicte del Sudan va oferir la possibilitat a dos metges, Fritsch i Hitzig, d'observar com la estimulació amb corrent galvànic en un àrea cerebral, produïa moviments a la part contralateral del cos. En aquell moment encara es desconeixien les propietats elèctriques del cervell, fins aleshores, les qualitats electrofisiològiques tan sols es conferien a músculs i nervis motors. Aquest descobriment no es produiria fins a final de segle XIX i principis del XX, quan diversos científics, entre ells Ferrier i Prawdycz-Neminski, van treballar en aquesta línia amb experimentació animal utilitzant cervells al descobert. La medicina tampoc estava preparada per a enregistrar a partir de la implantació dels elèctrodes al crani, ja que aquesta tècnica era desconeguda tant a nivell teòric com tecnològic.

Neminski (1913) va estudiar per primera vegada els distints ritmes cerebrals captats en cervells de gos (d'acord amb la freqüència 10 a 15 i 20 a 32 cicles per segon) amb el galvanòmetre de corda, i va anomenar a aquestes oscil·lacions 'Electrocervellgrama' (Palacios i Palacios,1999). Però realment fou Hans Berger, pare de l'electroencefalografia, qui, al 1929, va encunyar el terme EEG per a definir aquell sistema que captava les fluctuacions entre les ones electroencefalogràfiques, mitjançant la utilització d'elèctrodes inserits al cuir cabellut amb agulles de zinc, platí i altres materials. Ell mateix, als seus estudis amb humans, va descobrir l'existència de dos classes d'activitat ondulatòria, les ones alfa i beta. La primera es manifestava quan els ulls estaven tancats i en estat de relaxació, i oscil·lava entre 9 i 10 hertz, i la segona quan els ulls estaven oberts o quan es duïa a terme alguna activitat mental. Berger,

malgrat les aportacions, estava pobrament equipat i els seus coneixements en neurofisiologia eren limitats, de manera que la comunitat científica es va prendre els seus descobriments amb cert escepticisme. Al 1934, però, Adrian i Matthews van dur a terme una sèrie de millores tecnològiques amb l'ús d'amplificadors termoiònics que, juntament amb l'augment dels coneixements científics sobre la matèria, van permetre d'aprofundir en les troballes realitzades per Berger. Els fisiòlegs de Cambridge van demostrar, fins i tot, que aquestes oscil·lacions s'ubicaven en les àrees visuals, i no en tot el cervell, i anomenaren aquest ritme, "ritme de Berger". A partir d'ací, l'augment de l'interès per l'estudi i les aplicacions de la EEG va ser exponencial (Ford-Martin, 2018).

Malgrat els honors atribuïbles als seus treballs, tan transcendents per a la ciència i per al camp de l'Electroencefalografia, el context bèl·lic que es vivia en aquell moment, i la seua destitució del càrrec com a cap de la Unitat de Psiquiatria de la Universitat de Jena (Alemanya) pel règim Nazi, van provocar que el neuròleg caiguera en una profunda depressió que el va conduir al suïcidi en 1941.

Els avenços en la tecnologia de l'aparell d'enregistrament d'ones electroencefalogràfiques van seguir el seu curs. Alexander Forbes, al 1935, va treballar intensament en l'amplificació de les ones en tubs de buit, cosa que va permetre una millora en la captació del senyal i una expansió de l'ús de l'eina a escala global.

Un grup de destacats neurofisiòlegs del Boston City Hospital, Gibbs Davis i Gordon Lennox, van ser pioners en els estudis sobre l'epilèpsia. Ells van descobrir, també al 1935, la presència de complexos de punta onada interictal durant les crisis d'absència, i uns anys després van enregistrar descàrregues focals en pacients amb epilepsia focal (Palacios i Palacios,1999).

El clima era propici perquè els estudis continuaren en augment, i cap al 1941 “l’Índex de Literatura Científica” ja disposava d’un apartat específic per als articles d’electroencefalografia.

Uns anys més tard, cap al 1960, va arribar la computerització de l’EEG amb la substitució dels tubs de buit per uns transistors. Aquesta millora va suposar una major sensibilitat i una captació més clara de les ones que emet l’encèfal.

Història recent de les BCI

L’estudi específic de les BCI com a tècnica és molt recent. Independentment del temps dedicat a aprofundir en el coneixement de l’EEG, no fou fins al 1990, amb els treballs de Philip Kennedy, quan es comença a implementar el sistema que inclou, ja no sols el cervell, sinó també la computadora, en aquest innovador camp de coneixement. L’any 1987, Kennedy va crear l’empresa “Neural Signals”, amb la què va iniciar una línia d’estudis sobre les BCI, encara que ell preferia denominar-les “Neuropròtesis”. Aquests sistemes, ja inclouen el decodificat de les intencions conscients d’un subjecte, mitjançant la interpretació de les ones cerebrals amb elèctrodes intracorticals implantats al cervell. Aquest metge va “crear” el primer ciborg humà en Johnny Ray, un pacient seu que va aconseguir comunicar-se amb una computadora gràcies als implants cerebrals. Kennedy mantenia que les BCI podien ser de molta utilitat en la rehabilitació de persones que havien patit alguna lesió medul·lar i no podien emprar les extremitats. També es podia fer servir en aquelles que patien la “Síndrome de Captiveri”, on la ment queda activa i lúcida en un cos inert. A més, no descartava que podien ser molt pràctiques per a individus sans. De fet, ell considerava que la connexió íntima entre l’humà i la computadora ens portaria a un altre nivell com a espècie (Palacios i Palacios,1999).

Els avenços aconseguits per Kennedy van assentar les bases de la continuació d’aquests treballs per part d’altres científics. John Donogue va crear el Brain Gate al 2003, amb la companyia Cyberkinetics, que treballava amb el departament de Neurociències de la

Universitat de Brown. El dispositiu consistia en un xip implantat a les àrees encarregades del processament de la informació motora de les extremitats, que enregistra l'activitat cerebral del subjecte i la descodificava. Amb aquest procés, l'usuari era capaç de moure un braç robòtic amb el pensament.

Al 2006, la revista Nature va publicar un article (Hockberg et al. 2006) en què, un grup d'investigació centrat en l'estudi de pròtesis neuromotores, havia aconseguit troballes molt interessants mitjançant la implantació intracranial de 86 microelèctrodes a l'escorça motora primària. De fet, l'equip de Hockberg va aconseguir que un subjecte tetraplègic poguera moure un cursor només amb la seua activitat cerebral. El pacient també era capaç d'obrir correus, canviar canals, fins i tot, mentre parlava. L'equip va mostrar la capacitat de fer moure un braç protèsic amb el què feia accions rudimentàries, com ara, fer una pinça amb el dit polze i l'índex. S'estava iniciant una nova era en que les BCI podien usar-se per a la rehabilitació motora d'humans amb paràlisi.

Encara que es produïra aquesta publicació al 2006, l'equip de Wolpaw havia estat investigant la possibilitat d'aconseguir l'enregistrament de les ones EEG mitjançant l'adhesió d'electrodes al cuir cabellut, i no inserint-los directament a l'encèfal. Al 2003, ja havien publicat un article en què demostraven que els subjectes del seu estudi eren capaços, amb un entrenament previ, de controlar el moviment d'un cursor sobre una pantalla d'ordinador, utilitzant la regulació de les ones mu (Wolpaw, Mcfarland i Vaughan, 2003). A partir d'aquest moment, l'experimentació va evolucionar cap a una modalitat no invasiva i van proliferar els equips centrats en l'estudi de les BCI.

La implicació i la utilització de les BCI amb finalitats mèdiques o rehabilitadores no ha estat exclusiva desde la primera dècada dels S.XXI. La introducció d'aquests sistemes en el mercat van motivar la investigació en l'ús de videojocs. En un estudi realitzat per Jessica Bayliss (Bayliss et al, 2000), es va mostrar com uns voluntaris podien controlar una activitat de realitat

virtual amb la regulació de les ones cerebrals P300. Per altra banda, l'equip de Bin He va demostrar com era possible controlar un helicòpter 3D basant-se en ones cerebrals.

Unes quantes empreses entre elles, Mindball, Neuroski, Mattel o Guger Technologies, han sorgit a partir de la segona dècada del segle XXI per a dedicar temps i recursos a la integració de les BCI en diversos contextos (Fernández i Rangel, 2014).

Interfícies Cerebell Computadora

En una tasca amb una Interfície Cerebell Computadora (ICC), l'usuari modifica mitjançant una activitat de control mental voluntària, les seues senyals cerebrals. Existeixen múltiples formes per les que es pot generar aquest control sobre les emissions d'ones específiques del cervell. Les persones poden des d'imaginar moviments de parts del seu cos, la relaxació dels mateixos membres, atendre selectivament a certes visualitzacions, recompte, el cant, pensar en determinades síl·labes... (Wolpaw i cols.2002).

Actualment, es disposa de dos sistemes on podem englobar els paradigmes emprats en la BCI. Els subjectes poden controlar la màquina de manera exògena o endògena. En la primera, els estímuls que s'utilitzen es troben fora de l'usuari. Aquests produeixen una resposta automàtica que pot ser detectada per la BCI. En els endògens, la resposta de la Interfície es deriva d'una tasca de control mental resultant de la activitat mental del subjecte, com ara, la imaginació del moviment d'un membre o el recompte subvocàlic.

El sistema es pot controlar mitjançant senyals de diferent natura. Les principals ones EEG enregistrades amb la intenció de modular la interfície poden ser: 1. ones P300; 2. Potencials evocats d'estat estable (SSEP) que poden ser de natura Visual (SSVEP), Auditiva (ASSEP) o Somatosensorial (SSSEP); com també Potencials Corticals Lents (SCP) associats a la preparació (SCP BP) o a la finalització (SCP CNV) d'una activitat motriu i 3. Ritmes

sensoriomotors (SMR) Mu_1 , Mu_2 i $Beta$, associats a activitat o imaginació motora (Moreno i cols, 2019).

Encara que els diferents sistemes i l'eficàcia que alguns subjectes mostren en la seua capacitat per a controlar una BCI (Blankertz et al.2008; Scherer et al. 2004, 2008), la literatura esmenta una gran quantitat de casos que adquireixen un control menor o bé no adquireixen. Aquest camp ha despertat nombroses incògnites que estan pendents de resoldre.

Sistemes de Control Exògens.

Els sistemes exògens depenen d'un estímul extern que influeix en el control de la senyal i , per tant, no requereixen cap tipus de bioretroalimentació. Normalment, el resultat del control mental és el que informa del propi rendiment. És a dir, el resultat de l'experiència amb la pròpia interfície és el que indica els efectes del control mental. Per exemple, en el cas de la resposta al P300, l'usuari informa de la seua intenció atenent a un estímul visual (lletra) en un visor o pantalla. Tanmateix, en els enfocaments d'estats evocats estacionaris es mesura la resposta en EEG del subjecte quan atén visualment a una de les caselles de verificació que es mostren a la pantalla de l'ordinador.

Sistemes de Control Endògens.

En els sistemes de control endògens l'usuari realitza una activitat de control mental voluntària que activa una part específica del seu cervell, com per exemple, imaginar el moviment dels seus braços o dels seus peus. En aquest cas si que s'empren mecanismes de biofeedback per tal d'informar o inclús de millorar les respostes de les senyals cerebrals, condicionant-les.

Els sistemes més representatius del control endògen són els Slow potencials Corticals (SCPs) i els ritmes *Mu* que operen amb el moviment motor real o imaginari reflectit en l'àrea motora.

Tipus de BCI

Ones P300.

La plataforma més emprada per al sistema P300 (ona que s'emet 300 milisegons després de l'aparició d'un estímul important) continua sent la matriu d'ortografia de Farwell i Donchin (Farwell i Donchin, 1988). L'usuari disposa d'un alfabet alineat, casella a casella, en una quadrícula on parpellegen les files i columnes de lletres. El subjecte ha de fixar l'atenció en una lletra específica i el sistema mesura la resposta P300 d'àrees parietals cada cop que s'activa la fila o la columna de la lletra desitjada. Després de diversos flaixos queda seleccionada la intersecció amb la lletra de la matriu on s'ha fixada l'atenció (Sellers i Donchin, 2006; Salvària i Sepúlveda, 2009).

Potencials Evocats d'Estat Estable.

Els potencials evocats són les tècniques d'enregistrament i diagnòstic que permeten avaluar les vies nervioses que transporten la informació dels òrgans fins al cervell. Existeixen diverses modalitats de potencials evocats en funció del sistema sensorial que es vol avaluar. En les BCI podem trobar aquelles que avaluen la informació de naturalesa visual (SSVEP), auditiva (ASSEP) o somatosensorial (SSSEP):

Potencials Evocats d'Estat Estable Visuals. Mesuren la resposta en la escorça visual a estímuls intermitents constants. Un exemple pot ser la tasca de verificació de "sí" o "no". En aquest exercici hi ha dos caselles parpellejant a la pantalla de l'ordinador. En una, on els flaixos es presenten a 10 Hz es representa la resposta "sí" i a l'altra, amb la

resposta “no”, el parpelleig es presenta a 15 Hz. Es detecta en l'àrea visual l'oscil·lació de l'ona corresponent i d'aquesta manera es pot detectar quina ha estat la casella seleccionada pel subjecte.

Potencials Evocats d'Estat Estable Auditius. Actualment, la utilització dels potencials de natura auditiva (ASSEP) amb la BCI estan força qüestionats ja que existeix poca bibliografia que informe d'un rendiment eficient. Els ASSEP engloben un conjunt de respostes del tronc cerebral que conformen una nova resposta que s'agrupa a la freqüència principal de la presentació d'un estímul. La baixa amplitud del percentatge de nanovolts juntament amb la baixa claretat de la seua influència en tasques cognitives (Giar, Mouchetant-Rostaing i Pernier, 2000) el converteixen en un sistema poc avantatjós.

Potencials Evocats Estables Somatosensorials. El procediment utilitza un sistema similar als emprats en l'enregistrament de potencials evocats visuals i auditius, però en aquesta ocasió la estimulació es realitza a nivell tàctil. Principalment es solen emprar els dits o les mans i els resultats dels esdeveniments produïts al EEG es combinen a nivell binari per tal d'aconseguir el control de la BCI (Yi et al.2017).

Potencials Corticals Lents.

Quan parlem dels SCP fem referència a aquells canvis lents al voltatge generats al còrtex cerebral. La seua duració és variable i oscil·la entre els 0.5 i els 10 segons. Associem generalment els SCP negatius amb el moviment i altres funcions que impliquen activació cortical. Els estudis mostren que les persones tenen la capacitat d'aprendre a controlar-los (Schalk, 2008), de fet, a la bibliografia figuren BCIs basats en aquestes ones per a controlar un cursor o assenyalar un objectiu (Birmauer, 2006).

Imaginació Motora.

Els sistemes basats en *Mu* operen amb moviment, tant real com imaginari, mesurant la d'amplària de la banda de l'ona per a exercir control sobre ella. Al igual que amb les SCP, el ritme *Mu* també es pot utilitzar per al control d'un cursor o la selecció d'objectius (Birmauer, 2006).

En el cas de la tasca unidimensional del Cursor, aquest es mou per la pantalla a velocitat constant. Les àrees objectiu es situen a diferents parts del visor, i cadascuna suposa una alternativa de selecció. L'usuari de la BCI pot tant realitzar com imaginar el moviment (tocar dits, premer punys, pressionar puntes dels peus...) i açò influirà en la posició del cursor a la pantalla. Una vegada l'estímul ha arribat al seu objectiu es dona per finalitzada la prova (Schalk et al. 2008). La tasca mental pot variar i aquest fet, junt amb diversos aspectes de la interfície (mida del cursor, localització, ubicació dels punts diana), influeixen en el rendiment. Per tant, el disseny òptim del sistema humà-màquina en el seu conjunt, té un impacte significatiu en el control (Felton et al, 2009).

Paradigmes de control en imaginació motora. El moviment de qualsevol múscul e inclús la seua simple contracció modifica l'activitat de l'escorça cerebral (Salas i cols, 2008). Els ritmes sensoriomotors (SMR) canvien, ja inclús, amb la preparació o imaginació d'un moviment (Grimann, Allison i Pfurtscheller, 2010). Aquests ritmes són oscil·lacions cerebrals que es classifiquen en funció d'una sèrie de bandes específiques (delta: < 4 Hz, theta: 4-7 Hz, alfa: 8-12 Hz, beta: 12-30 Hz, gama: > 30 Hz). Tan el decrement de l'activitat oscil·latria (Desincronització Relacionada a un Esdeveniment o ERD) com l'increment (Sincronització Relacionada a un Esdeveniment o ERS) poden ser produïts, voluntàriament, amb imaginació motora. L'activitat *alfa* de les àrees sensoriomotors que s'anomena activitat *Mu*, juntament amb l'activitat *Beta*, són les senyals EEG que més s'empren amb aquest tipus de BCI. Els patrons tand'ERD com

d'ERS que es produeixen mitjançant la imaginació motora són semblants, tan en la seua ubicació com en el seu processament espectrals, a aquells que esdevenen amb un moviment real. De fet, s'originen a les àrees motores i somatosensorials connectades directament amb les vies neuromusculars. Aquesta raó concedeix a la imaginació motora el ser particularment adequada per a les BCI. No obstant, per a produir patrons que puguen ser detectats pels elèctrodes, les àrees corticals implicades han de ser suficientment grans com per a que l'activitat resultant sigui prominent, comparada amb el soroll clàssic d'un EEG. Per aquesta raó les àrees de les mans, braços, peus i la llengua, al ser comparativament més grans i topogràficament diferents, són les més emprades en els paradigmes de control del BCI mitjançant imaginació motora (Muñoz, 2014).

Tècniques invasives.

L'enregistrament d'ones EEG mitjançant tècniques de caràcter invasiu funciona implantant elèctrodes sota el cuir cabellut. Aquests van a mesurar l'activitat neuronal del cervell ja sigui intracorticalment a l'interior de l'escorça motora o sobre la superfície cortical.

El procediment amb aquestes tècniques implica la implantació mitjançant una intervenció quirúrgica dels elèctrodes intracraneals i, no obstant, la bona resolució que s'obté d'un enregistrament tan directe, la forma per la que s'aconsegueix compromet destacadament la seua aplicació generalitzada.

Subjectes Illiteracy.

Els sistemes BCI proporcionen comunicació entre l'usuari i la computadora. Malgrat tot, encara que molts dels subjectes aconseguen control sobre la interfície, no tots són capaços d'assolir-ho. De fet, la literatura esmenta que el percentatge pot estar al voltant del

20% dels usuaris (Kübler i Müller, 2007; Lee et al, 2019). A aquest fenomen se li ha anomenat “Illiteracy” o Analfabetisme per a la BCI.

En la actualitat no es disposa d'un ICC que siga universal. La situació que ens trobem és que ni tots els subjectes són igualment eficients en un sistema específic (P300, imaginació motora, potencials evocats estables o potencials corticals lents) ni tots els usuaris presenten un bon maneig en totes les versions del BCI. En aquest últim cas s'ha observat també analfabetisme per a algun sistema en particular però no per a tota la resta.

És possible que certa part de la població mostre dificultats per a poder emetre patrons detectables d'activitat cerebral per a un tipus particular d'ICC i que explorar algunes solucions, com ara, millorar el processament de senyals, entrenament, o noves instruccions i tasques pugui ser el camí més adient per a aconseguir revertir tal situació.

Existeix una corrent iniciada, aproximadament al 2002, que estudia aquesta qüestió en subjectes sans (Wolpaw et al., 2002). La investigació bàsica s'ha considerat un fort aliat per a poder validar les BCI en cada vegada més contextos. Des d'això moment, el coneixement i l'interès ha anat creixent exponencialment. De fet, tant l'estudi com la intervenció no s'han reduït única i exclusivament al camp dels subjectes no patològics, també s'ha ampliat per a la rehabilitació de diverses malalties, entre elles, la Esclerosi Lateral Amiotròfica (Hosni, Borgheai, McLinden i Shahriari, 2020). Malgrat l'elevada quantitat d'investigació desenvolupada durant els darrers anys, actualment, encara mantenim moltes incògnites al respecte de la situació d'analfabetisme a les BCI.

Electroencefalografia.

Una de les funcions associades al teixit nerviós és la capacitat de generar potencials elèctrics com a base de la excitabilitat de l'organisme. Rigorosament, tot el SN presenta

capacitat electrogènica, però, per al propòsit d'aquest treball ,n'hi haurà prou de considerar l'escorça cerebral i les zones directament relacionades.

Histològicament, el neocòrtex queda constituït per 6 capes cerebrals. Des de la més externa fins a la més interna, s'observen (Radnikow i Feldmeyer, 2018):

1. La capa molecular: Té menys neurones que unes altres capes, i tanmateix, abundants fibres nervioses que produeixen una gran quantitat de sinapsis.
2. La capa granular externa o de neurones piramidals menudes: Tenen una forma triangular amb nucli oval i nuclèol petit. Disposen d'una única prolongació axònica i una gran prolongació dendrítica. Els axons s'endinsen fins a capes corticals més profundes. Molt interconnectada amb la resta d'àrees cerebrals.
3. La capa piramidal externa: Les neurones piramidals tenen les mateixes característiques que en l'anterior però son més gruixudes. Les dendrites travessen fins a la capa molecular i els axons viatgen fins a la substància blanca.
4. La capa granular interna: Principalment es compon de cèl·lules granuloses amb forma estelada i mida petita, en una disposició molt compacta i horitzontal, que forma la banda externa de Baillarger.
5. La capa ganglionar: Conté neurones grosses, que en les àrees motores són denominades cèl·lules giganto-piramidals de Betz. La seua disposició horitzontal forma la banda interna de Baillarger.
6. Capa de cèl·lules polimòrfiques: Conté neurones molt diverses, amb majoria de cèl·lules fusiformes. Gran part de les cèl·lules nervioses que la componen es projecten a la substància blanca subjacent i connecten la capa amb les regions intermèdies.

D'altra banda, i segons la morfologia del soma i de l'arbre dendrític o axònic podem diferenciar entre:

1. Neurones piramidals, principalment ubicades a l'escorça cerebral. El soma té forma de piràmide.
2. Neurones estelades, que es troben sobretot a la retina i presenten un arbre dendrític orientat en totes les direccions.
3. Neurones de canelobre, què s'anomenen així per la forma que presenten. També localitzades a l'escorça cerebral (Mejias, Molist i Pombal, 2018).

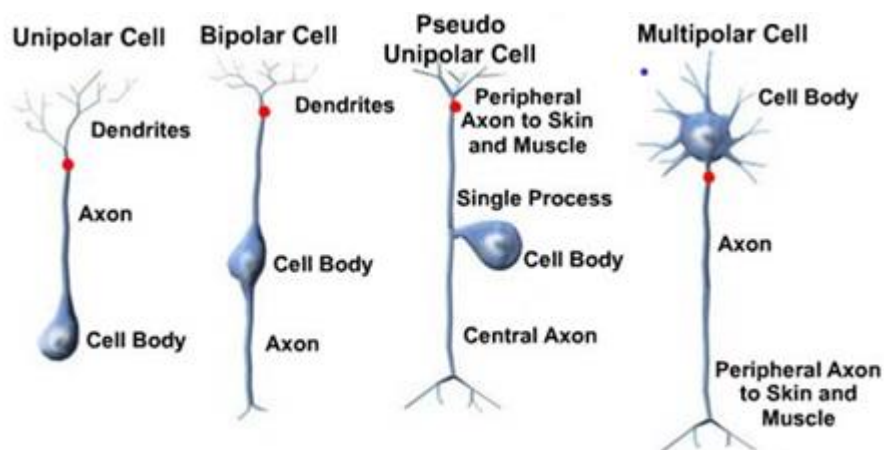


Figura 1. Waymire, J. (2019). Comparació de variacions en la estructura de la neurona.

Il·lustració. Recuperat de Neuroscience online. The University of Texas.

<https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/index.htm>

L'enregistrament d'ones electroencefalogràfiques necessari per a la BCI en el cas del processament d'activitat sensoriomotora es fa a partir de les neurones piramidals ubicades en les capes més externes. El sistema no permet l'estudi d'àrees més profundes.

Electrogènesi Cortical

Un únic fragment de teixit cortical pot emetre activitat elèctrica espontània com a conseqüència del processament sinàptic a les diferents regions. Els fragments d'ones que es generen van superposant una serie de ritmes ràpids i lents. Les porcions amb capacitat de

produir activitat elèctrica es denominen generadors, i emeten potencials postsinàptics tant excitatoris com inhibitoris. Aquesta activitat, seria l'origen de la modulació.

Segons la profunditat a què es troba ubicada l'emissió de l'ona, hi ha tres tipus de generadors (Barea, 2017):

- Generador A: Situat a 500 micres de la superfície cortical. Produït per la despolarització de les dendrites apicals i les neurones piramidals.
- Generador B: Ubicat a 900 micres de profunditat i format per les despolaritzacions de les cèl·lules piramidals. La seua activitat coincideix amb els potencials d'acció de les cèl·lules.
- Generador C: Situat també a 900 micres com a resultat de la hiperpolarització de les cèl·lules.

Tipus d'ones electroencefalogràfiques

Enregistrar l'activitat amb l'electroencefalograma permet identificar una sèrie d'ones conegudes com a ritmes cerebrals. L'electrogènesi presenta dos característiques definitòries (Gonzalez, 2014):

- Freqüència: És la periodicitat amb què es repeteix l'ona. Es mesura en hertz (Hz), de manera que si una ona es repeteix una vegada per segon, presenta una freqüència d'1 Hz (Talamillo, p. 29-33 citat per González 2014).
- Amplitud: Definida com la magnitud en el canvi de voltatge (μV) mesurat des del punt més alt de l'ona fins al més baix. Com més gran és l'energia aplicada a l'ona major és l'amplitud.

Així, l'enregistrament de l'EEG està determinat per una seqüència d'oscil·lacions de voltatge entre dos elèctrodes resultat de la diferència a través del temps entre ambdós.

Boutros et al. (2011) indiquen que les ones de l'EEG poden ser classificades en base a la freqüència, en:

- Ones Beta (β): enregistrades en una franja de freqüència entre 14 i 26 Hz. L'amplitud rarament supera els 30 μ V. Es produeixen quan un subjecte està resolent un problema, està atent, o es troba en un moment de pànic. Tot i que també s'observen en àrees posteriors, estan presents principalment en àrees centrals i frontals (Raut i Taywade, 2012).
- Ones Delta (δ): es troben en rangs de 0.5 a 4 Hz, són pròpies de les primeres etapes del desenvolupament, i durant les fases tres i quatre del son d'ones lentes dels adults. També apareixen en moments de memorització. Presenten una amplitud entre 100 y 200 μ V (Rodriguez, 2014).
- Ones Gamma (γ): Raut i Taywade (2012) indiquen que l'enregistrament d'aquests ritmes pot ser un indicatiu de patologia cerebral. Es poden trobar en rangs superiors als 30 Hz, i la seua amplitud és de 5-10 μ V. Es considera que poden identificar mecanismes involucrats en la memòria de treball i l'atenció. No obstant, s'ha indicat que poden ser un producte residual de l'activitat de les xarxes nervioses (Jia i Kohn A, 2011).
- Ones Theta (θ): involucrades en processos cognitius, tenen un origen talàmic i estan presents durant els primers anys de vida, aproximadament fins als 15 anys. També es poden observar en la fase 1 i 2 de la son dels adults. La seua freqüència oscil·la entre 4 i 7 Hz i no supera els 100 μ V.
- Ones Alfa (α): presenten una freqüència entre 8 i 13 Hz, i la seua amplitud és variable, de 20 a 60 μ V (50 μ V per terme mitjà). Estan presents en els estats de repòs, i quan el subjecte roman amb els ulls tancats. S'atenuen quan el subjecte obri els ulls o fa una activitat mental (Rodriguez, 2014). Són predominants en les àrees posteriors, centrals i anteriors de l'encèfal.

ONDAS CEREBRALES

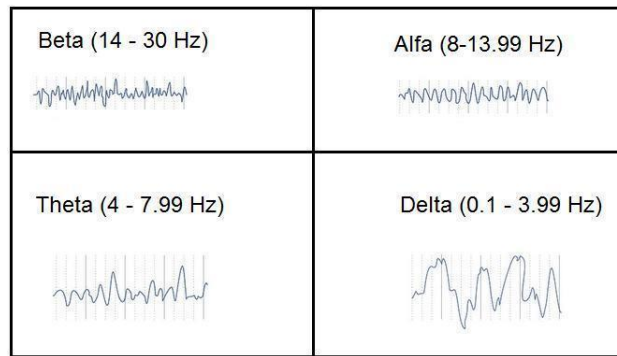


Figura 2. "Cuatro tipos de ondas cerebrales" per J.A. Aznar Casanova. Recuperat en febrer 2020. <http://www.ub.edu/psicologiabasica/jaznare>

- Ritmes Mu: es tracta d'un ritme amb una freqüència en rang Alfa, no obstant, es independent d'aquest per la seua configuració, ubicació i reactivitat. Es sol observar en subjectes normals adults, amb una presentació en trens de pocs segons. La seua freqüència és d'entre 7 i 12 Hz i l'amplitud oscil·la entre 20-60 μ V. Pel que fa a la seua distribució, l'ona s'ubica en regions centrals o rolàndiques unilateral o bilateralment. Encara que es poden trobar en somnolència, són més característiques de la vigília. La seua reactivitat es troba vinculada als sistemes sensorial i motor. És suficient un estímul sensorial o un moviment d'una extremitat (passiva o activa) per a que el ritme *Mu* desaparegui a l'hemisferi contralateral (Tejero, s.d). Per aquesta raó es relaciona amb processos sensoriomotors associats al moviment. Igual com el ritme Alfa, les àrees emeten ones quan estan en repòs, i fan el contrari quan es troben actives. A nivell cognitiu es destaca la implicació en planificació i execució motriu (Maureira i Flores, 2018).

Captació de les Ones EEG

L'activitat bioelèctrica que emet el SNC pot captar-se des de diferents ubicacions i mitjançant diferents procediments. Les ubicacions dels elèctrodes, de menys a més

profunditat de l'encèfal són (Barea, 2017): damunt del cuir cabellut, base del crani, encèfal exposat, i localitzacions cerebrals profundes.

Es disposa de diversos tipus d'elèctrodes en funció de la classe d'enregistrament que es vol dur a terme. D'aquesta manera, hi ha els elèctrodes superficials, que s'apliquen al cuir cabellut; els basals, utilitzats per a enregistrar ones a la base del crani (no requereixen intervenció quirúrgica) i els elèctrodes quirúrgics, que sí necessiten d'una intervenció per a instal·lar-los, tant a nivell cortical com intracerebral (Rios i Alvarez, 2013). En funció de la profunditat de la col·locació dels elèctrodes, l'enregistrament de l'ona es torna més precís.

La ubicació de l'elèctrode ha rebut diferents nomenclatures, de tal manera que si estan col·locats a la superfície o si són basals, la tècnica emprada s'anomena Electroencefalograma (EEG). L'electrocorticograma (ECoG), en canvi, es defineix com el procediment que utilitza elèctrodes quirúrgics implantats a la superfície de l'escorça, mentre que si estan inserits a nivell subcortical s'anomena Estereo-Electroencefalograma (E-EEG) (Barea, 2017).

Tipus d'Elèctrodes

L'elèctrode és l'aparell terminal que connecta el sistema d'enregistrament d'EEG amb l'organisme. Igual que hi han diferents tècniques segons la ubicació d'aquests conductors, durant el procés també disposem de diferents tipus de terminals.

Hi ha diversos tipus de materials per a realitzar l'enregistrament superficial:

- Adherits: discs metàl·lics de 5mm de diàmetre que s'apliquen mitjançant una pasta conductora. S'anomenen elèctrodes secs als que es poden utilitzar sense aquesta pasta (Comani, 2015). Els estudis liderats per Comani són encoratjadors respecte a la poca diferència en precisió i fiabilitat de captació per als elèctrodes secs de recent introducció.

- De contacte: Són uns tubs menuts, de plata clorurada, adherits a un suport de plàstic, connectats amb unes pinces de “cocodril”, i subjectats al crani amb unes bandes elàstiques. El coixinet que queda a l’extrem s’humidifica amb una solució conductora. Els elèctrodes de contacte poden presentar-se en un casc de malla (casc elàstic on estan inclosos) que resulta molt còmode per als subjectes i permet enregistraments de llarga durada. Per a nadons es poden utilitzar, en condicions molt controlades i per la mà d’especialistes, els elèctrodes d’agulla. En el cas dels enregistraments basals, s’empren els elèctrodes faringis, esfenoïdal i timpànic i, per últim, quirúrgics quan són implantats en una intervenció de neurocirurgia.

Sistemes de Posicionament d’Elèctrodes Superficials

La federació Internacional de Neurofisiologia Clínica, davant la necessitat de generalitzar un ús homogeni dels estudis electroencefalogràfics, estableix una ubicació normativitzada dels elèctrodes. El mètode emprat es denomina Sistema 10-20. El concepte ve a determinar la distància entre els elèctrodes en forma percentual, de tal manera que queden separats entre si per un 10 o 20% d’una distància determinada (Fernàndez, 2015). L’establiment dels percentatges pretén contemplar i proporcionar un sistema unificat a la variació del crani d’una persona a una altra.

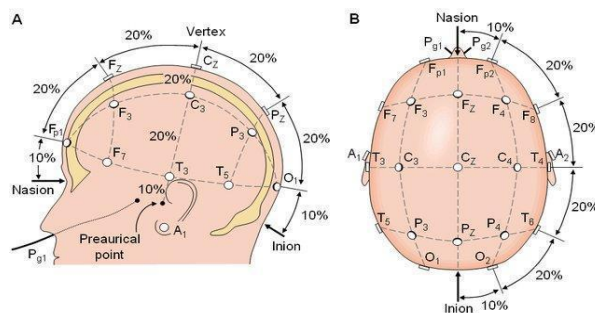


Figura 3. Novo-Olivas, C. (2010). Sistema Internacional 10-20 para la colocación

de electrodos extracraneales. Il·lustració. Recuperat de Aproximaciones al estudio de la neurociència del comportamiento. Pag.8.

Les lletres de la il·lustració (figura 3) designen l'àrea, on Fp fa referència al lòbul prefrontal; F, Frontal; C, central, P, parietal, T, Temporal i O, Occipital. Els hemisferis queden diferenciats per nombres parells o senars; els primers corresponen a l'hemisferi dret i els segons a l'esquerre, respectivament (Acharya, Hani, Cheek, Thirumala i Tsuchidak, 2016).

El procediment s'inicia amb la ubicació i la mesura de la distancia, passant pel Vèrtex, entre els punts Inion i Nasion. El primer és la part més prominent de l'os occipital a l'àrea posteroinferior del crani i Nasion és el punt d'interjecció entre l'ós frontal del crani i els dos ossos nasals. A continuació es detalla punt per punt com es realitza la col·locació dels elèctrodes seguint el sistema 10-20:

- El 10 % de la distancia del Nasion assenyalat el punt Fp i el 10 % d'Inion ens indica on està O.
- A una distància d'un 20% dels punts FP i O ubiquem els punts Fz, Cz i Pz.
- Posteriorment, es mesura la distància entre els punts preauriculars (ubicats davant del pavelló auditiu passant pel Vèrtex), i a un 10% de distància d'ells definirem la posició de T3 i T4 (Barea, 2017).
- Els elèctrodes C3 i C4 queden ubicats un 20% per damunt dels punts temporals (també denominats punts preauriculars).
- Es col·locarà els F3 i F4, de manera equidistant entre Fz i els punts temporals.
- Per la seua banda, els discs superficials P3 i P4 s'ubiquen equidistants entre el punt P mitjà i la línia dels temporals, tal i com podem observar a la figura 12.
- Posteriorment, es mesura la distància entre el punt intermedi de FP i d'O passant per damunt de T3, indicant a un 10% de distància a través de Fp on quedarien els elèctrodes FP1 i FP2.
- Equidistant entre aquests i T3 i T4 es col·loquen els F7 i F8.

- Es continua marcant a un 10 % de distancia a través d'O els elèctrodes O1 i O2 i, entre aquest últim i T3 i T4, els T5 i T6.
- Per últim, a un 10% dels temporals T3 i T4 assenyalarem els auriculars A1 i A2 (Barea, 2017).

Atesa la complexitat del posicionament dels elèctrodes, s'han desenvolupat sistemes, com els cascs de malla, amb les diferents mesures prèviament definides, en què únicament s'han d'ubicar els punts Inion i Nasion. Aquests sistemes faciliten el procés i garanteixen una precisió més elevada. Al present estudi s'ha utilitzat aquest sistema captant les ones a partir de huit canals d'informació ja que l'hem considerat més pràctic donat el volum de la mostra.

Imaginació Motora i Representació Cortical

La imaginació mental és un procés cognitiu mitjançant el qual els subjectes poden revivre una sensació, amb o sense presència dels estímuls externs (Jackson et al.2012). Aquesta capacitat pot mostrar-se amb diferents modalitats sensorials, de tal manera que podem fer ús de la imaginació visual, cinestèsica o auditiva.

Quan la modalitat és cinestèsica, ens referim a ella com *imaginació motora* (Decety i Grèze, 2000), definida com la simulació d'una acció mental sense l'execució de la resposta motora pertinent (Crammond, 1997).

Els estudis elaborats fins al moment, permeten deduir l'existència d'estructures i circuits comuns entre la imaginació motora i l'execució física d'un moviment (Jeannerod,1999), l'existència d'una representació mental interna d'un acte motor o, simplement, d'una representació motora i les diferències entre el grau d'activació de les diferents regions corticals (Esparza,2008).

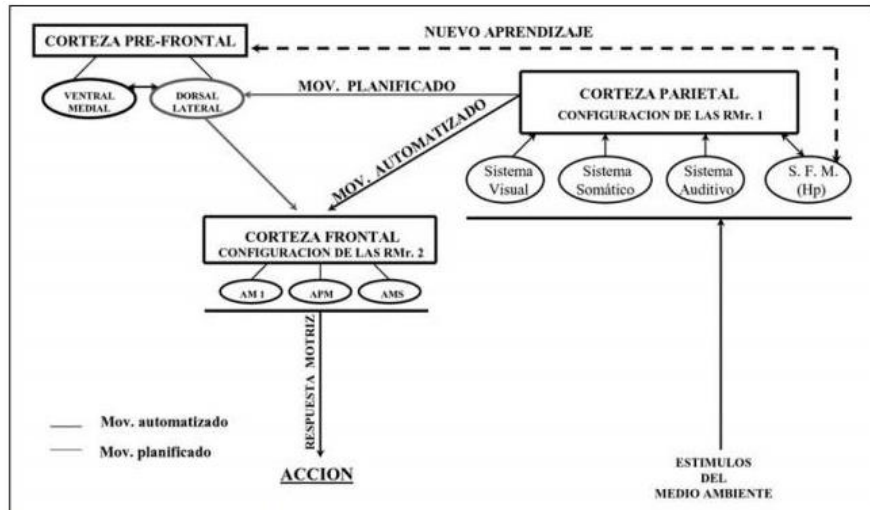


Figura 4. Esparza, 2008. Tractament i configuració de la representació motora en àrea cortical. Il·lustració. Recuperat a *Interacciones cognitivas-motoras: el papel de la representación motora, 2008*.

La figura 4 representa l'execució d'un moviment automatitzat, amb participació de l'escorça parietal i de la frontal. Aquestes dues regions cerebrals poden activar-se simultàniament durant l'execució d'una acció.

Possiblement, la repetició d'una acció suposa la creació d'una representació motora basada en el conjunt de moviments adquirits mitjançant aquest aprenentatge motor previ. La consolidació en memòria pot ser intencional o no, ja que, el subjecte també pot fer aprenentatges motors sense tindre cap intenció de fer-ho ni consciència del procés. Tota la informació s'emmagatzema a l'escorça parietal i frontal per a poder ser emprada posteriorment (Halsband i Lange, 2006). Karni (1999) proposà que les representacions de les seqüències motores es guarden a llarg termini a l'escorça motora primària. No obstant, Penhune i cols (2002) van suggerir que aquestes representacions es distribuïen al llarg d'una xarxa neuronal que inclou la escorça parietal, l'àrea motora primària i l'escorça premotora. En resum, la representació motora podria definir-se com el conjunt de representacions

localitzades en xarxes neuronals específiques, on la informació es codifica de manera constant en funció de la tasca a executar i de l'objectiu a aconseguir (Esparza, 2008).

Neuropsicologia de l'Atenció

L'atenció és un concepte difícilment definible atesa la complexitat i l'ambigüitat que encara, actualment, l'engloba. Malgrat que molts autors històricament han aportat diferents versions d'atenció, encara no hi ha un consens sobre una versió definitiva del concepte.

La primera definició documentada, segons Fernández (2014) va ser la de William James aportada al 1890 i ens indica el següent:

“L'atenció és la presa de possessió de la ment, en forma clara i viscuda, d'un dels que semblen diversos possibles objectes simultàniament o trens de pensament. La focalització i la concentració de la consciència, en són l'essència. Implica la retirada d'algunes coses amb la finalitat de fer front eficaçment a la resta. I és una condició que té un veritable oposat en un estat mental de distracció, confusió o atordiment (pp.403-404)”.

Analitzant detalladament aquesta primera versió, comprovem que es van assentar les bases per a les posteriors definicions, que autors com Pribram i McGuinness (1975), Baddeley (1986), Norman i Shallice (1986), Sohlberg i Mateer, (1989), Mesulam (1990), Posner i Petersen (1990), Whyte (1992), Bracy (1994), van Zomeren i Brower (1994), Mapou (1995), Cohen, Malloy i Jenkins (1999), Mirsky i Duncan (2001), o Corbetta i Shulman (2002) van assumir.

Els diferents models teòrics i clínics han aportat diverses visions que poden englobar el concepte atenció en base a dades psicomètriques, de neuroimatge o d'estudis experimentals. Aquest fet és el que atorga solidesa científica i rigor a les seues aportacions.

Independentment de que no es dispose encara d'una versió consensuada, els models que més acceptació tenen són els de Posner i Petersen basat en xarxes cognitives

independents que actuen de manera coordianda i el model factorial de Mirsky i Duncan fonamentat en l'estudi dels resultats de proves psicomètriques. Els conceptes de focalització/execució, atenció sostinguda i alternança a la teoria de Mirsky i Duncan són comparables als de l'orientació, vigilància i atenció executiva que, respectivament, es mostren als esquemes de Posner i Petersen. Les similituds que presenten ambdós permeten esbossar, a llarg termini, una possible versió unitaria de la definició d'atenció.

Bases Neuroanatòmiques de l'Atenció

Els avenços en tècniques de neuroimatge permeten la realització d'estudis més acurats sobre el substrat neuroanatòmic, neurofisiològic i neurofuncional de l'atenció. Gràcies a això a dia d'avui, ja hi ha dades fiables sobre les possibles àrees implicades. En el següent apartat s'identificaran els diferents correlats neuroanatòmics que representa aquesta capacitat cognitiva i que ens han permès definir de manera més exhaustiva, la ubicació dels elèctrodes d'enregistrament al nostre estudi.

L'escorça Prefrontal i Frontal Dorslateral.

Els estudis sobre Neuroanatomia han destacat la important implicació de l'escorça prefrontal en l'obtenció d'informació rellevant de l'entorn. El gran nombre d'interconnexions que presenta amb altres regions de l'encèfal li atorguen la capacitat augmentar o disminuir l'activació de les àrees implicades en els processos atencional (Miller,2000).

El component frontal, a grans trets, permet l'organització i la planificació de l'acció. Aquesta regió està vinculada a dos funcions principals en el processament atencional.

Bach i cols (1997) i Berns i cols (1997) refereixen que pot estar implicada en el manteniment actiu i la manipulació de la informació així com i en la inhibició de les tasques cognitives que es troben en processament. La primera d'aquestes funcions sembla estar associada amb una major activació de l'escorça dorslateral i podria ser la responsable de

mantenir la informació durant un breu període de temps. L'augment del temps de retenció de la informació es podria ampliar mitjançant les connexions amb àrees posteriors de l'escorça. El manteniment actiu i la manipulació de la informació no és un mecanisme estàtic, sinó més bé, dinàmic i en constant actualització, orientat a ajustar la representació de la situació amb les metes i els plans per tal d'aconseguir l'objectiu que es pretén (Petrides, 2000).

L'altra funció associada, la inhibició de plans, és processada a les àrees prefrontals inferiors. Els estudis de Braver (2001) concreten que tant en tasques del tipus *go- no go*, com en les de canvi de set atencional o les avaluades en la Wisconsin Task, s'observa un augment de l'activitat a la regió inferior de l'escorça dorsolateral. La inhibició del processament és similar a un "curtcircuit" de l'activitat cognitiva en curs. Aquesta acció implica l'activació de regions inferiors bilaterals de l'escorça dorsolateral, com ara el gir frontal inferior, i es du a terme en les fases més primerenques del processament dels estímuls que demanden la interrupció del processament (Tirapu, Rios i Maestu, 2008).

L'escorça frontoparietal dorsal es troba implicada en la selecció d'estímuls rellevants i en donar respostes en funció dels objectius voluntaris de l'individu. La frontotemporal, per la seua banda, dirigeix l'atenció cap a estímuls nous o sobtats que puguen ser rellevants (Corbetta i Shulman, 2002). La rellevància per al subjecte pot quedar representada bé, per un element distractor, o bé, per informació novament incorporada i d'importància per a la realització de la tasca.

L'escorça Cingulada Anterior.

Els estudis realitzats per Ojeda i cols (2002) mostren com es produeix més activació d'aquesta regió mentre es duen a terme tasques d'atenció de caràcter voluntari. La voluntarietat implica una activació conscient i volitiva de la selecció activa de la informació a atendre i, per defecte, una comparació i judicis de valor sobre quina és la informació que ha de quedar enregistrada en la memòria de treball.

S'ha suggerit que l'escorça cingulada participa en tasques d'atenció dividida, respostes obertes o poc delimitades i situacions en les que és necessari inhibir una resposta prepotent (Tirapu, Rios i Maestu, 2008).

Aquesta regió cerebral s'activa en situacions en què hi pot haver conflicte, tant en el nivell de les respostes, com en el d'esquemes o sets atencionals. La detecció del conflicte es realitza amb l'acció conjunta de les àrees prefrontals dorslaterals e inferiors, que pròpiament es fan càrrec del control, i la part anterior del l'escorça cingulada, encarregada de supervisar el procés (Periañez, Maestu i Barceló, 2004; Botvinick i cols,2001 ; Liddle, Kiehl i Smith,2001; en Tirapu, Rios i Maestu,2008).

L'àrea Motora Suplementaria i l'Escorça Parietal.

El paper de l'àrea suplementaria motora no ha estat relacionat únicament amb funcions vinculades amb el moviment. Diversos autors han suggerit la possibilitat que també estiga implicada en l'execució de tasques de caràcter atencional (Braver i cols.2001; Ojeda, Ortuño i Arbizu, 2002; Liddle, Kiehl i Smith, 2001). Principalment, s'ha observat més activitat d'aquestes àrees en les tasques de canvi de set cognitiu.

Les regions parietals són, juntament amb la frontals, les principalment actives durant el procés atencional. De fet, les àrees frontlaterals i l'escorça parietal posterior han estat relacionades amb els processos executius i la memòria operativa (Tirapu, Rios i Maestu, 2008). Aquesta última aporta un mapa intern del món exterior per tal de poder dirigir correctament l'atenció, ja que té la capacitat de reorientarla davant un estímul sobtat. Les del solc intraparietal, per la seua banda, es vinculen amb l'orientació voluntària i el manteniment de l'atenció en llocs sobre els que ja s'està processant informació (Rios, Andover, Rodriguez i Noreña, 2013).

Les Estructures Subcorticals.

El processament atencional de la informació, independentment de la seua natura sensorial, a banda de regions del neocortex, també implica l'activació d'estructures subcorticals. Les connexions entre les àrees més profundes de l'encèfal i les exteriors es produeix mitjançant les fibres que connecten el tronc de l'encèfal, l'hipotàlem i el sistema límbic amb les capes més externes.

L'escorça prefrontal rep fibres aferents del tronc de l'encèfal, l'hipotàlem i el sistema límbic, que aporten informació sobre l'estat intern de l'organisme, mentre que els ganglis basals estan especialment actius durant la formació de memòries motores. Les aferències de les regions posteriors de l'escorça es troben implicades en el processament de la informació sensoriomotora d'alt nivell, i mantenen una connexió bidireccional amb l'escorça prefrontal (Miller, 1999).

El Sistema Reticular d'activació (RAS) és un component de la formació reticular situat a la totalitat del tronc de l'encèfal. Tal i com ho mostren els estudis amb EEG, funciona com a regulador dels ritmes lents i ràpids durant la son (Torteloro i Vanini, 2010; León i León, 2019). Hi ha diversos circuits que connecten el tronc de l'encèfal i el còrtex i que, contribueixen a aquest sistema d'activació (Yeo, Chang i Jang, 2013). A banda de la seua implicació en els ritmes de son i vigília, els grups neuronals que el conformen són els últims responsables de l'atenció, la excitació, la modulació del to muscular i la capacitat d'enfocament (Garcia-Rill et al., 2013).

De les estructures internes que envien informació a l'escorça durant la realització de tasques de canvi de set atencional, diversos treballs han destacat la participació dels ganglis basals, i específicament, del nucli caudat (Casey, Thomas i Welsh, 2000 i Harger, Bolz i Gazer, 1998).

Models Explicatius dels Processos Atencionals

Les aportacions teòriques a l'estudi de l'atenció han permès tant la generació com la diferenciació de dos tipus de models explicatius. Els arquetips s'organitzen en funció de si la base es centra en la ubicació neuroanatòmica o en la funcionalitat d'aquesta capacitat cognitiva. Es coneixen com models neuroanatòmics aquells que desenvolupen investigacions per a poder detallar l'estret vincle entre els substrat neuroanatòmic i els aspectes funcionals de la conducta o la cognició. Les conclusions són resultants d'estudis on s'empra la estimulació i enregistrament cerebral i les mostres sobre les que es treballa són primats i humans amb lesions als SNC. No obstant, també es fa servir aquella informació derivada d'estudis de neuroimatge funcional. Aquests models han fet avançar, considerablement, la comprensió de l'atenció gràcies a les aportacions sobre les localitzacions cerebrals dels distints processos atencionals. Per la seua banda, els models clínics es centren en comprendre el funcionament més que el correlat neuroanatòmic. Aquesta format d'investigació tracta de generar patrons explicatius basats eminentment en criteris d'intervenció clínica.

Inicialment, la categorització dels processos atencionals era molt bàsica i, en trets generals diferenciava, tan sols, entre voluntaris e involuntaris (Norman i Shallice, 1986). Els automàtics eren entesos com processos que no requerien de cap intencionalitat (involuntaris) ni activitat conscient per part del subjecte que el duia a terme. Per aquesta raó, no suposaven interferències amb altres processos que es podien realitzar de manera simultània. Serien un exemple les activitats sobre les que es té molta pràctica (Posner i Snider, 1975). No obstant, per la seua condició d'automàtics també resultava més difícil la seua inhibició. D'altra banda, els processos voluntaris, com els que s'ha estudiat a aquesta investigació, demandaven més intervenció deliberada per part del subjecte. Per a la seua gestió intervenia, eminentment, la focalització de l'atenció cap als elements de l'entorn que són rellevants. Aquesta voluntarietat suposava més dificultats de coordinació i activació simultània amb altres processos en curs i

una menor rapidesa de processament degut a la baixa automatització. Si més no, la possibilitat d'inhibir-los es veia facilitada, ja que estaven sotmesos al control conscient del subjecte (Spinnler,1991).

Models Neuroanatòmics

El model de Posner i Petersen.

Molts autors han contribuït a generar models que han permès un coneixement més profund i ample del substrat neuroanatòmic que resideix sota les funcions atencionals. Destaquem els models proposats per Mesulam (1990), Miller (2000) o Corbetta i Shulman (2002). Tots tres es poden consultar més detalladament a partir de la informació citada a la bibliografia.

Tanmateix, l'ampla diversitat de models genera una perspectiva massa dispersa per a poder enfocar la teorització d'aquest constructe cognitiu i s'ha escollit el proposat per Posner i Petersen (1990), per la gran acceptació científica i la vigència de les seues troballes, per a poder explicar-ho.

A diferència de l'alta interconnexió de la xarxa de processament de l'atenció proposada per altres autors, aquests, al 1990, proposen un model amb tres xarxes independents, tant anatòmica com funcionalment. En primer lloc, la xarxa d'orientació que sustenta l'atenció visuoespacial i selecciona la informació sensorial rellevant. Els autors assenyalen que els canvis en l'entorn estimular promouen una activació de l'escorça parietal, el gir precentral, l'escorça oculomotora frontal, els col·licles superiors i el tàlem (Posner i Petersen,1990).

El segon sistema és la xarxa de vigilància que processa l'atenció sostinguda en tasques d'execució continuada amb la implicació de l'àrea frontoparietal dreta.

Per últim, suggereixen la xarxa d'atenció executiva, que realitza les funcions de planificació, processament i actuació davant de nous estímuls o noves conductes, inhibició i resolució de conflictes. Els autors afegeixen que, en aquest tipus d'activitats cognitives, es produeix una activació del cíngol anterior i l'àrea motora suplementària, així com de l'escorça orbitofrontal, l'escorça prefrontal dorsolateral i parts específiques dels ganglis basals i el tàlem.

Tota la informació obtinguda a partir dels models neuroanatòmics ens permet delimitar una línia més ajustada de regions i vies cerebrals on poder depositar els elèctrodes que van a enregistrar el mode de processar del subjecte a estudiar.

Models Clínics

Novament, molts han estat els autors que han dedicat el seus estudis a l'elaboració de models i teories que puguen aportar una explicació funcional dels diferents factors cognitius que engloba l'atenció. Es destaquen els treballs de Kinsella (Ponsford i Kinsella,1991), Van Zomeren i Brower (1994) i de Ríos, Periañez i Muñoz (2004), de gran repercussió dins l'àmbit clínic, i que es poden consultar, amb més detall, a la bibliografia aportada en aquesta tesi.

No obstant l'ampla disponibilitat de models explicatius, per a la nostra Tesi ens em basat en el model de Mirski i Duncan i el de Sohlberg i Matter que, gràcies a la seua completud i complementarietat, ens permeten obtindre una representació ampla dels diferents factors que engloba l'atenció.

El Model Mirsky i Duncan.

Els models clínics no eludeixen de les seues explicacions l'establiment de relacions amb el substrat neuroanatòmic implicat en les funcions que ells defineixen. Per aquesta raó, podem considerar-los molt complets a l'hora d'explicar l'atenció.

El model de Misky i Duncan s'inicia al 1991 per un grup d'experts més ampli, però queda definit completament cap al 2001 per els autors que li donen nom.

A partir de l'aplicació d'una anàlisi factorial de les diverses proves que normalment s'utilitzen per a valorar l'atenció a nivell neuropsicològic, s'obtenen una sèrie de components de l'atenció. Miski i Duncan en detallen tres: La focalització/execució; l'atenció sostinguda, l'alternança, la codificació i l'estabilitat.

El primer dels factors considerat es la focalització/execució. La primera més relacionada amb la capacitat per a concentrar-se en una tasca, en presència d'estímul distractors, i la segona, en la realització ràpida de les respostes manuals o verbals que requereix la tasca en qüestió (Mirsky i Duncan, 2001). Els correlats neuroanatòmics de la focalització/execució inclouen el lòbul parietal inferior, el gir temporal superior, i parts de l'estriat.

L'atenció sostinguda és un altre dels components delimitats pel model, i suposa la capacitat per a mantenir el focus atencional durant un període considerable de temps. Aquesta capacitat implica una major activació de regions com el tèctum, formació mesopontina de la formació reticular, o el nucli reticular del tàlem.

El tercer factor és l'alternança, definida com la capacitat de canviar el focus atencional d'un estímul o característica de l'estímul a un altre. La funció de l'alternança ha estat ubicada a l'escorça prefrontal dorsolateral i a la circumvol·lució cingulada anterior.

Com a quart component s'inclou la codificació, que aporta la capacitat per a mantenir la informació en la memòria durant un breu període de temps. Es tracta d'una memòria a molt curt termini, que permet dur a terme operacions mentals amb les dades memoritzades. Els seus correlats neuroanatòmics són àrees eminentment relacionades amb aquesta funció cognitiva, com ara, l'hipocamp i l'amígdala.

Per últim, es proposa l'element d'estabilitat o la coherència entre les respostes als estímuls diana. Encara que el model és molt complet a l'hora d'establir les relacions entre les funcions i els seus correlats neuroanatòmics, aquest últim factor no ha estat prou argumentat; Mirsky i Duncan mai no van precisar quines àrees específiques de l'encèfal poden funcionar com a correlats neuroanatòmics.

Model de Sohlberg i Mateer.

Aquest model àmpliament documentat per aportacions clíniques d'avaluacions de pacients, i amb un caràcter marcadament funcional, es crea al 1987 (Pérez, 2008). La seua fonamentació i aportacions han impulsat el desenvolupament de nombrosos sistemes d'avaluació i rehabilitació de pacients. El model contempla tant els components afectats i conservats de l'atenció davant un dany o una patologia neurològica i també la implicació que aquests tenen en la vida quotidiana del pacient.

Les autores han proposat un model jeràrquic en què cada component és més complex que el precedent, i suposa que l'anterior funcione correctament. La relació dels diferents constituents de la jerarquia presenta el següent ordre: *arousal*, atenció focalitzada, atenció sostinguda, atenció selectiva, atenció alternant i atenció dividida. Tots aquests elements seran definits detalladament a l'apartat posterior "Els components de l'atenció".

Els Components de l'Atenció

A la vista de tots els models clínics descrits amb anterioritat ens adonem de l'existència d'una sèrie de components ben delimitats dins del concepte d'atenció. Al mateix temps, aquests elements s'utilitzen per a poder definir-la. No obstant, tal i com ja hem comentat, encara no hi ha una conceptualització de l'atenció consensuada per la comunitat científica.

El model clínic d'atenció de Sohlberg i Mateer proposa una estructura jerarquizada de la mateixa que emprarem per a definir-ne cadascun dels components (Sohlberg i Mateer, 1987; Sohlberg i Mateer, 2001, citat per Tirapu, Rios i Maestu, 2008).

- Arousal: Fa referència a la activació general de l'organisme com a funció basal. És la capacitat per a estar despert i romandre alerta. Implica la capacitat de seguiment d'estímul o ordres, tant interns com externs, i s'acompanya de respostes psicofisiològiques, com ara, canvis en la conductància de la pell, la freqüència cardíaca, a la dilatació pupil·lar...
- Atenció focalitzada: és l'habilitat per a enfocar l'atenció sobre un estímul, auditiu, visual o tàctil. En aquest component no es té present el temps en què es persisteix en l'atenció a l'estímul.
- Atenció sostinguda: és la capacitat per a mantenir una resposta de forma consistent durant un període de temps prolongat. Es subdivideix en dos components: (a) la vigilància que fa referència al procés que s'activa quan es volen detectar estímuls de difícil discriminació, i en tasques monòtones o de llarga durada; i (b) la noció de control mental o memòria operativa, en aquelles tasques que impliquen albergar i manipular informació.
- Atenció selectiva: Implica l'habilitat per a escollir els estímuls rellevants que han de ser processats o que són útils per a un esquema de conducta, inhibint o no atenent simultàniament els que no siguen importants. Les dificultats en atenció selectiva faciliten la presència de distraccions.
- Atenció alternant: Fa referència a la habilitat de canviar, alternativament, d'un focus atencional, d'una tasca o d'una meta a una altra. Suposa la capacitat del subjecte de deixar de banda una tasca en procés, per a poder recuperar-la posteriorment, després de realitzar una altra acció. A l'atenció alternant ell mateix controla la informació que es procesada en cada moment encara que siga canviant,.

- Atenció dividida: Al·ludeix a la capacitat per a mantenir l'atenció simultània a dos estímuls. En tasques d'atenció dividida es selecciona més d'una informació o procés a l'hora, i es distribueixen els recursos, per tal de poder atendre'ls adequadament. Alguns autors, posen en dubte l'existència de l'atenció dividida, en el seu lloc parlen d'un tipus d'atenció alternant molt ràpida entre els diversos estímuls.

Avaluació de l'Atenció

Les proves que s'han fet servir per a poder obtindre els diferents factors que representen l'atenció, permeten ser un exemple de sistema d'avaluació del constructe.

A continuació, basat en el model de Mirsky i Duncan s'exposa un protocol de test que possibilita l'avaluació del rendiment als diferents elements atencional delimitats al model.

Taula. Model de Mirsky i Duncan i Proves Neuropsicològiques .

ELEMENT	
ATENCIONAL	TEST / MESURA
	Amplitud de Dígits (WAIS-R o WAIS-III; WISC-R o WISC-III).
Codificació	Aritmètica (WAIS-R o WAIS-III; WISC-R o WISC-III). Dígit-Símbol (WAIS-R o WAIS-III).
	Claus (WISC-R o WISC-III).
Focalització/	Test de Cancel·lació de Lletres.
Execució.	Test de Interferència Color-Paraula de Stroop. Test del Traç parts A y B (Trail Making Test).
	Test de Classificació de Cartes de Wisconsin.
Alternança	Test de Programes Motors Recíprocs.
Atenció	Test de Rendiment Continu de Conners-visual.
Sostinguda	Test de Rendiment Continu de Conners-auditiu.

	Test de Rendiment Continu de Conners-visual. Variabilitat del Temps de reacció.
Estabilitat	Test de Rendiment Continu de Conners-auditiu. Variabilitat del Temps de reacció.

Figura 5. Mirsky i Duncan (2001) en Fernández (2015). Elements de l'atenció. Test que l'avaluen. Adaptació de taula recuperada de Neuropsicología de la atención. Conceptos, alteraciones y evaluación (2015)

Els test i subproves exposades a la taula anterior, són els que s'han tingut presents per a l'elaboració del protocol d'avaluació de l'atenció a aquesta tesi doctoral.

Neuropsicologia de les Funcions Executives

Les funcions executives són com un conjunt de processos i habilitats implicats en la generació, supervisió, regulació i reajustament d'idees, accions i moviments orientats a aconseguir objectius complexos i creatius (Gilbert i Burgess, 2008; Lezak, 2004).

Per a Lezak (2004), el component social queda inclòs en la definició, e indica que aquests processos organitzats no sols tenen un component merament cognitiu, sinó que també inclouen els que tenen relació amb la teoria de la ment i les habilitats socials e interpersonals. L'autora descriu quatre components essencials en les funcions executives (Tirapu et al., 2012):

- Formulació de metes: capacitat de crear i seleccionar estats desitjables per a un futur.
- Planificació: selecció dels elements, accions i seqüències necessaris per a poder arribar a l'objectiu.

- Desenvolupament: habilitat per a iniciar, detenir, mantenir o canviar accions planificades.
- Execució: capacitat per a monitoritzar i corregir activitats.

Durant el desenvolupament humà, les situacions a les que hem de fer front tenen una complexitat creixent. Les responsabilitats e interessos de la vida adulta suposen una amplíssima varietat de situacions que demanden un funcionament adaptat.

Aquests requeriments poden ser d'índole cognitiva, com podria ser la elaboració d'una tesi doctoral, o ser de caràcter socioemocional, relacionats amb la regulació de sentiments i emocions associats al possible estrès derivat de la situació, com per exemple, fer una tasca amb un BCI. Tant una com l'altra, requereixen la presa de decisions i l'actuació, en què s'han de tenir presents les conseqüències a curt, mitjà i llarg termini de les conductes escollides.

Verdejo i Bechara (2010) afirmen que: "Una de les principals característiques de les funcions executives és la seua independència de l'input, és a dir, els mecanismes executius coordinen informació procedent de distints sistemes d'entrada (percepcions de distintes modalitats sensorials), processament (atenció, memòria o emocions) i d'eixida (programes motors). Així, les funcions executives són responsables de la regulació, tant de la conducta manifesta com de pensaments, records i afectes que promouen un funcionament adaptatiu. D'altra banda, amb el propòsit d'assolir els objectius plantejats, els mecanismes executius es coordinen tant per a recuperar informació emmagatzemada en el passat (p.ex. mecanisme d'accés i recuperació de la informació), com per a estimular i anticipar els possibles resultats de distintes opcions de resposta en el futur (p.ex. mecanismes de planificació, intenció demorada i presa de decisions)."

Dia a dia, cal resoldre situacions de caràcter imprevist i sobtat, com també atendre a qüestions de caire rutinari. En tots dos casos, això requerirà l'activació de diferents mecanismes i vies de resolució.

Les funcions executives, per tant, treballen com un sistema operatiu que es nodreix de la informació obtinguda gràcies als processos atencional i mnèsics. A més, integren la informació obtinguda i optimitzen l'execució, en funció del moment present i de les conseqüències futures. Així, el sistema pot arribar a simular, mitjançant la imaginació, les situacions que vol atendre i verificar, si la solució escollida és l'adequada o no per a resoldre el problema. Per tot açò, podem considerar que es situen en un punt de trobada entre el món extern, que ens planteja la exigència, i el nostre món intern, en què la manipulem, imaginem, i simulem les solucions possibles.

L'escorça prefrontal, on eminentment es localitzen les funcions executives, presenta una estructura molt diversa, i actualment no es considera la existència d'àrees especialitzades sinó més enllà, l'actuació coordinada de diferents regions orientades a cercar la solució d'un problema.

Neuroanatomia de les Funcions Executives

Els lòbuls prefrontals i frontals són les estructures cerebrals que, filogenèticament, presenten un desenvolupament més recent. Nombrosos estudis han coincidit en relacionar-los amb capacitats i habilitats estretament vinculades amb les funcions executives. Kalina i cols (Verdejo i Bechara, 2010), van estudiar la diferenciació de regions de l'escorça prefrontal (EPF) i la seua relació amb diferents nivells de complexitat en tasques de raonament. Mitjançant estudis amb RMf, van observar una major activació de l'EPF rostrelateral amb l'increment de la dificultat de proves basades en les matrius progressives de Raven (Smith i cols, 2007; Christoff i cols, 2003). En un altre estudi, per al que s'utilitzaven processos cognitius complexos, també van trobar diferències entre l'activació de les àrees dorsolateral i rostrelateral. Els autors detallen que la primera presenta una major activació quan la informació externa està sent avaluada, mentre que la rostrelateral ho fa, quan la informació generada internament és creada pel subjecte per a ser avaluada.

Per la seua banda, Duncan (2000) en un estudi amb tomografia per emissió de positrons emprant tasques de caràcter espacial, motor i verbal, va demostrar que les activitats que impliquen un raonament complex i, per tant, una gran dosi d'intel·ligència general, augmenten el flux sanguini als lòbuls frontals (Duncan i cols, 2000).

Per altra banda, Jordan Grafman (2002) amb les seues teories al voltant del constructe SEC (Structured Event Complex) va provar la implicació del lòbuls prefrontals en el processament de tasques dirigides cap a un objectiu. De fet, ell va aportar que es produeix una activació menor d'aquestes regions quan les tasques son rutinàries o mantenen similituds, i major quan són més noves. Específicament, com ja va indicar Luria (1980), aquestes regions cerebrals mantenen relació amb funcions que inclouen la planificació, la regulació i el control de processos patològics. A més, possibiliten la coordinació entre múltiples processos i organitzen els comportaments i estratègies per a orientar-se cap a una meta (Miller i Cohen, 2001). La notable presència de les funcions executives en el processament cognitiu les fa extensives a qüestions de caire social donat que regulen, verifiquen i formen impressions i programes sobre la conducta humana (Luria, 1989). En aquesta línia, Fuster (1989), basant-se en que l'escorça prefrontal juga un rol primordial en l'estructuració de la conducta, aporta que aquest tipus d'acció coordinada, s'aconsegueix gràcies a l'activitat de tres estructures subordinades. Per una part, fan servir una funció retrospectiva de la memòria a curt termini, per altra, una de prospectiva que permet la planificació de la conducta, i finalment, una funció conscient de control que actua inhibint els distractors. Així, les xarxes neuronals estan representades per esquemes d'accions passades, que tenen repercussió sobre la planificació d'accions futures, i indiquen que la organització temporal va a determinar la seqüència de passos necessària per a aconseguir un objectiu.

Els estudis en neuroanatomía funcional de les funcions executives han estat molt prolífics i ens han permès obtindre un mapa representatiu dels correlats neuroanatòmics

d'aquestes habilitats. A continuació s'exposa una visió integrada de les propietats neuropsicològiques dels lòbuls frontals.

Els lòbuls frontals queden subdividits en tres regions: orbital, medial, i dorslateral que es subdivideixen al mateix temps en diverses àrees cadascuna. Des de les regions més anteriors a les més posteriors de l'encèfal, aquests lòbuls queden delimitats per diferents zones que, encara que presenten una certa interconnexió, també mostren especialitzacions funcionals. A continuació s'exposen les àrees seguint l'ordre inicialment plantejat:

- EPF rostral: Paul Burgess i cols (2007) plantegen que la entrada de informació pot dur-se a terme tant en presència com en absència d'estímuls sensorials externs, ja que el subjecte pot generar representacions centrals a partir d'allò que imagina. Per aquesta raó, consideren que ha d'existir una entrada atencional supervisora amb capacitat per a poder diferenciar la natura de la informació, i la ubiquen a l'EPF rostral (Burgess et al., 2007; Burgess et al. en Prinz i cols, 2006). La SAG (de l'anglès *Supervisory Attentional Gateway*) opera com una entrada entre la vida mental interna i la vida mental que es troba connectada amb el món exterior.
- Escorça frontal dorslateral. És la regió evolutivament més nova de l'EPF (Stuss i Levine, 2000), i està dividida en quatre àrees: premotora, motora, dorslateral i anterior. Les dos primeres participen en el moviment dels músculs. La premotora permet la planificació, organització i seqüenciació dels moviments i la cara més anterior de la motora selecciona i prepara els moviments. La porció posterior es relaciona més amb l'execució.
- Escorça prefrontal dorslateral: Segons Ongur, Ferry i Price (2003), el EPF és l'estructura cerebral més desenvolupada. És una regió d'associació supramodal o cognitiva que no processa estímuls sensorials (Fuster, 2002). Es divideix en dos porcions: la dorslateral i l'anterior que presenten tres regions: superior, inferior i pol frontal. La porció dorsal

- està involucrada en els processos de planificació, memòria de treball i fluïdesa (de disseny i verbal), solució de problemes complexos, flexibilitat mental, generació d'hipòtesis, estratègies de treball, seriació i seqüenciació (Stuss i Alexander, 2000 a Flores i Ostroski, 2008); processos considerats com a funcions executives. D'altra banda, les porcions anterior o polars participen en processos de més envergadura cognitiva, com ara la metacognició, o la capacitat per a monitoritzar el control d'una activitat continuada (Fernández- Duque, Baird i Posner, 2000). També processen informació relacionada amb la cognició social, la consciència ètica i l'autoconeixement.
- L'escorça orbitofrontal: Damasio (1998) indica que presenta connexions amb el sistema límbic mitjançant els que participa directament en el processament i regulació d'emocions, els estats afectius i el control del comportament. També regula la percepció dels riscos o beneficis per al subjecte, que resulten de les seues decisions (Rolls, 2000). La regió ventromedial ha estat específicament relacionada amb la detecció de situacions de risc i amb el processament dels matisos afectius negatius i positius de les emocions (Bechara, Damasio, Damasio i Lee;1999).
 - Escorça frontomedial: S'ha demostrat la participació activa d'aquesta regió en els processos inhibitoris, la detecció i la solució de conflictes i la regulació emocional (Badgaiyan i Posner, 1997). Fuster (2002) afegeix la participació en la regulació de l'agressivitat i de les motivacions. Les porcions més anteriors són rellevants en tasques que impliquen l'ús de la Teoria de la Ment (Shallice,2001), mentre que les més posteriors estan més vinculades amb processos cognitius (Burgess, 2000).

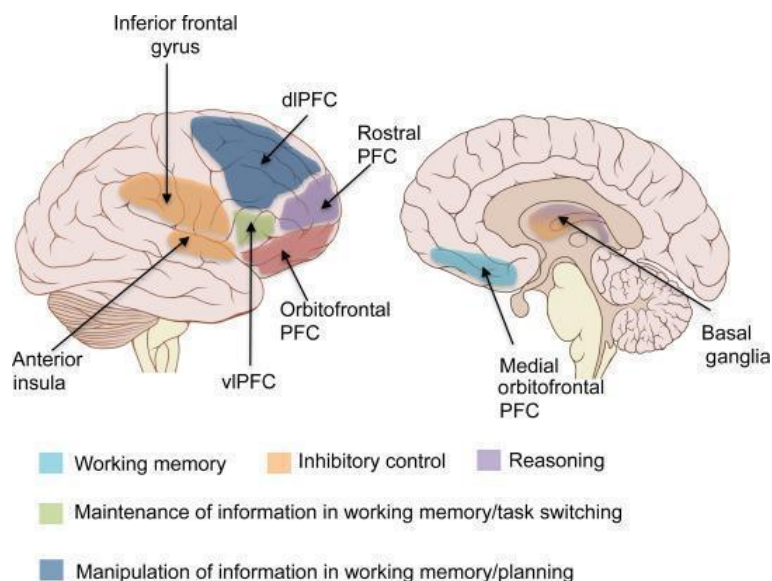


Figura 6. Cristofori, Cohen i Grangman, 2019. Brain areas associated with different EFs based on lesion and/or neuroimaging studies. Imatge. Recuperat de Handbook of clinical Neurology. pp 197-219.

Models Explicatius de les Funcions Executives

Un gran nombre de models, teories i hipòtesis han sorgit per a poder representar l'ampli camp de les funcions executives. Els més representatius s'engloben en la classificació i agrupació suggerida pels criteris de Tirapu i cols (2012). Per a una ampliació i profundització, el lector pot documentar-se a partir de les referències aportades a la bibliografia. A continuació enumerem els models més destacats:

a) Model de constructe unitari:

- Models de memòria de treball (Baddeley, 2017).
- El Factor G de intel·ligència (Duncan, 2000).

b) Models de seqüenciació temporal:

- Teoria representacional (Grafman, 2002).
- Escorça prefrontal i representació temporal de la conducta (Fuster, 1989).

c) Model de supervisió atencional orientada a objectius:

- Model de control de l'acció del sistema atencional supervisor (Norman i Shallice,1986).
- Model de control atencional (Stuss,1995).
- Model de filtre dinàmic (Shimamura,2002)
- d) Models jeràrquics funcionals de l'escorça prefrontal:
 - Hipòtesi de l' eix rostre caudal (Verdejo i Bechara,2010).
 - Hipòtesi de la porta d'entrada (Burgess,2007).
 - Model funcional en cascada de l' escorça prefrontal (Koechlin,2007)
- e) Models integradors cognició i emoció (Damasio,1998)
- f) Models basats en anàlisis factorials (Miyake i cols, 2001; Tirapu,2017)

Per a l'elaboració d'aquesta tesi ens em basat específicament en els models factorials, ja que permeten obtenir els diferents elements o components de l'habilitat cognitiva que pretenem explicar.

Models Basats en Anàlisis Factorials.

Tal i com ocorre amb l'atenció, diversos autors han emprat l'anàlisi factorial per tal d'aprofundir en el coneixement de les funcions executives i identificar-ne els components. Aquest sistema es basa en la utilització de diverses tasques neuropsicològiques específiques que permeten avaluar les funcions a estudiar en un grup de subjectes.

Akira Miyake (Miyake et al, 2000; Miyake i cols,2001) i el seu equip, van identificar tres components que, encara que no són totalment independents, estan clarament diferenciats i poden contribuir a una millor comprensió de l'execució dels subjectes en tasques de tipus executiu.

Un dels components és l'actualització, que implica una revisió, manipulació i restabliment de la informació que s'està processant en la memòria de treball. Per altra banda,

destaquen la inhibició com un sistema amb capacitat per a controlar i reduir les respostes automàtiques quan una situació no les demanda. I per últim, l'alternança, definida com l'habilitat per a poder canviar flexiblement entre diferents tipus d'activitats o esquemes mentals.

Al 2004 Fisk i Sharp van dur a terme un estudi que ratificava l'existència dels tres factors. En les seues investigacions van concloure que era necessària la inclusió d'un quart factor, la fluïdesa verbal, que possibilita l'accés als continguts de la memòria a llarg termini.

Diversos autors, per tal d'obtenir els factors que representen a les funcions executives han emprat diversos tipus de proves neuropsicològiques. A la taula següent es presenta una relació dels principals models factorialis per autors, i els diferents components de les funcions executives delimitats per cadascun:

AUTORS	FACTORS
Kyle Boone i cols, 1998.	Flexibilitat cognitiva. Velocitat de processament. Atenció bàsica i dividida.
Robyn Busch i cols, 2005.	Conducta autogenerada i flexibilitat cognitiva. Memòria de treball. Errors de memòria en inhibició d'informació.
John Taylor i cols, 2000.	Unions de representacions en memòria de treball. Creació, estudi i decisió. Avaluacions afectives.
David Pineda i cols, 2000.	Organització i flexibilitat. Velocitat de processament. Control inhibitori. Fluïdesa verbal.
Marcos Ríos i cols, 2004.	Velocitat de processament. Flexibilitat cognitiva. Memòria operativa. Control de la interferència.
Tirapu, Cordero, Luna i Hernáez, 2017.	Velocitat de processament. Memòria de treball. Fluïdesa verbal. Inhibició.

Execució dual.
Flexibilitat cognitiva.
Planificació.
Presa de decisions.
Paradigma multitasca.

Figura 7. Models factorials. Taula d'elaboració pròpia.

Tal i com queda representat a la figura 7, els estudis realitzats seguint el model factorial, han permès l'obtenció d'una gran quantitat de components englobats sota el concepte funcions executives. De entre tots els models exposats, em seleccionat el plantejat per Tirapu, Cordero, Luna i Hernáez (2017) com a fonament teòric per al present treball al considerar-lo més complet i representatiu de la totalitat del components del constructe. El model s'ha fet servir tant per a explicar i delimitar els diferents elements de les funcions executives com per a seleccionar el protocol de valoració de la mostra.

Components de les Funcions Executives

Els diferents models plantejats, i les investigacions realitzades al voltant del camp de la cognició, han permès delimitar una serie de components que s'agrupen sota el concepte de funcions executives. Encara que no tots ells s'emmarquen dintre del mateix model explicatiu o teoria, la seua delimitació possibilita comprendre, més clarament, allò que, al cap i a la fi, representa aquest constructe.

Els models factorials estan basats en la extracció de les comunalitats entre els components obtinguts en avaluacions neuropsicològiques realitzades a pacients amb alteracions en aquesta area. Sota la filosofia de la factorització de les funcions executives, s'ha generat una ampla diversitat d'ells i observem una serie de similituds.

Els elements que posteriorment s'expliquen son considerats representatius de la totalitat del constructe, i, al mateix temps, també representen les comunalitats entre els diferents models factorials.

Un dels components és la velocitat de processament. Aquest element de les funcions executives pot reflectir la quantitat d'informació procesada en una unitat de temps o el temps que transcorre desde la aparició d'un estímul fins a la execució de la seua resposta (Magistro i cols. 2015). Per aquestes característiques, es considerada més una propietat del propi sistema de processament que un procés cognitiu (Rios, Periañez i Muñoz, 2004).

Si volem parlar de funcions executives és inevitable fer al·lusió a la memòria de treball. Aquesta capacitat permet enregistrar, codificar, mantindre i manipular la informació (Tirapu i cols.2017).

Alan Baddeley (2017), una figura especialment representativa en el camp de l'estudi de la memòria, planteja la memòria de treball també com un constructe limitat amb capacitat per a retenir i manipular temporalment la informació. Al seu model de memòria multicomponent ell representa les diferents formes per les que es té accés o es processa fent ús d'aquesta habilitat.

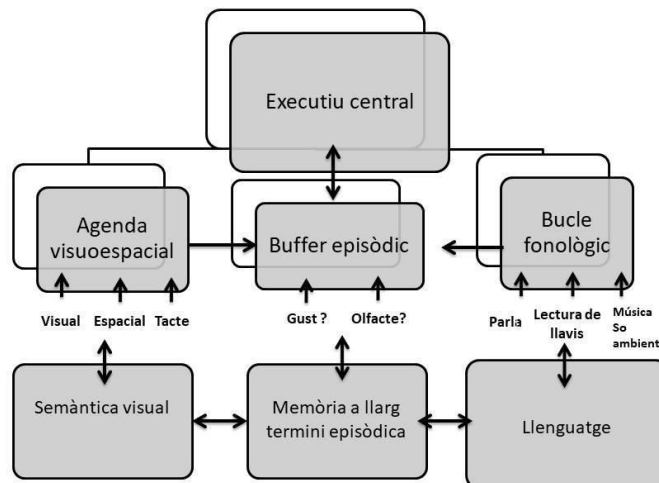


Figura 8. Baddeley, 2017. Model de memòria de treball de quatre components.

Taula. Recuperada i adaptada de Modularity, working memory and Language acquisition (2017). Pp 1-13.

Segons l'autor, la memòria de treball està conformada per un executiu central que supervisa i coordina dos sistemes d'emmagatzemament subsidiaris, i funciona de la següent manera: Per una banda, el bucle fonològic, que compta amb un magatzem d'estímul en memòria, i un procés de discurs subvocàlic, i per altra banda, es compta amb l'agenda visuoespacial que permet retenir i manipular informació d'aquestes característiques (Baddeley, 2012 en Carcamo, 2018). El flux informatiu entre els dominis verbal i visual s'expandeix cap a l'espectre de modalitats com la lectura del llenguatge de signes i dels llavis. L'agenda visuoespacial també contempla el tacte com una modalitat sensorial informativa (Truscott, 2017). A totes aquestes modalitats de processament sensorial, s'afegeix el buffer episòdic on s'integra temporalment la informació de caràcter fonològic, visual i espacial, així com altres tipus d'informació unitària i episòdica. Al mateix temps, encara que puga enregistrar-se informació amb una natura temporal i dinàmica, es manté informació que roman cristal·litzada i que involucra al magatzem de memòria a llarg termini.

El sistema plantejat per Baddeley permet explicar de manera completa i detallada com funciona i opera la memòria de treball i al mateix temps permet una delimitació de les habilitats que hem de contemplar davant la seua avaluació.

Per a Tirapu i cols, existeixen dues àrees especialment delimitades per a la gestió de la informació en memòria de treball. Ells consideren que la codificació i la manipulació de la informació es realitza en el còrtex prefrontal dorsolateral, mentre que el manteniment, selecció e inhibició de la informació es procesa al ventromedial (D'Esposito, Postle i Bradley, 2002).

Un altre component de les funcions executives és la fluïdesa verbal que permet l'accés o recuperació d'informació semàntica a la memòria a llarg termini (Fisk i Sharp, 2004). Henson, Shallice i Dolan plantegen que la rememoració d'aquesta informació permet organitzar una estratègia d'actuació (Henson, Shallice i Dolan, 1999).

A tots els elements exposats afegim els processos d'inhibició de resposta que han estat relacionats amb l'atenció selectiva i permeten el control de la interferència o distractors quan s'està executant un pla (Tirapu et al, 2017).

Un altre component de les funcions executives es la capacitat de realitzar tasques d'execució dual. Aquestes suposen un repte per a la memòria de treball del subjecte, ja que consisteixen en la realització de dues tasques simultàniament. En general, la natura d'aquest tipus de tasques sol ser, per una banda, verbal i per altra visoespacial. La possibilitat de treballar concomitantment, apropa el concepte d'execució dual al d'atenció dividida, entesa també com la capacitat de prestar atenció a diversos estímuls al mateix temps (Bate A.J, Mathias J.L, Crawford J.R, 2001).

El concepte flexibilitat cognitiva, plantejat dins del model, suposa l'adopció de diferents estratègies per a donar resposta a un entorn o demanda canviant. El paradigma més emprat per a la seua valoració es el Test de classificació de cartes de Wisconsin (Buchsbaum B.R, Greer S, Chang W.L, Berman KF.;2005).

El model també planteja la capacitat de planificació com un component de inmensa complexitat de les funcions executives. Tirapu i cols empen diferents teories explicatives per tal de donar una explicació de com funciona. Independentment de que la versió més general contemple que la planificació suposa la capacitat de realitzar assajos mentals sobre les possibles solucions i les seues conseqüències abans de provarles "al món real", s'han elaborat hipòtesis força argumentades que la complementen i detallen de manera més específica (Burgess PW, Gilbert SJ, Dumontheil I,2007). En elles es planteja, a més, la capacitat del subjecte de discernir quan la informació prové d'una font externa al subjecte o interna, com podria ser la pròpia imaginació (Christoff K, Ream JM, Geddes LP, Gabrieli JD, 2003). Em de tenir present que la natura de la informació a procesar no sempre està ubicada en el món extern, sinó que també pot ser el producte dels nostres pensaments. Aquest sistema d'entrada

d'informació supervisora permet activar diferents vies neurològiques de processament en funció del material.

L'últim component exposat al model de Tirapu i cols. és la presa de decisions considerat un factor basat en les hipòtesi del marcadore somàtic de Damasio (Verdejo i Pérez,2007). En ell, s'intenta explicar la relació entre els factors emocionals i cognitius durant la resolució de problemes. Per tant, suposa la juxtaposició de processos cognitius freds amb el processament emocional.

Els vuit factors explicats s'engloben sota el model factorial plantejat per Tirapu i cols. Els autors es basen en l'anàlisi exhaustiu de diversos estudis també basats en la factorització de les funcions executives. No obstant, e independentment de que no s'ha estudiat anteriorment, Tirapu i el seu equip d'investigació proposen un novè factor que fa referència al paradigma multitasca. Segons ells, durant una activitat d'execució dual, tan sols processem informació de dos tipus d'estímuls, però la pràctica clínica i l'estudi de les habilitats cognitives, mostren com els subjectes son capaços de dur a terme més de dos activitats a la vegada (Tirapu, Cordero, Luna i Hernàez, 2017).

Avaluació de les Funcions Executives

Els estudis factorials, elaborats amb pacients amb lesions focals, han permès identificar els components principals de les funcions executives. A la figura següent es presenta una relació entre aquests components, els seus correlats neuroanatòmics i els diferents sistemes d'avaluació que poder ser útils. Hem completat la taula amb els elements del model de Tirapu i cols (2017) per tal de reflectir, de manera més visual, els vuit components del model factorial en el que ens hem basat i, al mateix temps, generar una línia de relació amb el protocol de procediment de recollida d'informació sobre funcions executives. No obstant, hem completat les proves proposades per Tirapu, amb les que presenten Verdejo i Bechara (2010) per a estudiar les funcions que volem avaluar.

AVALUACIÓ DE LES FUNCIONS EXECUTIVES

COMPONENTS	BASES CEREBRALS	MESURES NEUROPSICOLÒGIQUES
Fluïdesa Verbal: permet l'accés o recuperació d'informació semàntica a la memòria a llarg termini	Escorça prefrontal orbital. Escorça cingulada anterior.	FAS Test de denominació de Boston. FAS en fluència verbal semàntica. Vocabulari WAIS
Velocitat de processament: Quantitat d'informació processada en una unitat de temps	Propietat del sistema, no associada a cap àrea específica.	TMT versió A i B. CPT II. Test Pasat. SymbOI Digits. Auditory consonant Tigrams (ACT). Disseny de blocs WISC
Execució dual: Realització de dues tasques al mateix temps.	Solc frontal inferior esquerre. Circumvolució frontal posterior. Circumvolució parietal inferior esquerra.	Test Stroop. Ruff 2S i 7S selective attention test.
Presa de decisions: Habilitats per a selecciona la opció més avantatjosa per a l'organisme entre un rang d'alternatives disponibles.	Escorça prefrontal ventromedial. Ínsula. Amígdala/Nucli estriat anterior.	Iowa Gambling Task. Cambridge Gamble Task (CANTAB) Tasca de Recol·lecció d'informació (CANTAB). Joc del dau. Tasca de guany de Risc Torre de Hanoi/Londres. Laberint de Porteus. Sis Elements (BADS). Mapa del Zoo (BADS). Test d'aplicació d'estratègies.
Planificació/Multitasca: Habilitat per a participar, assajar i executar seqüències complexes de conducta en un pla prospectiu.	Pol Frontal. Escorça Prefrontal dorsolateral dreta. Escorça cinglada posterior.	Test de Classificació de Targetes de Wisconsin. Test de categories. Test de traçat. Test de reversal Learning. Tasca de inhibició motora: Stroop, Stop-Signal; Go-No Go, CPT, Test dels cinc Dígits. Targetes d'inhibició afectiva: Test de desconte associatiu a la demora.
Flexibilitat: Habilitat per a alternar entre distins esquemes mentals, patrons d'execució, o tasques en funció de les demandes canviants de l'entorn.	Escorça prefrontal medial superior. Escorça prefrontal medial inferior. Escorça orbitofrontal lateral. Nucli estriat.	Test de memòria de treball (Escala de memòria de treball (Escala de Wechsler). N-Back. Generació aleatòria. Fluïdesa verbal (FAS-Animals) i de figures (RFFT). Raonament analògic (semblances-Escala de Wechsler). Tests d'intel·ligència (matrius de Raven).
Inhibició: Cancel·lació de respostes automatitzades predominants o guiades per recompenses imminents que son inapropiades per a les demandes actuals	Gir frontal inferior dret. Àrea pre-suplementària. Nucli subtalàmic. Escorça cinglada	
Actualització: Actualització i monitorització de continguts a la memòria de treball	Escorça prefrontal lateral/dorsolateral esquerra. Escorça parietal.	

Figura 9. Verdejo i Bechara, 2010. Resum que il·lustra els distints components de les funcions

executives, les seues bases cerebrals i els principals instruments d'avaluació. Taula. Recuperada i

adaptada de Neuropsicología de las funciones ejecutivas (2010). Pp 227-35.

La personalitat

Definició

El prestigiós psicòleg Gordon Allport (1965) va aportar dos conceptes especialment rellevants per a la definició de la psicologia de la personalitat. Considerava que els professionals dedicats a aquesta disciplina havien d'interessar-se especialment per la individualitat humana, i diferenciava entre dos tipus de psicologia, la nomotètica i la idiogràfica. La primera, busca lleis aplicables a molts individus. Es tracta d'un tipus de disciplina centrada en les variables que pretén entendre una característica particular de la persona (Allport, 1965). Per altra banda, la psicologia idiogràfica té com a objectiu l'estudi de l'individu com un ésser únic i entén a la persona en termes globals. Allport, més partidari d'aquesta vessant, considerava que tan sols podem entendre a la persona estudiant la individualitat dels seus propis termes. Per aquest fet, si es vol testar la personalitat d'un subjecte, és interessant centrar-se en la valoració de certs trets específics i subjektius que puguin reflectir quina és la imatge que es té de si mateix.

La teoria dels cinc grans, que posteriorment detallarem, va suposar el fonament teòric que completava aquesta visió de la psicologia de la personalitat. Com a resultat, i de manera paralela, es va elaborar el test Big Five (emprat en aquest treball per a la valoració de la personalitat de la mostra) com a sistema d'obtenció dels trets de personalitat que defineixen als subjectes.

No obstant, i tornant al tema de la definició, la multiplicitat d'aproximacions a l'estudi de la personalitat no han deixat a la conceptualització exempta de polèmica ni debats, tampoc han propiciat que hui en dia es dispose d'una versió consolidada. Per a Hall i Lindzey (1970) és impossible definir la personalitat sense haver arribat abans a un acord respecte del marc de referència teòrica dintre del qual està considerada. D'entre la gran quantitat d'estudiosos de la

psicologia que han intentat definir el concepte (per a més informació consultar a la bibliografia Allport, 1961; Chaplin,1968 i Levy,1970; Brody i Ehrlichman, 2000; Sanford, 1963;Stagner,1961; Mischel,1979), en quedem amb la definició feta per Allport:

“ La personalitat és la organització dinàmica, al interior de l'individu, dels sistemes psicofísics que determinen la seua conducta i el seu pensament característics”.

Aquesta definició al·ludeix al concepte com algo intern i no aparent externament. No queda reduït exclusivament a allò mental ni neurològic, sino que engloba també el funcionament de la ment i el cos com una unitat. També considerem que la definició contempla com els sistemes psicològics són tendències determinants que dirigeixen i motiven l'acció del subjecte i que la conducta i el pensament són exclusius i característics de cadascún dels individus. Per tant, cada persona reflecteix la pròpia adaptació a l'ambient i, al mateix temps, l'ambient influeix sobre les seues accions.

Un altre aspecte especialment rellevant per a aquest treball, a banda de poder definir el concepte de psicologia de la personalitat, és poder aportar una definició clarificadora del concepte “tret”. Bermúdez (1997) indica que es pot explicar com la tendència d'un individu a comportant-se d'una manera consistent en moltes situacions diferents, de tal manera que cada tret està relacionat amb un comportament en un conjunt de situacions. No obstant, s'ha de matisar, que els trets influeixen en el comportament respecte a algunes situacions però no en totes. Per aquesta raó, cal pensar en ells com a disposicions o tendències per a conduir-se d'una manera específica manifestada, tan sols, a les situacions apropiades. Els trets i les disposicions podrien ser considerats termes intercanviables.

Les Teories de la Personalitat

Les diferents aproximacions a la definició de personalitat són el resultat de la multiplicitat de teories que emergeixen des de diferents perspectives. A continuació es

detallen les diferents teories de la personalitat que han anat donant forma als diferents models de coneixement. Aquest ens mostren diverses maneres d'entendre aquesta àrea de la psicologia a partir d' hipòtesi de natura també diversa:

- La teoria psicodinàmica de Sigmund Freud.
- La teoria fenomenològica de Carl Rogers i Gordon Allport.
- La teoria dels trets de Raymond Cattell.
- La teoria conductual de John Locke.
- La teoria cognitiva de la personalitat de Bandura.
- La teoria integradora de la personalitat.

D'entre totes les modalitats ens hem decantat per entendre i avaluar la personalitat des d'una perspectiva el més holística possible. La teoria que més satisfia aquesta visió, ha sigut la integradora en la que es planteja com objectius: a) elaborar un model de personalitat el més ampli que possibilita la integració de les principals teories ; b) donar una definició a la personalitat a partir de la identificació dels factors o grans dimensions; c) Fonamentar la comprensió de la personalitat des d'una perspectiva evolucionista; d) oferir un model de trets que incorpore els paradigmes més actuals (Montañó, Palacios i Gantiva, 2009).

La proposta que la Teoria Integradora ens dona per a explicar la problemàtica plantejada s'ha denominat " Cinc grans trets de la personalitat" o Big Five (Caprara, Barbaranelli, Borgogni y Perugini,1993),on es distingeixen cinc factors o dimensions: Extraversió, responsabilitat, obertura a l'experiència, cordialitat, neuroticisme. L'instrument creat per a la seua avaluació és el BFQ que, a partir dels cinc factors identificats a la teoria, pretén donar compte de la personalitat de l'individu (Gómez i Zabuido, 1996).

Els Cinc Grans Factors de la Personalitat

La ciència actual manté estrets contactes amb les teories de la personalitat més antigues. Des de l'antiga Grècia fins als nostres temps, s'han anat desenvolupant un seguit ininterromput d'aproximacions al seu estudi. Empédocles (495-435 aC aproximadament) va postular la teoria dels quatre elements: aire, foc, terra i aigua que es combinaven de manera diferent al món. L'ésser humà, considerat un microcosmos dins del macrocosmos de l'univers, albergava els mateixos elements que aquest contenia, i les diferències entre els elements s'utilitzaven per a explicar les diferències interindividuals. Aquests quatre components havien d'estar en harmonia, sense destacar cap d'ells per damunt d'altres, per tal de garantir una bona salut (Sánchez i Ledesma, 2007). La doctrina liderada per Empédocles va tindre una forta repercussió a la medicina Grega posterior, dels quatre elements, Hipòcrates (460-336 a.C) va formular la teoria dels quatre humors que recorren l'ésser humà. Els humors corresponen a: la sang, la bilis groga, la bilis negra i la flegma. També considerava que l'equilibri d'aquests quatre era necessari per a una bona salut. El metge Grec, a partir del seu model, relacionava la preponderància d'un humor amb un tipus de temperament específic, establint les relacions entre la personalitat i la biologia a l'igual que les teories biopsicològiques actuals. En aquestes també s'estableix una relació entre l'equilibri químic i el psíquic. A més, va realitzar una gran aportació amb l'atribució de l'origen físic de les malalties en compte del diví.

La relació més directa amb la teoria del Cinc Grans la va fer Galè amb la vinculació entre una característica humoral i un tret temperamental específic. El metge va definir quatre personalitats bàsiques: La sanguínia, que dona lloc a un temperament alegre propi de persones optimistes socials i animades; la colèrica, corresponent a la bilis groga i que està relacionada amb un temperament irascible característic de persones amargades, impulsives e irritables; la melancòlica, pertanyent a la bilis negra i que dona lloc a un temperament més depressiu observable en subjectes pessimistes, tristes i reservades i per últim, la personalitat

flegmàtica, amb un temperament apagat present en persones impassibles, apàtiques i controladores. Sanz Silva i Avia (1999) destaquen que la influència de Galè es va reprendre als escrits de Kant i Wunt als segles XVIII i XIX respectivament. De fet, tal i com comentàvem anteriorment, la ciència actual, ha demostrat la relació entre els paràmetres psicobiològics i la conducta i, per tant, també a la contribució de la formació de la personalitat. Segons les teories anomenades a aquest apartat, destaquem així la poderosa influència i repercussió dels pensadors Grecs en les corrents més actuals del coneixement (Allport,1974).

Un aspecte especialment rellevant en l' estudi de la personalitat és l'avaluació dels trets.Els trets o disposicions, són un conjunt de components per a descriure les diferències individuals. Thomae (1990), amb les seues dades bibliomètriques, va demostrar que són centrals a la psicologia de la personalitat europea i americana.

Als estudis inicials, les anàlisis correlacionals dels instrument que mesuren els trets, indicaven dues dimensions interpretades com extraversió i neuroticisme. Aquestes dos disposicions van ser denominades els Dos Grans (Wiggins,1968). L'abundant investigació va afegir tres dimensions: cordialitat, escrupolositat i apertura, que es van convertir en els Cinc Grans (Goldberg,1981). Com a resultat d'açò, les diferències individuals a la personalitat són representades en cinc dimensions. Així, una persona específica pot ser descrita basant-nos en un perfil de cinc puntuacions.

Les Cinc Grans Dimensions de la personalitat i les seues facetes.

1. Extraversió (Surgència).	Afecte, gregarisme, assertivitat, activitat, recerca d'emocions, emocions positives.
2. Cordialitat (Simpatia).	Confiança, honradesa, altruisme, compliment, modèstia, sensibilitat.
3. Responsabilitat (Conformitat, seguretat).	Competència, ordre, obediència, lluita per l'assoliment, autodisciplina, reflexió.
4. Neuroticisme (Estabilitat emocional, inquietud).	Ansietat, hostilitat, còlera, depressió, timidesa, impulsivitat, vulnerabilitat.
5. Obertura a l'experiència (Cultura, intel·lecte).	Fantasia, estètica, sentiments, accions idees, valors.

Figura 10. Jann ter Laak, 1996. Les cinc grans dimensions de la personalitat i les seues facetes. Taula adaptada de "Las cinco grandes dimensiones de la personalidad", 1996.

Els cinc grans factors correspondrien a l'anagrama OCEAN, on cadascuna de les disposicions queda expressada en una representació espectral que aniria de baixes a altes puntuacions en aquest factor, i que suposaria la presentació d'un o altre extrem dins de la categoria. La correspondència de sigles amb els diferents factors de personalitat del model queda de la següent manera: *O* per a *Openness to Experience* (Obertura a l'experiència) on les puntuacions representen a persones des de molt imaginatives a molt convencionals; *C* *Conscientiousness* (Responsabilitat), on les puntuacions representen des de persones organitzades a espontànies; *E* *Extraversion*, on s'engloben des de les persones més obertes a les més solitàries; *A* *Agreableness* (Cordialitat), on les puntuacions representen des dels éssers més confiats fins als més competius, i finalment, *N* *Neuroticism* (Neuroticisme), on la

representació mostra des de persones propenses a l'estrès fins a aquelles emocionalment estables (McGrae, Costa i Piemont, 1990; Goldberg,1992).

Amb més detall, el concepte extraversió al·ludeix a la capacitat del subjecte per a relacionar-se amb el mon exterior. En general, es sol considerar a les persones extravertides com a felices i se'ls atribueix una experiència emocional positiva. Watson i Clarck (1997) atribueixen una biologia més sensible al plaer en aquelles persones amb aquestes característiques.

El concepte II del Big Five es la cordialitat, considerada com adaptabilitat o complacència social, pròpia de persones amigables i generoses, amb tendència a mantenir bones relacions amb la resta i que eviten la antipatia. En general, intenten no emprar el poder com a mitjà de solució per als problemes amb altres. La gent del seu voltant, les considera persones cordials i afables, simpàtiques, confiades, sensibles i col·laboradores (John,1990). Es tracta de subjectes que valoren ser servicials, comprensius i afectuosos, i que mostren tendència a reduir els conflictes a les seues relacions interpersonals (Dollinger, Leong i Ulicni,1996).

La responsabilitat (3er factor) també denominada com rectitud, serietat, control d'impulsos o voluntat d'assoliment (John,1990). És pròpia d'aquelles persones organitzades, ambicioses, i amb altes metes (McCrae i Costa,1987). Aquesta forma de procedir no competeix tan sols als àmbits acadèmics o laborals, sinó més bé, influeix en la seua forma d'enfrontar-se a qualsevol tipus de tasca.

El Neuroticisme és una dimensió que engloba a aquells individus que normalment es senten turmentats per pensaments negatius, tals com preocupacions e inseguretats. En general, solen mostrar un perfil de vulnerabilitat e inestabilitat elevada i, per contra, aquells que presenten el pol oposat al factor es mostren estables i forts emocionalment. Els individus

que presenten una baixa puntuació en neuroticisme solen ser més alegres i es consideren més satisfets amb la seua vida (DeNeve i Cooper,1998).

El cinqué factor és l'Obertura a l'Experiència al que es sol al·ludir amb termes com, artístic, curiós, imaginatiu, amb gran nombre d'interessos e intuïtiu (Sneed, McCrae i Funder, 1998). Es tracta de persones que presenten una vida subjectiva rica, amb molta imaginació i mentalitat flexible. Costa i McCrae (1994) van observar que aquests subjectes son creatius i curiosos, i que solen trobar respostes i solucions intel·ligents a les qüestions que se'ls pot arribar a plantejar. Per aquesta raó el factor V també és denominat com Intel·lecte (Goldberg,1992). Per contra, aquelles persones que puntuen baix en aquesta dimensió del Big Five, valoren molt la obediència, la seguretat i regir-se per allò tradicional (Schmutte i Ryff, 1997).

Avaluació de la Personalitat

L'avaluació de la personalitat es realitza mitjançant diferents sistemes. Amb aquest objectiu es poden emprar qüestionaris, observació directa, escales de qualificació, test objectius o tècniques projectives. Tot ells, disposen de diversos materials on basar la valoració i poder obtindre un perfil de la personalitat del subjecte en funció de la vertent que vullguem utilitzar.

Sistemes d'avaluació de la personalitat	
Autors	Sistema
L. C. Morey	PAI. Inventari d'avaluació de la personalitat.
P. Hernandez i G.A. Hernández.	TAMADUL. Qüestionari clínic de personalitat per a adolescents i adults.
R.B. Catell, A.K. Catell i H.E. Catell.	16 PF. Qüestionari factorial de la personalitat.
J.L Pinillos.	CEP. Qüestionari de personalitat.

C.Barbaranelli, G.V. Caprara y A. Rabasca	BFQ. Qüestionari de personalitat Big Five.
Benet- Martinez y John	BFI. Inventari de personalitat Big Five.
L. V. Gordon	PPG-IPG. Perfil e inventari de personalitat.
H. J. Eysenck y S. B. G. Eysenck	EPQ-R. Qüestionari de personalitat de Eysenck Revisat.

Figura 11. Taula de creació pròpia. Sistemes d'avaluació de la personalitat.

La teoria integradora en la que ens em basat, proposa el qüestionari Big Five (BFQ) com a exemple de sistema de valoració. Per aquesta raó, al nostre treball, hem emprat aquest qüestionari, entre altres.

Material i Mètodes

Seguint el sistema de classificació dels dissenys d'investigació en psicologia d'Ato, López- García i Benavente (2013) , la investigació actual es pot considerar com un estudi empíric de natura descriptiva i quasi experimental comparativa, així com correlacional predictiva. S'ha seguit una estratègia manipulativa tant transversal com longitudinal.

Anàlisis

S'han realitzat les següents anàlisis estadístiques:

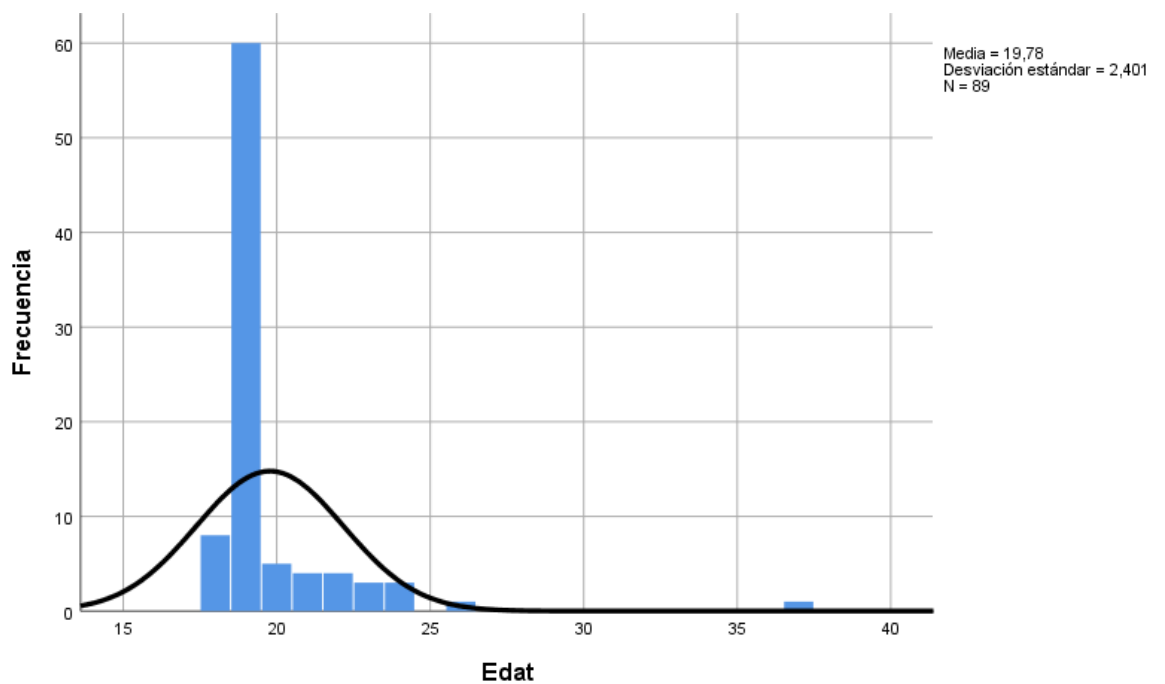
- Anàlisis descriptives univariades per a les característiques sociodemogràfiques dels participants i estadístics per a les variables de mesura de l'estudi.
- Verificació de la normalitat de les distribucions de les variables considerades mitjançant Kolmogorov- Smirnov o , en el seu cas, en funció de la mesura de la mostra, mitjançant Shapiro-Wilk.
- Taules de contingència i valoració de l'associació entre variables implicades mitjançant χ^2 quadrat.
- Correlacions bivariades mitjançant Rho de Spearman donat l'incompliment de la normalitat de les variables implicades.
- Segons compliment o incompliment de la normalitat, Proves t de Student per a grups independents, o la seua alternativa no paramètrica Mann-Whitney per a contrastar dos grups.
- Segons compliment o incompliment de la normalitat, Proves t de Student per a grups relacionats o Wilcoxon, la seua alternativa no paramètrica.
- Proves de Friedman (alternativa a l'ANOVA unifactorial intra-sujetes) per a variables independents amb més de dos condicions en cas d'incompliment de la normalitat. En el cas de comparacions a posteriori, Wilcoxon.

Totes les anàlisis estadístiques es van realitzar mitjançant el programa SPSS (V.25) d'IBM.

Participants

La investigació es va dividir en dos estudis. En el primer d'ells la mostra va estar constituïda per un total de 89 participants dels quals 73 (82%) van ser dones i 16 homes (18%). Tots ells provenien del segon curs del grau de Psicologia de la Universitat de València i cursaven estudis entre novembre i febrer del curs acadèmic 2016-2017. La mitjana d'edat fou de 19.78 anys (DT=2.40) amb una moda i mediana de 19 (de fet, 60 participants mostraren eixa edat ,si be, solament un tenia 37 anys).

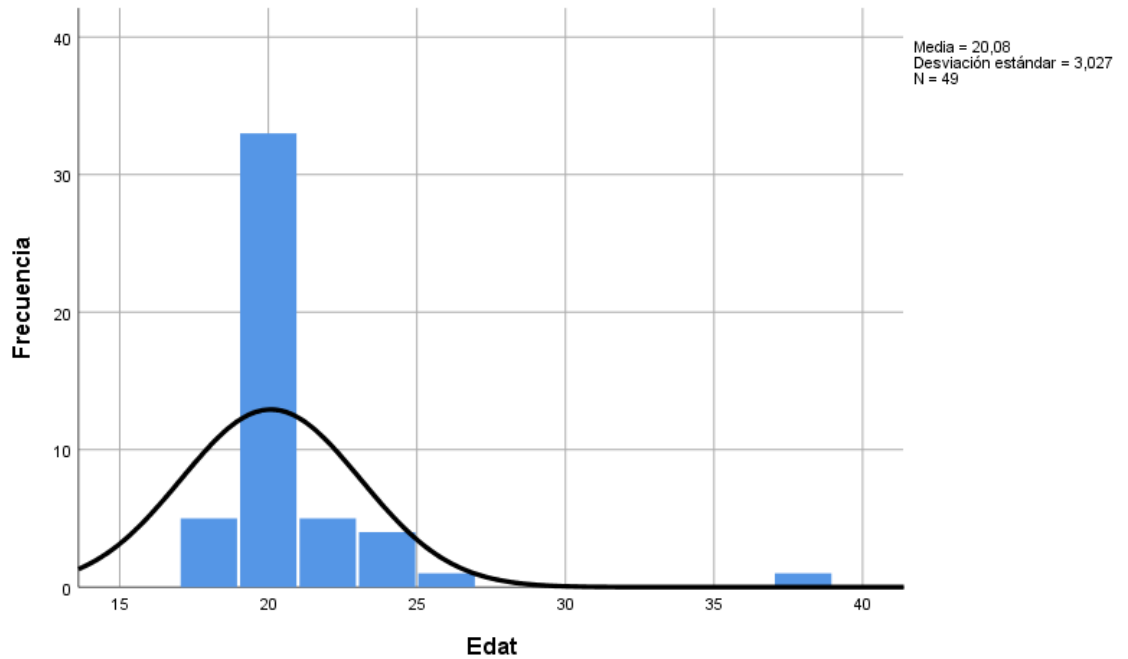
Gràfic 1. Histograma per a "Edat" (N = 89)



La mostra per al segon estudi, encara que inicialment va estar representada per un total de 196 subjectes, després d'analitzar la presència de puntuacions atípiques i procedir a la seua depuració, va quedar constituïda per un total de 183 participants. D'aquests 170 (93%) van ser dones, davant a 13 (7%) d'homes. Tots ells provenien del primer curs del Grau de Psicologia de la Universitat de València i es trobaven realitzant estudis entre el febrer i el juny

del curs acadèmic 2017-18 en el moment de la recollida de dades. La mitjana d'edat va ser de 18.07 anys (DT=0.514) , amb una moda i mediana de 18 (166 participants, 91% de la mostra, tenien aquesta edat).

Gràfic 2. Histograma per a "Edat" (N = 49)



Procediment

Els Criteris d'inclusió establerts per a la selecció de la mostra són , principalment, pertànyer al grup de 2n (en el cas del primer estudi del curs 2016-2017) i de primer del grau de Psicologia de la Universitat de València (en el 2n estudi del curs 2017-18). Per altra banda, es va considerar un motiu d'exclusió la presentació de qualsevol patologia de caràcter neurofuncional que comprometés a l'atenció o les funcions executives (TDAH, Síndrome disexecutiu, dany cerebral...), diagnosticada per un professional competent en la matèria. També es va estimar convenient excloure de l'estudi a aquelles persones que pogueren presentar algun trastorn de caràcter neuromotor que afectés a extremitats superiors o inferiors.

El total de la mostra d'ambdós estudis va signar abans d'iniciar la valoració un consentiment informat.

En el primer estudi el protocol d'avaluació es va dividir en dues fases, amb una separació temporal de dues setmanes calculada per subjecte a partir de la data d'aplicació de la primera fase. El lloc físic estava confeccionat per a que la estimulació lumínica i auditiva fora l'adequada per a la realització de cadascuna de les parts, separant en tres sales distintes els estudiants que anaven realitzant l'entrenament amb el BCI, les proves cognitives y els test de variables relacionades i de personalitat, respectivament. Tots els estudiants iniciaven el protocol realitzant una tasca amb BCI de tres *trials* amb 20 exercicis cadascun. Prèviament es procedia a la mesura entre els punts Inion i Nasion del seu crani per a un millor ajust de la col·locació del casc Enobio de 8 canals. Per a l'enregistrament vam emprar connectors secs ja que han demostrat la mateixa efectivitat per a la detecció d'ones electroencefalogràfiques que els elèctrodes humits. Aquesta característica suposava una menor incomoditat per a la mostra donat que no havia de procedir, posteriorment, a la neteja del gel líquid dels seus cabells. Els terminals estaven inserits en els canals F3, F4, C3, Cz, C4, T7, T8 i Pz d'acord amb els sistema internacional 10/20 per a l'avaluació de paradigmes d'imaginació motora. Amb aquesta ubicació obtenen informació d'àrees cerebrals frontals i regions de processament d'informació sensomotriu. Després de la col·locació del casc, es deixava als participants habituar-se a ell mentre s'estabilitzava l'electroencefalograma i mentrestant, procedíem a aplicar una relaxació progressiva de Jakobson per tal de garantir un nivell més baix de tensió i que no es produïren artefactes en la recollida de dades. Posteriorment a la relaxació i transcorreguts uns minuts, s'iniciava la prova Cursor Task amb el paradigma d'Acció/Relaxació.

La Cursor Task consisteix en una tasca de control d'un cursor mitjançant ordres emeses directament per l'acció imaginada d'una acció. Es realitza utilitzant un monitor d'una computadora, on apareix una barra final en la banda esquerra de la pantalla i un cursor, amb

moviment propi, a la banda central dreta . L'usuari ha de, mitjançant ordres mentals, controlar el moviment del cursor per a que, al final del seu recorregut, coincidisca amb la barra. Això suposava que els participants havien d'imaginar els seus braços ascendint per a aconseguir que el cursor realitzara moviments cap a dalt (instrucció *Acció* del paradigma *Acció/Relaxació*), i si el que volien era que el cursor descendís havien d'imaginar els seus braços completament relaxats (instrucció *Relaxació* del paradigma *Acció/Relaxació*). Es duien a terme un total de tres *trials* de vint entrenaments cadascun. Totes les dades electroencefalogràfiques que el subjectes emetien als elèctrodes amb la imaginació motora es transferien al software BCI 2000 mitjançant el Bluetooth que disposava el casc. Aquest programa gestionava les dades obtingudes per tal d'aconseguir que el cursor realitzara els moviments que el subjecte ordenava amb la imaginació i, al mateix temps, enregistrar els resultats del rendiment a la Cursor Task. El sistema considerava un èxit quan el subjecte havia fet coincidir el Cursor amb la barra al final del seu recorregut i un error no haver aconseguit aquest objectiu. Es contemplava com un entrenament nul aquell en que les ordres mentals, emeses per les ones cerebrals, eren confuses o ambigües per al sistema. Açò podia provocar un alentiment de la velocitat del cursor i que aquest, dins del temps dedicat a l'entrenament no poguera arribar al final del recorregut.

Posteriorment a la realització de la Cursor Task, els subjectes canviaven de sala i procedien a la realització de dues proves d'avaluació de l'atenció i les funcions executives. Aquestes proves eren el Test de Realitat Virtual Aula Nesplora i el CPT II. El primer d'ells recrea un aula on els subjectes han de realitzar una sèrie d'activitats d'atenció i el segon emprat també per a valorar aquestes altres habilitats de caire executor. No obstant, el CPT II també s'utilitza per a valorar funcions atencionals (inherents a les habilitats executives). S'apliquen dos test amb característiques relativament semblants ja que cadascun aporta informació relativament distinta dins de l'ampli rang de funcions.

Al finalitzar les proves cognitives, els participants canviaven a la tercera sala. Allí complimentaven el test Big Five, prèviament informatitzat mitjançant el software LimeSurvey. També emplenaven un qüestionari (al que vam anomenar test inicial)) amb preguntes al voltant de variables personals que a la bibliografia havien mostrat relació amb els BCI. Finalment eren citats per a acudir dues setmanes després a realitzar la segona part de l'estudi.

Transcorregut aquest temps, els subjectes tornaven al laboratori. En aquest cas, tan sols havien de realitzar els exercicis amb la Cursor Task. La mostra es va reduir a 49 participants (39 dones, 80% i 10 homes, 20%) amb una mitjana d'edat de 20.08 anys (DT:=3.03) i moda i mediana de 19 anys, com en la primera. En aquesta ocasió es va instruir als participants amb el paradigma Acció/Acció. Novament, se'ls mesurava els punts Inion i Nasion i es col·locava el casc Enobio 8 Canals amb elèctrodes en F3, F4, C3, Ca, C4, T7, T8 i Pz segons el sistema internacional 10/20 per a paradigmes d'imaginació motora. Posteriorment es procedia a l'aplicació de la relaxació progressiva de Jakobson. Les instruccions per a l'aplicació de la BCI eren les següents: si el subjecte volia que el cursor ascendira, havia d'imaginar els seus braços elevant-se i si el que volia era fer-lo descendir havia d'imaginar les puntes dels seus peus pressionades al terra (el moviment que es realitza al premer l'accelerador d'un cotxe). El procediment era similar a la primera part, on havien de fer coincidir aquest cursor amb la barra al final del seu recorregut, a diferència d'aquest cas, en que es realitzaven cinc *trials* amb 20 entrenaments cadascun, en compte dels tres executats en la primera part,. Amb aquest canvi, es pretenia observar si, a banda d'haver un procés d'aprenentatge, entre el primer i el tercer trial, es continuava l'evolució sí els trials també continuaven. Les dades de les ones electroencefàlogràfiques eren novament processades pel software BCI 2000. Novament es considerava un èxit per al programa la coincidència del cursor amb la barra al final del recorregut, un error, la no coincidència i un entrenament nul el fet de no haver culminat el trajecte. Una vegada acabada aquesta fase ens vam dedicar a procesar les dades i a plantejar com realitzariem el segon estudi.

La segona part va transcórrer durant els mesos de febrer a juny del curs acadèmic 2017-18 . La mostra escollida va ser més quantiosa (n=183). La investigació es va dur a terme a les mateixes instal·lacions de la Universitat de València on s'havia realitzat la primera. Novament, es van habilitar tres sales per a poder procedir a l'aplicació del protocol sense que poguera haver interferència per estimulació lumínica o visual. Una d'elles estava destinada a la Cursor Task, la segona a les proves cognitives i la tercera als test de personalitat i d'afrontament de l'estrès.

La mostra iniciava l'avaluació amb una execució aleatoritzada de dos paradigmes Acció/Acció. Prèviament, es procedia a la mesura dels punts Inion i Nasion i es col·locava el casc fent coincidir la meitat de la distància amb el Vèrtex. A continuació s'iniciava l'aplicació de la Cursor Task explicant la instrucció de la primera tasca/paradigma al subjecte. Com, en aquesta ocasió, els participants havien de realitzar el dos paradigmes correlatius, es va procedir a l'aleatorització de la mostra per tal d'evitar que es produirà un efecte d'aprenentatge sobre el que s'entrenara en segon lloc.

La segona estratègia, no comentada amb anterioritat, també consistia en aconseguir que el cursor coincidís al final del recorregut amb la barra . La diferència era que, en aquest cas, podia aparèixer a la banda dreta o esquerra de la pantalla i el subjecte havia d'imaginar com estrenyia la seua mà dreta o esquerra per a que el cursor agafés aquesta direcció. Si al final del recorregut el cursor coincidia amb la barra, es considerava un èxit, el contrari, un error i la no arribada un entrenament nul. Es va escollir, de nou, els software BCI 2000 per a processar la informació emesa per el Casc Enobio, gestionar la Cursor Task i procedir a donar resultats. Prèviament a la realització es practicava la Relaxació Progressiva de Jakobson mentre s'estabilitzava l'enregistrament i es comprovava que tots els elèctrodes estaven emetent informació correctament. Seguidament, els subjectes, es sotmetien a tres entrenaments de cadascun dels paradigmes.

Finalitzada aquesta primera part, els participants es traslladaven a la segona sala on es realitzaven l'avaluació cognitiva. En aquesta ocasió consistia en la fer la Wisconsin Task, una prova que ens permetia avaluar l'habilitat de canvi de set cognitiu entre altres funcions executives.

Al acabar aquesta part, es dirigien a la tercera sala on havien de procedir a complimentar els test informatitzats PSSIK (d'avaluació de la personalitat) i l'escala HAKEM d'acció control per a valorar el tipus de resposta dels subjectes davant una situació de fracàs. Finalment complimentaven el test de variables relacionades.

Enobio 8 Canals

L'ús d'una BCI en "imaginació guiada" requereix d'un sistema complet que inclou desde l'enregistrament de l'activitat electroencefalogràfica, a un sistema de Neurofeedback i l'acció pensada pel subjecte. El neurofeedback és un tipus de biofeedback que utilitza visualitzacions de EEG per tal de mostrar senyals il·lustratives de l'activitat cerebral. Aquesta visualització permet a l'usuari modular la seua activitat en temps real.

En el present estudi em utilitzat un Hardware anomenat Enobio 8 canals. L'aparell disposa d'un casc que permet la inserció del elèctrodes captadors de les ones i d'un Bluetooth 2.1 anomenat NECBOX que envia aquesta informació al PC. L'enobio possibilita diferents ubicacions on adherir els elèctrodes (entre 8 i 20 canals) seguint el sistema 10-20 de la Federación Internacional de Neurofisiologia. Aquesta guia permet optimitzar temps i garanteix una major precisió a l'hora d'ubicar les àrees d'on volem obtindre informació. La BCI disposa d'una banda ampla d'entre 0 i 125 canals; una resolució d'entre 24 bits -0.05 microVolt i un imput impedancia de 1000 *mohm* mínim. Pot ser emprada simultàniament tant per a enregistrament com per a estimulació . El casc Enobio és compatible amb Windows 7, Windows Vista, Windows XP i MAC OS X.

Les ones EEG es capten amb electrodes secs que ja han demostrat tindre la mateixa eficiència que els humits.



Figura 12. Electrode sec. Neuroelectric electrode Guide .2014

La tasca d'imaginació guiada utilitza la informació sensoriomotriu. Per aquesta raó, vam seleccionar els canals F3, F4, T7, C3, Cz, C4, T8, Pz on queden representades àrees d'activitat cerebral frontal, temporal i central.

Tota la informació captada pels electrodes s'envia a un PC per al seu processament.

Software BCI 2000

El programa BCI 2000 realitza dues funcions. Per una banda, procesa i decodifica l'informació de les EEG que rep mitjançant Bluetooth del casc Enobio i per altra, envia aquesta informació a la Cursor Task que actua com a visualitzador on el subjecte reb un feedback d'allò que està imaginant. De la mateixa manera, aquest software s'empra per a processar les dades obtingudes en la mateixa tasca i obtindre les puntuacions d'èxits i errors durant l'execució.

La Cursor Task és una activitat en la que el subjecte executa una serie d'instruccions utilitzant, únicament, la seua imaginació. L'Enobio enregistra la EEG derivada d'aquesta activitat mental i la envia al BCI 2000 per al seu processament. El visualitzador es compon d'una imatge a la pantalla de l'ordinador on el subjecte pot observar un cursor (figura en forma de cercle), al principi d'un recorregut, i una barra al final del mateix. Emprant les ordres que se li indiquen l'usuari ha d'aconseguir (només amb la ment i sense moure cap múscul) que

aquest cercle, que disposa de moviment propi, canvie la seua direcció per tal de coincidir amb la barra. Aquesta barra esta fixa durant cada entrenament pero pot variar la seua posició d'un entrenament a un altre.

En l'estudi em emprat dos versions de Cursor Task, una d'elles on el cursor apareix a l'esquerra de la pantalla i s'ha de dirigir cap a la dreta on està localitzada la barra, i l'altra on el punter està al centre i s'ha de moure cap a l'esquerra o la dreta en funció d'on aparega la barra en eixe entrenament.

Les ordres han sigut diferents en la primera y la segona part de l'estudi. A continuació procedim a detallar-les:

- En el primer estudi, on s'ha emprat la tasca en la que el cursor inicia el seu recorregut desde la banda esquerra de la pantalla, hem avaluat dos paradigmes. El subjecte havia d'imaginar els seus braços elevant-se per a aconseguir que el cursor pujara i els seus peus com si estiguera prement l'accelerador d'un cotxe per tal de que descendira (al que s'ha anomenat Paradigma Acció-Acció). A l'altre paradigma avaluat, el subjecte havia d'imaginar els seus braços elevant-se per tal d'informar al sistema de que havia de fer ascendir el cursor i els seus braços sense activitat (relaxats), per a que la figura descendera (aquest paradigma s'ha anomenat Acció-Relaxació).
- Al segon estudi, s'han emprat les dues versions de la tasca. Amb la segona mostra, s'ha tornat a avaluar el paradigma Acció-Acció del primer estudi .però també hem estudiat el paradigma Mà dreta- Mà esquerra, on la figura surt de la part central de la pantalla. Per a aquesta última, on la barra podria aparèixer tan en un punt dret com esquerre, el subjecte havia d'imaginar com estrenyia les seues mans fent concordar la mà pressionada amb la trajectòria que volia que el cursor seguira.

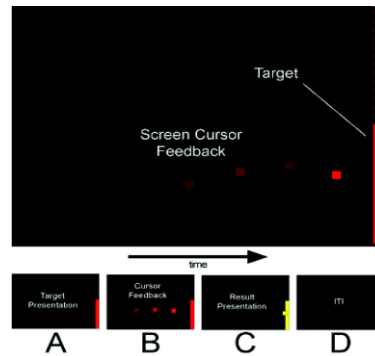


Figura 13. Elements of a feedback trial. Buch et al. 2008

Test de Realitat Virtual Aula Nesplora

Aula és un test orientat a lavaluació de l'atenció, la impulsivitat, la velocitat de processament i l'activitat motora especialment emprat en xiquets i joves fins a 16 anys. La seua administració ens proporciona informació de la qualitat atencional dels participants.

L'esmentat test recrea, mitjançant un entorn virtual, el context d'una aula i reproduceix els elements distractors als quals pot estar sotmesa una persona en aquest espai. La prova consisteix en la realització de dos tasques, una d'elles suposa una sobreestimulació (tasca hiperestimulació) i permet valorar la capacitat d'inhibició de resposta de l'individu. L'altra prova sotmet al subjecte a una hipoactivació atencional, (tasca hipoactivació) valorant, en aquest cas, la seva capacitat per romandre atent a activitats més monòtones i repetitives. Durant la realització de la prova es sotmet al participant a una gran varietat de distractors tant de naturalesa visual (el professor es mou per l'aula, llancen una bola de paper...), com auditiva (pasa un ambulancia, un company li crida ...) que posen a prova la seva capacitat atencional. De la mateixa manera, les ulleres utilitzades perquè s'endinse en l'entorn virtual porten instal·lats un seguit de sensors que permet enregistrar i valorar els moviments del cap. Per la seva forma (similar a l'entorn d'una aula i el transcurs d'una classe), aquesta prova permet obtenir resultats amb una major validesa ecològica que els test de llapis i paper.

Aula Nesplora utilitza diferents tipus de medicions, estímuls i paradigmes per a avaluar l'atenció sostinguda i la impulsivitat. Al final de la administració completa, el sistema informàtic emet uns resultats quantitius i uns gràfics que permeten interpretar el rendiment del subjecte respecte a una puntuació mitjana.

Com hem comentat amb anterioritat, la valoració consta de dos tipus d'exercicis. Al primer d'ells es presenten objectes i l'estímul diana és una poma. El subjecte ha de respondre (prémer el polsador) sempre menys quan veja a la pissarra o escolte l'estímul "poma". El participant ha de mantenir un elevat estat d'alerta i utilitzar la seva memòria de treball. A partir d'aquest mecanisme de resposta avaluem la execució/inhibició.

Al segon exercici l'estímul diana és el número "set" i el conjunt general d'estímuls són altres números. El subjecte ha de polsar, única i exclusivament quan veja a la pissarra o escolte el número. Per les seues característiques, en aquesta tasca es presenta una taxa més baixa d'estímuls diana a polsar el que, encara que supose que la persona haja romandre atenta, es produeix una menor demanda de estat d'alerta i memòria de treball. Paral·lelament, es posa a prova la tendència a la distracció, ja que, és molt més probable que es pugui donar en aquest exercici.

Per tant, els paradigmes analitzats són :*paradigma X-no* (tasca hiperestimulació) al que s'ha de respondre sempre que no aparega l'estímul diana, i *paradigma X*, que implica respondre sempre que aparega un estímul determinat (tasca hipoactivació). La mesura de la velocitat de processament s'obté calculant el temps de reacció en milisegons. El sistema informa d' aquesta variable com mitjana general davant encerts, davant distractors y sense distractors. A més informa també del rendiment amb la presència d'estímuls auditius i visuals per tal d'obtindre les diferències qualitatives i quantitatives.

El sensor de moviment permet enregistrar cap on està mirant el subjecte quan estan presents els estímuls diana i, per tant, permet saber si està sotmès a distractors interns o no.

Es considera que si està mirant a la pizarra quan ha de respondre i no ho fa és per que hi ha pensaments que el distrauen de l'activitat. Al mateix temps, els gràfics d'empremta de rastreig visual mesuren la distància de la mirada respecte al focus atencional.

El programa ofereix uns índex de rendiment en base a una serie de variables (Figura 14) :

- Omissions: es consideren aquells items on el subjecte ha de respondre a l'estímul diana i no ho fa.
- Comissions: el subjecte respon , activant el polsador sense estar present l'estímul diana.
- Mitjana del temps de resposta: temps mitjà que triga el subjecte en donar una resposta després de l'aparició de l'estímul diana
- Desviació típica de temps de resposta sobre encerts totals: Ens dona informació al voltant de la variabilitat o inconsistència de resposta. Aquest aspecte està relacionat amb un descens en la vigilància.
- Activitat motora: el sistema ens aporta un gràfic on queden reflectits els diferents moviments del cap del subjecte durant la realització de la prova.
- Comparació en funció del canal sensorial: El sistema ens informa del rendiment del subjecte davant estímuls auditius i visuals.
- Qualitat del focus d'atenció: ens dona informació al respecte del rendiment davant estímuls visuals quan el subjecte no està desviant l'atenció del focus. També em anomenat a aquesta variable "distractors interns".

La resta de variables que utilitza el sistema son necessàries per a elaborar càlculs sobre les variables principals.

Data de Naixement
Sexe
Omissions totals
Comissions totals
Mitjana TR_ Encerts total
Activitat motora general
Omissions visuals
Comissions visuals
Mitjana TR_ Encerts visuals
Desviació típica TR Encerts visuals
Omissions auditives
Comissions auditives
Media TR_ Encerts auditius
Desviació típica TR_ Encerts Auditius
Omissions amb distractors
Comissions amb distractors
Mitja TR_ Encerts amb distractors.
Desviació Típica TR_ Encerts amb distractors.
Activitat motora sense distractors
Omissions tasca X-NO
Comissions tasca X-NO
Mitjana TR_ Encerts tasca X-NO
Activitat motora Tasca X-NO
Omissions tasca X
Comissions tasca X
Mitja TR_ Encerts tasca X
Desviació típica TR_ Encerts tasca X
Activitat motora tasca X
Errors totals (omissions + comissions) visuals comesos durant tasca X_ NO mirant cap a la pissarra.
Errors totals (omissions +comissions)visuals comesos en la tasca X mirant cap a la pissarra.

Figura 14 “ Variables resultants Test Aula Nesplora” Taula de creació pròpia.

Test CPT II

El test CPT II és una prova psicomètrica estandarditzada que avalua atenció sostinguda, selectiva, capacitat d'inhibició de resposta i memòria de treball. Desenvolupat per C. Keith Connors al 1994 es pot aplicar a subjectes a partir de 6 anys. La quantitat de dades estadístiques e informació que ofereix el sistema una vegada administrat el test, el converteix en una eina força avantajosa en el camp de la investigació.

La prova consisteix en la presentació en la part central d'una pantalla d'ordinador d'un seguit de lletres que apareixen una a una durant aproximadament 15 minuts. El subjecte ha

de premer la barra de l'espai del teclat cada vegada que aparega qualsevol lletra menys quan veja la lletra "X". En aquest cas haurà d'inhibir la resposta.

La prova s'aplica en diferents segments (un total de 18) on els exercicis varien en funció del temps de distanciament entre la presentació d'un estímul i el següent.

Es considera un test d'atenció continuada ja que implica que el subjecte romanga alerta durant el 15 minuts aproximats de durada, responent de manera constant a tots els estímuls menys a aquells que , per instrucció , ha d'obviar la resposta.

Una vegada administrada, el sistema trasllada tota la informació a un informe on figuren un seguit de variables relacionades amb l'atenció i objecte d'avaluació, i les dades quantitatives resultants del rendiment del subjecte en la prova. Al mateix temps, en aquest informe, també s' aporta la interpretació d'aquests estadístics, informant de si recauen en paràmetres patològics o no.

Les variables que utilitza el CPT II per a informar de l'atenció global del subjecte atenen a tres àrees, inatenció, impulsivitat i vigilància. Algunes d'elles s'empren per a poder informar del rendiment en dos àrees diferents. A continuació detallem quines són:

A) Inatenció:

- Omissions: (OM) Són el resultat de l' absència de resposta davant l'estímul (target).
- Comissions (CO) són el resultat d' equivocar-se al oprimir el pulsador davant l'estímul diana.
- Hit Reaction Time: (HRT) es tracta de la velocitat mitjana de resposta en el total de la prova.
- Hit Reaction Time Standard Error: (HRTSE) és una mesura de la consistència en la velocitat de resposta. A major puntuació en aquesta variable, major es la inconsistència.

- Variabilitat: (VA) es tracta d'una mesura molt semblant al HRTSE, però mentre que aquest informa de la consistència de resposta respecte al total de respostes donades pel subjecte al test, la Variabilitat informa de la consistència en resposta en cadascun dels 18 segments administrats.
 - Detectabilitat: (d') Informa de la capacitat del subjecte per a discernir quan ha de respondre i quan no.
 - Hit Reaction Time by Inter-Stimulus Interval: (HRTISI) Aquesta mesura examina els canvis de reacció promedis als diferents intervals de temps entre estímuls.
 - Hit Standard Error Inter-Stimulus Interval: (HSEISI) mesura el canvi a l'error estàndard dels diferents temps de reacció als diferents intervals interestímuls.
- a) Impulsivitat:
- Comissions: (CO) són el resultat d'equivocar-se al oprimir el pulsador davant l'estímul diana.
 - Hit Reaction Time: (HRT) es tracta de la velocitat mitjana de resposta en el total de la prova.
 - Perseveracions: (PER) es considera una perseveració, tota resposta que dona el subjecte amb un temps menor als 100 milisegons .
- b) Vigilància:
- Hit Reaction Time Bloch Change: (HRTBCH). Ens informa de la qualitat de la vigilància durant la prova, valorant i mesurant el temps de reacció del subjecte durant el seu rendiment.
 - Hit Standar Error Block Change:(HSEBCH) l 'error estándar contempla la coherència en la resposta durant la prova.

Inventari de Personalitat Big Five

Es crea com un instrument breu d'avaluació de la personalitat. La versió original produïda als anys 70 està en anglès però uns anys més tard es realitza una adaptació en Castellà (Martinez-Benet i John, 1998). En ambdues versions el test es compon d'un total de 44 ítems amb una escala Likert de 5 punts, on una puntuació d'1 significa molt en desacord i 5 molt d'acord.

- El test avalua els 5 grans factors de personalitat (corresponents a les sigles OCEAN): Obertura a l'experiència, Responsabilitat, Extraversió, Agradabilitat i Neuroticisme. Cadascuna d'elles, al mateix temps, té assignades una serie de facetes organitzades de la següent manera:
 - Obertura a l'experiència: Fantasia, estètica, sentiments, accions idees, valors.
 - Responsabilitat: Competència, ordre, obediència, lluita per l'assoliment, autodisciplina, reflexió.
 - Extraversió: Afecte, gregarisme, assertivitat, activitat, recerca d'emocions, emocions positives.
 - Cordialitat: Confiança, honradesa, altruisme, compliment, modèstia, sensibilitat.
 - Neuroticisme: Ansietat, hostilitat, còlera, depressió, timidesa, impulsivitat, vulnerabilitat.

L'inventari Big Five, empra ítems curts amb frases molt breus per a evitar malinterpretacions.

Per tal de facilitar-ne la seua aplicació, en l'estudi vam utilitzar una versió informatitzada mitjançant la plataforma LimeSurvey de la Universitat de València que permet la realització d'enquestes en línia. Els resultats de l'aplicació es processaven seguint les fórmules de correcció que empra la prova de llapis i paper i la puntuació final era comparada amb els barems de la prova original.

Test de Variables Relacionades amb Us de la BCI

En el marc teòric d'aquesta Tesi vam comentar la influència de certes costums , hàbits o rutines del subjecte sobre el rendiment en la BCI. Per al nostre estudi, vam generar una bateria de preguntes al voltant d'aquestes qüestions, per tal d'obtenir informació més exhaustiva de les activitats que el subjecte realitzava. El test Annexe es va presentar de manera informatitzada mitjançant la plataforma LimeSurvey i contenia preguntes que, en la seua majoria , tenen una resposta dicotòmica, altres on el subjecte havia de valorar de 0 a 10 quan s'adequava el seu perfil a la resposta o inclús alguna pregunta oberta on es plantejaven número de hores diàries dedicades a activitats que poden influir en el rendiment en la Cursor Task.

Wisconsin Task

Els autors del manual són Robert K. Heaton, Gordon J. Chelune, Jack L. Talley, Gary G.Kay i Gleen Curtiss. La seua aplicació és individual i es pot usar a edats d'entre els 6 i els 89 anys. Disposa de puntuacions típiques per edats per a cadascuna de les variables de la prova.

Originàriament, aquest instrument ha estat creat per a avaluar el raonament abstracte i l'habilitat per a canviar d'estratègies cognitives en funció de respostes a eventuals modificacions ambientals (Berg, 1948; Grant i Berg, 1948), el que també anomenem canvi de set cognitiu o flexibilitat cognitiva. Per a poder resoldre de manera factible el Wisconsin s' ha de disposar de bones condicions a l'hora de planificar, fer indagacions organitzatives, utilitzar el feedback ambiental per a canviar d'esquemes, bona capacitat per a orientar la conducta cap a l'assoliment d'un objectiu i la modulació de les respostes impulsives (Chelune i Baer,1986).

El Wisconsin está conformat per quatre targetes estímulo i 128 targetes (dos blocs de 64 targetes) que contenen figures de diverses formes (creus, cercles, triangles o estrelles) i colors (blau, groc , verd o roig).

La manera comuna d'aplicar-lo consisteix en col·locar d'esquerra a dreta les quatre targetes estímulo davant del subjecte ordenades de la següent manera: un triangle roig, dos estrelles verdes, tres creus grogues i quatre cercles blaus. Posteriorment oferim als subjecte un dels blocs amb 64 targetes i li indiquem que ha d'aparellar , amb el criteri que ell considere, cada tarjeta del bloc amb una de les targetes dels estímulo que estan al davant d'ell. Es donarà retroalimentació de l'èxit o error de l'aparellament cada vegada que el subjecte deposite una carta, sense donar-li cap informació al respecte de la categoria que ha de tenir present per a classificar-la. En el moment que ha donat suficients respostes consecutives correctes d'acord a una categoria establida, que inicialment es la de color, es canvia el criteri, sense cap avís, a la següent categoria. El subjecte ha d'emprar el feedback que rep de l' examinador per a establir el nou criteri de classificació. Les targetes estan numerades a l'angle inferior del revers per tal de garantir que la presentació es puga fer, en tots els casos, sempre en el mateix ordre.

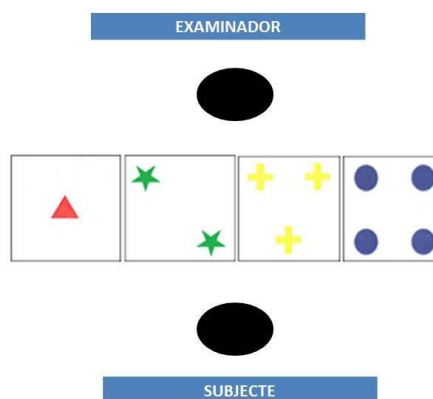


Figura 15. Orientació de les targetes-estímulo Test de cartes de Wisconsin. Elaboració pròpia.

Al Wisconsin, les respostes del subjecte han de ser considerades com si ocorregueren en tres dimensions separades i, per aquesta raó, avaluades en cadascuna d'elles. Es tenen presents, per tant, les següents dimensions : correcte- incorrecte, ambigu-no ambigu i perseveratiu-no perseveratiu.

Atenent a la primera de les tres dimensions, es considera correcta cada resposta que correspon a la categoria de classificació establerta i errònies a aquelles que no corresponen. S'interpreten com no-ambigües les associacions de targetes que s'aparellen amb altres atenen a una i solament una de les característiques, de tal manera que per a l'examinador/a, la categoria escollida per el subjecte pot coincidir amb l'aparellament. No obstant, com es pot deduir per les característiques de la prova, les targetes poden ser aparellades en més d'una dimensió. Per exemple, quan una targeta- resposta amb quatre cercles blaus, es aparellada amb l'estímul que presenta un quadrat blau. En aquestes situacions on és difícil per a l'examinador/a esbrinar si el subjecte ha classificat la tarjeta segons la categoria color o la categoria forma considerarem la resposta com ambigua. Per últim, quan el subjecte persisteix en respondre a una característica de l'estímul que no es correcta, la resposta es considera una perseveració cap a aquest criteri i se li concedeix la interpretació de perseverativa amb les deu respostes consecutives correctes. Al desconèixer que l'examinador/a ha canviat la categoria de classificació, existeix una alta probabilitat de que continue responent d'acord amb els criteris anteriors. El moment més habitual en el que es cometen errors de caràcter perseveratiu és després d'haver completat una categoria. Qualsevol de les classificacions possibles (Forma, Nombre, Color) poden ser perseverades. Per altra banda, quan el subjecte comet el primer error no ambigu es considera la resposta com no- perseverativa.

Paral·lelament, en la valoració final de la prova es tindrà present quantes categories ha pogut completar el subjectes. El número de categories completes es el número de seqüències

de deu respostes correctes consecutives seguint el criteri de classificació que pertoca en eixe moment. Les puntuacions en aquest apartat, poden variar entre 0 i 6 .

El Test de Wisconsin considera, com un indicador de la capacitat de conceptualització del subjecte, el número total d'intents per a completar correctament la primera categoria.

Una vegada administrat el test es procedeix a l'obtenció de les puntuacions mitjançant les taules de barems, on localitzarem les puntuacions apropiades per a cada subjectes tenint present la seua edat o la combinació d'edat i estudis (si el subjecte té 20 anys o més). A partir dels resultats finals obtenim un perfil de rendiment individual.

Les dimensions en les que s' engloba queden resumides en la següent taula:

DIMENSIÓ	INTERPRETACIÓ
Num. d' intents administrats	Número d'encerts mes número d'errors comesos , és a dir, número total de respostes donades pel subjecte.
Respostes correctes	Associa correctament la targeta amb l'estímul corresponent per categoria.
Num. total d' errors.	Nombre total de targetes no associades correctament amb la targeta estímulo de la categoria pertinent.
Percentatge d'errors.	Es calcula dividint la puntuació directa del número d'errors entre el número d'intents realitzats i multiplicat per 100.
Respostes perseveratives	Número total d'errors reiteratius comesos. ES considera un error reiteratiu la repetició del mateix patró de resposta erroni després d'una equivocació.
Percentatge de respostes perseveratives	Es calcula dividint la puntuació directa del número de respostes perseveratives entre el número d'intents realitzats i multiplicat per 100.
Errors no perseveratius	El primer error comès a partir d' haver proporcionat una resposta correcta.

Percentatge errors no perseveratius	Es calcula dividint la puntuació directa del número d'errors no perseveratius entre el número d'intents realitzats i multiplicat per 100.
Respostes de nivell conceptual	Número total de les respostes correctes que apareixen en grups de tres o més.
Percentatge respostes de nivell conceptual	Es calcula dividint la puntuació directa del número de total de respostes correctes en grups de tres en tres entre el número d'intents realitzats i multiplicat per 100.

Test PSSI-K

El test PSSI-K es un test de personalitat creat per Julius Kuhl i Miguel Kazen conformat per un full de perfil i un joc de plantilles. En el nostre cas , hem emprat una versió informatitzada mitjançant el programa LimeSurvey per tal de facilitar la seua administració i posterior obtenció de dades en una mostra tan ampla com la que es disposa per a aquest estudi. La digitalització del test no ha canviat la seua natura, el subjecte, en compte de llegir i emplenar el full de respostes, ho feia directament a l'ordinador.

El format d'aplicació es individual o en grup i requereix d'un temps aproximat de vint minuts. La població en la que es pot aplicar es troba entre la franja d'edat de 14 a 82 anys.

Mitjançant l'emplenament es mesura la força relativa dels Estil de Personalitat que contempen des d'una franja normal no patològica a els trastorns de la personalitat descrits en diferents Manuals Psiquiàtrics com ara DSM IV-TR i CIE-10. El qüestionari ofereix informació específica d'un total de 14 estils de personalitat que detallem a continuació (en parèntesi es troben els trastorns corresponents). :

1. Estil voluntariós (Trastorn Paranoide; PN).
2. Estil reservat (Trastorn Esquizoide; SZ)

3. Estil premonicional (Trastorn Esquizotípic; SZ).
4. Estil Espontani (Trastorn Límit; BL)
5. Estil Amable (Trastorn Histriònic; HI).
6. Estil Ambiciós (Trastorn Narcisista; NA)
7. Estil Autocrític (Trastorn Insegur, SU).
8. Estil Leal (Trastorn Dependent ;AB).
9. Estil Diligent (Trastorn Obsessiu; ZW).
10. Estil Crític (Trastorn Negativista; NT)
11. Estil Passiu (Trastorn Depressiu; DP).
12. Estil Servicial (Trastorn Auto Sacrificat ; SL).
13. Estil Optimista (Trastorn Rapsòdic; RH).
14. Estil Assertiu (Trastorn Antisocial; AS).

Els 10 primers estils i l' estil 14 corresponen també a aquells que podem trobar Manual DSM IV-TR mentre que l'11, 12 i 13 son exclusius de l'inventari PSSI-K

El qüestionari conté un total de 56 afirmacions que el subjecte a d'avaluar si s'apliquen a la seua persona "en res", "un poc", "majorment" o "completament". Les qualificacions per escala s'obtenen de la suma dels valors donats als items corresponents (0=res; 1=un poc;2=majorment;3=completament).Hi ha una serie d'items que s'han de processar a la inversa, és a dir, es resta del total de la puntuació per a eixa escala, la puntuació obtinguda en eixe item específicament. El qüestionari atorga un màxim de 12 punts per escala.

Test HAKEMP-90

El qüestionari investiga hipòtesis sobre el grau de control de l'acció després de l'experiència de fracàs. L' exploració es fa tant en els processos de planificació i decisió de l'acció com en l'execució d'una activitat. Els reactius del HAKEMP-90 han estat formulats de tal forma que són apropiats per a aplicar-los a subjectes a partir de 12 anys.

El qüestionari HAKEMP-90 consta de 2 escales denominades AOF (corresponents a les sigles en anglès de Action Orientation after Failure) i AOD (Action Orientation in Decision) . Cadascuna d'elles identifica diferents tipus de disposicions del subjecte cap a la tasca. En AOF s'informa de la orientació a l'acció/al estat posterior a un fracàs en la tasca, mentre que en AOD s'identifica la orientació a la acció o al estat en la planificació i en la decisió de l'acció.

La escala AOF és especialment fiable per a predeir el dèficit d'execució generalitzada que s'observa després de l'experiència de fracàs ("Indefensió apresada"). En oposició a la teoria de M. Seligman que postula que l'experiència del fracàs amb una tasca particular condueix a expectatives devaluades respecte a les possibilitats d'aconseguir l'èxit i a dèficits motivacionals amb relació a tasques de tipus diferent, Julius Kuhl i Miguel Kazen suposen que el dèficit d'execució ocorre perquè s'ha afectat el "control de l'acció", és a dir, les persones orientades a l'estat (amb qualificació per baix de la mitjana a la escala AOF), al perseguir una nova meta (p. Ex. la resolució d'una prova que requereix concentració) tenen menor control sobre l'ocurrència de pensaments relacionats amb "estats" interns i externs que sorgeixen com a resultat de l'experiència de fracàs recent. Açò interfereix amb la seva execució eficient en la nova tasca. Kuhl i Kazen no han observat expectatives de fracàs generalitzades ni dèficits motivacionals respecte a la nova activitat (de tipus diferent). Kuhl (1981) ha obtingut evidència experimental que mostra que els dèficits d'execució subsegüents a la inducció del fracàs es produeixen únicament a les persones orientades a l'estat. Les persones orientades a l'acció no presenten dèficits de cap tipus.

La escala AOD mesura el grau en el que una persona pot estar "inmersa" en una activitat sense que la seva atenció es desvie de la seva execució (suposadament l'atenció es

desvia perquè la persona pensa casi constantment en la meta per aconseguir o en alguna altra d'acció). Es pot concebre l'AOD com una mesura del "enfocament intrínsec" en l'activitat, en contrast amb l'activitat "orientada en obtenir la meta". En situacions que demanden de la solució de problemes complexos, l'enfocament en l'activitat és més eficaç, motivant, optimista i més tolerant d'ambigüitats situacionals que l'enfocament orientat a aconseguir la meta (Kuhl & Wassiljew, 1985).

Una vegada administrat el qüestionari i amb la finalitat d'identificar el perfil del subjecte, les dues escales principals, en les que es fonamenta el test, es subdivideixen en dues escales específiques. Les puntuacions obtingudes en aquestes subdivisions, tenen assignada, al mateix temps, una franja de puntuacions dins dels barems, per a poder interpretar els resultats de la informació recabada. La escala AOF es subdividirà en SOF (orientació a l'estat després del fracàs) i OAF (Orientació a l'acció després del fracàs). La interpretació dels resultats implica que els subjectes que presenten puntuacions per baix de la mitjana en AOF presentaran la anomenada orientació a l'estat posterior al fracàs i que, aquells subjectes que obtinguen puntuacions per damunt de la mitjana en AOF mostraran una orientació a l'acció després del fracàs.

La escala AOD es subdividirà en SOD (Orientació a l'estat en la decisió i la iniciativa) i OAD (Orientació a l'acció en la decisió e iniciativa). Les puntuacions per baix de la mitjana en AOD informen de que el subjecte presenta una major orientació cap a l'estat en aquesta variable mentre que les puntuacions altes en AOD informen d'orientació cap a l'acció en la decisió e iniciativa.

L'emplenament del HAKEMP-90 ens permet obtenir informació de la disposició i capacitat del subjecte per a enfrontar-se a un fracàs en la tasca. L'aplicació de la Cursor Task suposa obtenir un feedback constant de rendiment i entenem que l'estil d'afrontament pot tenir una implicació clara en l'execució.

El paper que té l'acció davant la orientació cap a l'estat o l'acció ens parla, al cap i a la fi de com les persones lidien amb l'esgotament i l'autocontrol dels seus propis recursos. Es concep l'autocontrol com una capacitat esgotable i s'espera que les persones orientades a l'acció continuaran assignant-los i, per tant, obtindran un millor rendiment que les persones que s'orienten cap a l'estat.

Resultats

Primer estudi.

Aprenentatge entre els diferents entrenaments dels paradigmes Acció-Relaxació i Acció-Acció.

Primerament es va verificar el compliment de la normalitat de les mesures als percentatges d'èxit dels tres entrenaments del paradigma Acció /Relaxació (A/R) mitjançant Kolmogorov-Smirnov (que a partir d'ara anomenarem KS) . A la Taula 1 es reflecteixen els resultats d'aquestes proves per a A/R i per a Acció-Acció (A/A).

Taula 1

Diagnòstic de normalitat (KS) dels percentatges d'èxit al BCI (paradigmes A/R y A/A Cursor Task.)

	Acció-Relaxació			Acció-Acció				
	% Èxit 1	% Èxit 2	% Èxit 3	% Èxit 1	% Èxit 2	% Èxit 3	% Èxit 4	% Èxit 5
N	87	87	87	49	49	49	49	49
KS	0,130	0,109	0,111	0,175	0,149	0,147	0,130	0,156
p	,001	,012	,010	,001	,008	,010	,038	,004

Després d'aplicar la prova KS, cap de les distribucions de les variables BCI es va ajustar a la normalitat, en cap dels paradigmes .

Prova de Friedman entre las Tres Condicions del Paradigma A/R en Procés d'Aprenentatge.

Verificat l'incompliment de la normalitat, es va aplicar una prova de Friedman (equivalent a l' ANOVA unifactorial intrasubjectes). A continuació, a la Taula, es reflecteixen els estadístics descriptius bàsics per als tres entrenaments en A/R.

Taula 2

Estadístics descriptius (N = 87) per als percentatges d'èxit en Cursor Task (paradigma A/R).

Variable (<i>Cursor Task</i>)	Mitjana	DT
% Èxit 1	50,00	11,22
% Èxit 2	51,40	14,78
% Èxit 3	51,06	13,71

Els resultats mostraven absència de diferències estadísticament significatives ($\chi^2=.123$; $p=.940$). Conseqüentment, no hi ha diferències al paradigma A/R en procés d'aprenentatge a les tres condicions considerades.

Prova de Friedman entre las Tres Condicions del Paradigma A/A en Procés d'Aprenentatge.

Novament vam aplicar Friedman per al paradigma A/A (tres condicions) en procés d'aprenentatge. A la Taula 3 s'exposen els descriptius bàsics per als tres entrenaments en A/A.

Taula 3

Estadístics descriptius (N = 49) para los percentatges d'èxit en Cursor Task (paradigma A/A, tres condicions)

Variable (<i>Cursor Task</i>)	Mitjana	DT
% Èxit 1	53,37	12,84
% Èxit 2	54,94	13,46
% Èxit 3	59,04	15,63

No vam obtindre diferències estadísticament significatives ($\chi^2=3.307$; $p=.191$). No obstant, es van realitzar proves aparellades a posteriori mitjançant Wilcoxon (equivalent no paramètrica a la *t* de Student per a grups relacionats) . Es va detectar una diferència estadísticament significativa entre els grups extrems (Taula 4). En concret, les dades en termes de mitjanes van ser superiors per al tercer entrenament (veure mitjanes a la Taula 2).

Taula 4. Comparacions aparellades (Wilcoxon; N = 49) per a els percentatges d'èxit a la Cursor Task (paradigma A/A, tres condicions)

Comparació	Z	p
% Èxit 2 - % Èxit 1	-0,829	,407
% Èxit 3 - % Èxit 1	-2,142	,032
% Èxit 3 - % Èxit 2	-1,833	,067

Per tant, si hi ha diferències significatives al paradigma A/A en procés d'aprenentatge entre les condicions 1 i 3.

Prova de Friedman entre les Cinc Condicions del Paradigma A/A en Procés d'Aprenentatge.

Vam aplicar Friedman per al procés d'aprenentatge del paradigma A/A, però amb cinc condicions. A la Taula 5 s'exposen els estadístics bàsics per als cinc entrenaments en A/A.

Tabla 5
Estadístics descriptius (N = 49) per a els percentatges d'èxit en Cursor Task (paradigma A/A cinc condicions)

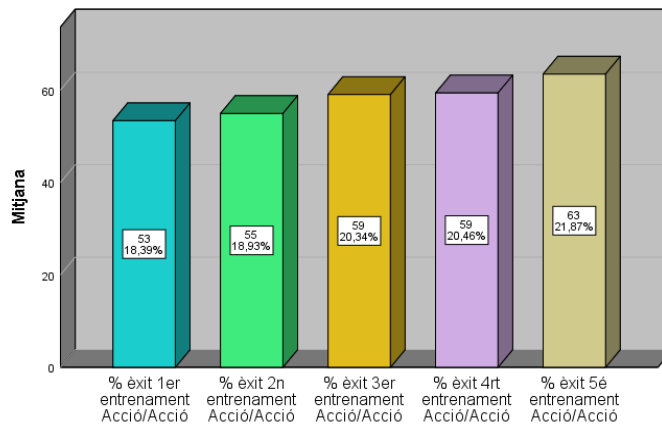
Variable (Cursor Task)	Mitjana	DT
% Èxit 1	53,37	12,84
% Èxit 2	54,94	13,46
% Èxit 3	59,04	15,63
% Èxit 4	59,39	17,00
% Èxit 5	63,47	16,15

Es van detectar diferències estadísticament significatives ($\chi^2_4 = 14.45$; $p = .002$) a nivell global mitjançant Friedman. A continuació, es van realitzar proves post-hoc aparellades amb Wilcoxon. Els resultats van mostrar (veure taula 6) diferències estadísticament significatives entre els entrenaments 1er i el 3er ($Z = -2.14$; $p = .032$); entre 1er vs 4rt ($Z = -2.05$; $p = .040$); 1er vs 5é ($Z = -3.36$; $p < .001$) i el 2n vs 5é ($Z = -3.42$; $p < .001$) i, per últim, el 4rt vs 5é ($Z = -2.52$; $p = .012$).

Taula 6

*Comparacions aparellades (Wilcoxon; N = 49)
per als percentatges d'èxit en Cursor Task
(paradigma A/A, cinc condicions),*

Comparació	Z	p
% Èxit 1 - % Èxit 2	-0,829	,407
% Èxit 3 - % Èxit 1	-2,142	,032
% Èxit 4 - % Èxit 1	-2,052	,040
% Èxit 5 - % Èxit 1	-3,358	,001
% Èxit 3 - % Èxit 2	-1,833	,067
% Èxit 4 - % Èxit 2	-1,649	,099
% Èxit 5 - % Èxit 2	-3,424	,001
% Èxit 4 - % Èxit 3	-0,117	,907
% Èxit 5 - % Èxit 3	-1,610	,107
% Èxit 5 - % Èxit 4	-2,518	,012



**Correlacions Bivariades entre les Variables d'Aprenentatge (BCI) i les Atencionals (Totals)
Aula NESPLORA.**

Prèviament es va verificar el compliment de la normalitat de les variables implicades (M A/R: Mitjana de les tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció; CT : Concentració Total; IT : Inhibició Total; MT RT: Mitjana de temps de Resposta Total; TR CT: temps de Resposta Comissions Totals ;DT TR

CT; Desviació Típica Temps Resposta Comissions Totals) mitjançant KS (taula 7). Solament es va mantindre la normalitat per a la variable M A/R.

Taula 7

Diagnòstic de normalitat (KS) per a les variables d'aprenentatge (BCI) i las atencional (Totals) Aula NESPLORA .

	M_A/R	M_A/A	CT	IT	MT_ RT	TR_ CT	DT_TR_ CT
N	87	49	88	83	89	74	89
KS	0,068	0,133	0,166	0,153	0,139	0,126	0,136
p	,200	,029	<,001	<,001	<,001	,006	<,001

Donat l'incompliment de la normalitat en la pràctica total de les variables implicades, es van realitzar correlacions bivariades mitjançant la prova no paramètric Rho de Spearman entre les mesures obtingudes de les mitjanes de les 3 condicions del paradigma A/R i de la mitjana de les 5 mesures del paradigma A/A i les mesures totals atencional. A la taula 7 queden reflectits els estadístics descriptius bàsics per a les variables implicades a les correlacions i les correlacions entre elles.

Els resultats (veure taula 8) van indicar absència de relació estadísticament significativa entre les mitjanes dels paradigmes A/R i A/ A respecte a les variables Concentració Total Prova (CT), Inhibició total prova (IT), Puntuació directa mitjana temps de resposta total prova en encerts (MT RT), Mitjana temps de resposta total prova en comissions (TR CT) i Desviació típica Temps de Resposta en comissions prova total (DT TR CT).

Adicionalment, es va detectar una relació estadísticament significativa entre les mitjanes dels paradigmes A/R i A/A ($r = .442$; $p = .001$, para un $n = 49$).

Obtenim tres correlacions significatives de magnituds entre moderades i mitjanes a la puntuació directa concentració total. En primer lloc, amb la Inhibició total prova, de natura

inversa ($r = -.380$; $p = <.001$) senyalant la tendència de que l'augment d'una d'elles suposa la disminució en la puntuació de l'altra (o viceversa).

Taula 8

Correlacions bivariades (Rho de Spearman) entre les variables de los paradigmes A/R y A/A i las variables atencionales (Aula NESPLORA).

Variable	Estadístics		r	M_A/ R	M_A/ A	CT	IT	MT_ RT	TR_ CT
	M	DT							
A/R	50,82	8,19	1	---					
A/A	58,04	11,38	,442*	,001					
CT	27,36	23,28	-,008	,942	,027				
IT	4,78	4,02	,050	,86	,49	-,007	-,380*		
MT_RT	780,6	172,9	,661	,81	,47	<,001	-,418*	-,566*	
TR_CT	646,0	211,0	,995	,87	,49	<,001	-,075	-,384*	
DT_TR_CT	201,3	183,6	,066	,72	,39	,151	-,639*	-,192	,468*
			,584	,001	-,111	-,323*	-,639*	-,192	,468*
			,993	,87	,49	,002	<,001	,072	<,001
			,001	,87	,49	,88	,83	,89	,74

NOTA: M A/R: Mitjana de les tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció; CT: Concentració total; IT: Inhibició Total; MT RT: Mitjana Temps Resposta Total; TR CT: Temps Resposta Comissions Totals; DT TR CT; Desviació Típica Temps Resposta Comissions Totals.

També va correlacionar positivament amb Mitjana Temps de Resposta Total prova en encerts ($r = .418$; $p < .001$) i negativament amb Desviació Típica Temps de Resposta en Comissions Prova Total ($r = -0.323$; $p = .002$).

En segon lloc, la variable Inhibició Total Prova va correlacionar de manera estadísticament significativa amb magnituds mitjanes, amb Mitjana Temps de Resposta Total Prova en encerts ($r = .566$; $p < .001$) i amb Desviació Típica Temps de Resposta en Comissions Prova Total ($r = .639$; $p < .001$).

També es va detectar altres relacions significatives entre Mitjana Temps de Resposta Total Prova en Comissions i Puntuació Directa Mitjana Temps de Resposta Total Prova Encerts ($r = .384$; $p = .001$) i, per últim, entre Desviació Típica Temps de Resposta en Comissions Prova Total amb Mitjana Temps de Resposta Total Prova en Comissions ($r = .468$; $p < .001$).

Correlacions Bivariades (Rho de Spearman) entre les Variables d'Aprenentatge (BCI) i las Atencionals (CPT II).

Vam realitzar correlacions bivariades (Spearman) entre les puntuacions obtingudes per a la mitjana de les tres mesures del paradigma A/R i per la mitjana de les cinc mesures del paradigma A/A i, per últim, per a les mesures atencionals avaluades amb el CPT II.

resultats van indicar (veure taula 9a) tres correlacions estadísticament significatives. En primer lloc, entre la mitjana del paradigma A/R i la variable HRTBC: Hit Reaction Time Block Change o Vigilància durant la prova; ($r = .244$; $p = .033$, $n = 76$). En segon lloc, també entre HRT_ISI_C (Hit reactions time ISI change o temps de reacció a les 3 velocitats de presentació de l'estímul; ($r = .309$; $p = .042$, $n = 44$). Per últim, entre les variables HSE_ISI_C (Hit Standard error ISI Change o Consistència de resposta) i la mencionada HRT_ISI_C ($r = .593$; $p < .001$, $n = 79$).

La taula de resultats de les correlacions es presenta en dos seccions (vegeu taula 9b). Els resultats mostren quatre correlacions estadísticament significatives:

1ª) Entre HRT_TRT (Hit reaction Time; Temps de resposta total (milisegons) i HRTSE_VVR (Hit reaction time standart error; Variabilitat en velocitat de resposta); $r = .521$; $p < .001$, $n = 75$.

Taula 9 (a)

Correlacions bivariades (Rho de Spearman) entre les variables dels paradigmes A/R i A/A i les variables atencional (CPT II).

Variable	Estadístics		r	M_A/ R	M_A/ A	HR TBC	HRT_IS I_C	HSE_ISI _C	OMISSI ONS
	M	DT							
M_A/R	50, 82	8,1 9	r p n	1 --- 49					
M_A/A	58, 04	11, 38	r p n	,442** ,001 49					
HRTBC	- ,00 3	,01 9	r p n	,244* ,033 76	,270 ,079 43				
HRT_ISI_ C	,06 2	,03 2	r p n	,158 ,166 78	,309* ,042 44	,10 6 78			
HSE_ISI_ C	,00 4	,09 9	r p n	,102 ,378 77	,011 ,943 43	- ,13 9	,593**		
OMISSIO NS	2	1,7 7	r p n	,046 ,691 76	-,044 ,779 43	,15 2 69	,021 ,862 69	-,149 ,226 68	
COMISSI ONS	16	7,0 2	r p n	-,099 ,384 79	-,152 ,326 44	- ,08 6 7	,102 ,391 73	,101 ,399 72	,217 ,058 77

NOTA: M A/R: Mitjana de les tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció; HRTBC: Hit reaction time block change (Vigilància durant la prova); HRT_ISI_C: Hit reactions time ISI change. Puntuació temps de reacció a les 3 velocitat de presentació de l'estímul; HSE_ISI_C: Hit Standard error ISI Change. Consistència de resposta.

Taula 9 (b)

Correlacions bivariades (Rho de Spearman) entre les variables dels paradigmes A/R i A/A i les variables atencional (CPT II).

Variable	Estadístics			M_A/R	M_A/A	HRT_TRT	HRTSE_VVR	VT	D_PR
	M	DT							
HRT_TRT	338,1	33,1	r	,026	,037				
			p	,827	,819				
			n	75	41				
HRTSE_VVR	4,78	1,5	r	-,188	-,229	,591*			
			p	,101	,139	<,001			
			n	77	43	75			
VT	6,26	2,8	r	-,222	-,177	,361*	,815**		
			p	,055	,256	,002	<,001		
			n	75	43	73	77		
D_PRIMA	,68	,54	r	,207	,144	,086	-,041	-,182	
			p	,067	,353	,458	,722	,113	
			n	79	44	77	79	77	
IMPULSIVITAT	,39	,621	r	,011	-,214	-,173	,019	-,048	-,237*
			p	,927	,192	,161	,872	,696	,046
			n	70	39	67	71	69	71

NOTA: HRT_TRT: Hit reaction Time. Temps de resposta total (milisegons); HRTSE_VVR: Hit reaction time standart error. Variabilitat en velocitat de resposta; VT: Variabilitat Total; D_PR:Índex de capacitat de diferenciar quan ha de respondre i quan no; IMPULSIVIDAD: Resposta <100 milisegons.

2ª) Entre HRT_TRT y VT (Variabilitat Total); $r = .361$; $p = .002$, $n = 73$.

3ª). Entre HRTSE_VVR (Hit reaction time standard error; Variabilitat en velocitat de resposta) i

VT ($r = .815$; $p < .001$, $n = 77$).

4ª) . Entre D_PRIMA (Índex de capacitat de diferenciar quan ha de respondre i quan no) e IMPULSIVITAT (Resposta <100 milisegons), en aquest cas de sentit invers ($r = .237$; $p = .046$, $n = 71$).

Correlacions Bivariades (Rho de Spearman) entre les Variables de Processos d'Aprenentatge (BCI) i la Capacitat de Control de Distractors Interns (NESPLORA)

S'han correlacionat les variables IDIHiper (Puntuació Directa Inhibició Distractors Interns en tasca Hiperestimulació) i IDIHipo (Puntuació Directa Inhibició Distractors Interns en tasca Hipoestimulació), amb la mitjana de les tres mesures del paradigma A/R, i de les cinc mesures del paradigma A/A.

Les proves de la normalitat resultaren negatives per a les variables IDIHiper y IDIHipo ($KS = 0.145$; $p < .001$ y $KS = 0,238$; $p < .001$, respectivament). Per tant, s'aplica Rho de Spearman per al càlcul de les correlacions (Taula 10).

Taula 10
Correlacions (Rho de Spearman) entre les puntuacions directes per a IDIHiper, IDIHipo i las mitjanes del procés d'aprenentatge en primer i segon intent (Cursor Task)

Variable	Estadístics			M_A/R	M_A/A	IDIHiper
	M	DT				
M_A/R	50,8 2	8,19	r	1		
			p	---		
			n	49		
M_A/A	58,0 4	11,3 8	r	,442**		
			p	,001		
			n	49		
IDIHiper	10,7 6	9,87	r	-,102	-,148	
			p	,352	,317	
			n	85	48	
IDIHipo	2,31	3,24	r	,003	-,215	,689**
			p	,975	,137	<,001
			n	84	49	84

A/R: Mitjana de les tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció; IDIHiper : Inhibició distractors interns en tasca d'hiperestimulació; IDIHipo : Inhibició distractors interns en tasca d'hipoestimulació.

Hi ha una correlació estadísticament significativa i positiva entre la Puntuació Directa Inhibició Distractors Interns en tasca Hiperestimulació i Puntuació Directa Inhibició Distractors Interns en tasca Hipoestimulació ($r = .689$; $p < .001$).

Correlacions Bivariades (Rho de Spearman) entre les Variables d'Aprenentatge (BCI) i Trets de Personalitat en el Big Five

El supòsit de normalitat no es compleix per a cap de les variables del Big Five (Taula 11a). La Rho de Spearman s'ha utilitzat per al càlcul de les correlacions (Taula 11b).

Taula 11a
Diagnòstic de normalitat (KS) per a les dimensions de l'instrument Big-Five

	Extraver sió	Fiabilitat	Escrupolo sitat	Neuroticis me	Apertur a
Estadístic KS	,235	,306	,288	,198	,274
p	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001

S'observen correlacions estadísticament significatives entre la variable Cordialitat amb Responsabilitat, Neuroticisme i Obertura a l'experiència ($r = .272$; $p = .010$; $r = -.379$; $p < .001$ y $r = .257$; $r = .016$, respectivament). La relació entre Fiabilitat i Neuroticisme és inversa i va presentar la major magnitud de les tres detectades.

També hi ha una correlació estadísticament significativa entre el paradigma Acció/Acció i l' Obertura a l'Experiència ($r = .346$; $p = .016$).

Taula 11b

Correlacions bivariades (Rho de Spearman) entre las variables dels paradigmes A/R i A/A i les dimensions del Big-Five.

Variable	Estadístics		r	M_A/ R	M_A/ A	(1)	(2)	(3)	(4)
	M	DT							
M_A/R	50,82	8,19	r p n	1 --- 49					
M_A/A	58,04	11,38	r p n	,442** ,001 49					
Extraversió (1)	3,49	0,971	r p n	,077 ,481 86	-,046 ,758 48				
Cordialitat (2)	3,89	0,668	r p n	,022 ,840 86	,020 ,892 48	,176 ,100 88			
Responsabilitat (3)	3,42	0,690	r p n	,125 ,252 86	,111 ,452 48	,062 ,566 88	,272* ,010 88		
Neuroticisme (4)	3,22	0,976	r p n	-,145 ,181 86	-,130 ,379 48	-,272* ,010 88	- ,00 88	-,208 ,052	
Obertura (5)	3,92	0,682	r p n	-,017 ,876 86	,346* ,016 48	,186 ,082 88	,257* ,01 88	-,089 ,411 88	-,206 ,054 88

NOTA: M A/R: Mitjana de las tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció.

Correlacions Bivariades entre les Variables d’Aprentatge (BCI) i Atenció Visual (AULA NESPLORA)

El supòsit de normalitat no es compleix per a les variables expressades com a puntuacions directes (CV: Concentració visual; IV: Inhibició visual; MT_REV: Mitjana Temps de Resposta en Encerts Visuals; MT_RCV: Mitjana Temps Resposta en Comissions Visuals; V_TR_CV: Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals), com mostra la taula 12.

Taula 12

Diagnòstic de normalitat (KS) per a les variables d'aprenentatge (BCI) i Atenció Visual (AULA NESPLORA).

	CV	IV	MT_R EV	MT_R CV	V_TR_ CV
N	88	86	88	85	85
KS	,208	,160	,254	,273	,221
p	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001

No hi ha correlacions (taula 13) significatives entre les variables d'aprenentatge i les d'atenció visual.

La puntuació en Concentració Visual (CV) mostra correlacions significatives i positives (entre .565 y .540) amb la resta de variables d'Atenció Visual.

La puntuació en Inhibició Visual (IV) correlaciona amb la Mitjana de Temps de Resposta en Comissions Visuals ($r = .537$; $p <.001$) i amb la Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals ($r = .856$; $p <.001$).

La variable Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals (V_TR_CV) també correlaciona significativament amb la Mitjana en temps de Resposta en Comissions Visuals ($r = .563$; $p <.001$), a banda de fer-ho amb totes les anteriors variables.

Taula 13

Correlacions bivariades (Rho de Spearman) entre puntuacions directes de les variables dels paradigmes A/R i A/A i les variables d'Atenció Visual (AULA NESPLORA).

Variable	Estadístics		r	M_A/R	M_A/A	CV	IV	MT_RE V	MT_R CV
	M	DT							
M_A/R			1						
			p	---					
			n	49					
M_A/A			r	,442**					
			p	,001					
			n	49					
CV	9,6 9	11,3 2	r	-,060	-				
					,10 3				
			p	,584	,48 1				
			n	86	49				
IV	3,5 7	3,59	r	,033	-	,36 0**			
					,11 4				
			p	,768	,43 6	,00 1			
			n	84	49	85			
MT_REV	494 ,63	236, 79	r	-,095	-	,54 0**	,160		
					,13 4				
			p	,382	,36 5	<,0 01	,143		
			n	86	48	87			
MT_RCV	348 ,93	214, 87	r	-,071	-	,56 5**	,537**	,543**	
					,01 0				
			p	,521	,94 8	<,0 01	<,001	<,001	
			n	84	47	84	82	84	
V_TR_CV	49, 91	64,9 9	r	,028	-	,40 1**	,856**	,219*	,563**
					,21 2				
			p	,801	,15 2	<,0 01	<,001	,045	<,001
			n	84	47	84	82	84	84

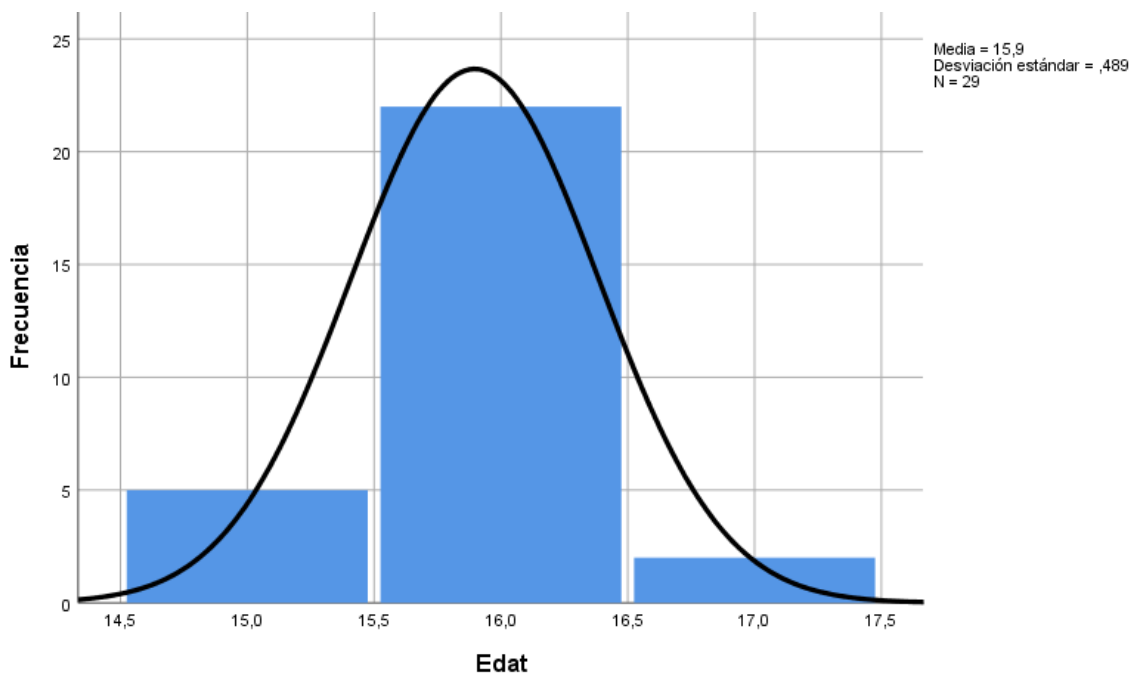
NOTA: M A/R: Mitjana de les tres puntuacions, primer intent, Acció – Relaxació; M A/A: Mitjana de les cinc puntuacions, segon intent, Acció – Acció; CV: Concentració Visual; IV: Inhibició Visual; MT_REV: Mitjana Temps de Resposta en Encerts Visuals; MT_RCV: Mitjana Temps Resposta en Comissions Visuals; V_TR_CV: Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals.

Comparacions de Mediane per a les Variables d'Atenció (Aula Nesplora) entre els Grups d'Universitaris i Alumnat d'Institut.

Es van realitzar comparacions entre les variables d'Atenció (Aula Nesplora) per a la mostra d'Universitaris (UNI) respecte a una mostra d'estudiants d'Institut de Secundaria (IES) . L'objectiu va ser verificar l'absència de diferències en rendiment entre ambdós grups en relació a les seues edats, ja que la prova considera que no han d'existir diferències a partir dels 16 anys.

L'alumnat de l'institut va estar constituït per un total de 29 participants, dels que 13 (45%) van ser dones i 16 (55%) foren homes. La mitjana d'edat fou de 15,90 (DT= 0.489) amb una moda de 16 anys (de fer , 22 participants, 76 % d'aquesta mostra , tenien la mateixa edat). La edat mínima va ser de 15 anys i la màxima de 17. A continuació es mostra l'histograma per a la variable edat de la mostra d'estudiants de l'IES.

Gràfic 3. Histograma per a "Edat" dels estudiants de l'Institut (N = 29)



Al no complir la normalitat (en tots els casos $p < .001$) es van aplicar proves no paramètriques (U de Mann-Whitney; d'ací en davant U_{MW}).

Prèviament, encara que les proves no paramètriques treballen per al càlcul dels estadístics corresponents mitjançant “rangs”, per a una millor interpretació es van calcular els descriptius bàsics de cada variable implicada (Per a UNI e IES ; veure taula 14)

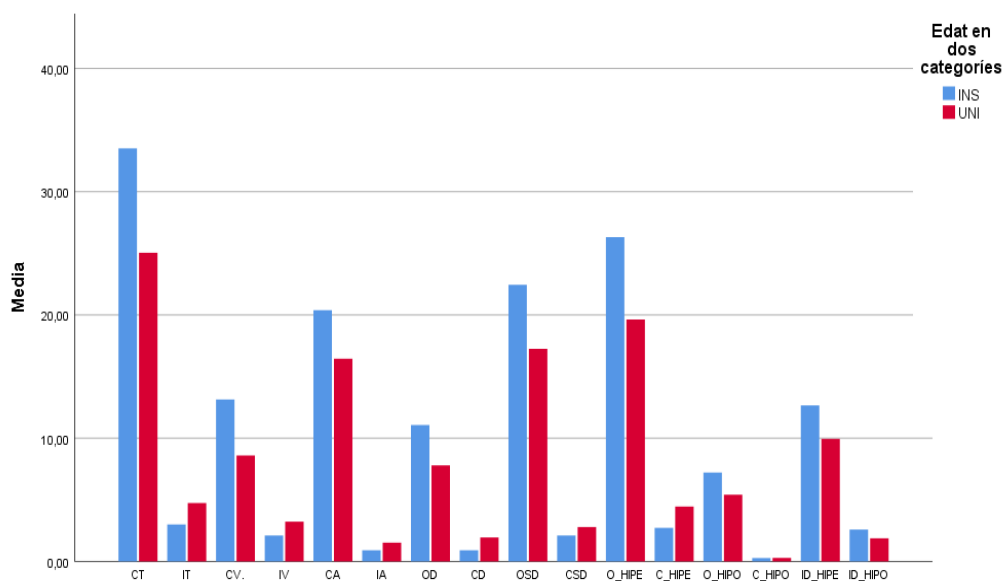
Taula 14

Diagnòstic de normalitat (KS) per a les puntuacions directes en las variables de Atenció (AULA NESPLORA) para las mostres d'universitaris i d'alumnat de l'Institut

Variable (PD)	IES (n = 29)								UNI (n: veure columna)								
	KS	p	Mitja	Mitjana	Moda	DT	Min	Màx	n	KS	p	Mitja	Mitjana	Moda	DT	Min	Màx
CT	,138	,170	33,51	27	0	27,58	0	85	88	,166	<.001	27,36	24	1	23,27	0	81
IT	,190	,009	3,00	3	0	2,93	0	11	83	,153	<.001	4,78	4	0	4,02	0	15
CV	,183	,014	13,13	7	0	14,52	0	49	88	,208	<.001	9,69	5	0	11,32	0	44
IV	,231	<.001	2,10	1	0	2,36	0	8	86	,160	<.001	3,57	3	0	3,59	0	16
CA	,198	,005	20,37	13	0	19,70	0	69	86	,182	<.001	16,69	10	1	18,10	0	56
IA	,289	<.001	0,89	0	0	1,20	0	4	86	,239	<.001	2,05	1	0	2,89	0	18
OD	,124	,200	11,06	10	0	9,57	0	37	85	,164	<.001	8,08	7	0	6,71	0	22
CD	,288	<.001	0,89	1	0	1,04	0	4	84	,216	<.001	2,01	1	0	2,27	0	9
OSD	,157	,065	22,44	22	0	18,56	0	56	88	,175	<.001	18,57	16	1	16,18	0	56
CSD	,175	,024	2,10	2	0	2,11	0	8	86	,240	<.001	3,23	2	2	3,27	0	15
O_Hiper	,162	,051	26,31	22	0	24,33	0	77	88	,178	<.001	20,91	13	1	19,45	0	66
C_Hiper	,181	,016	2,72	3	0	2,56	0	9	87	,153	<.001	4,87	4	0	4,25	0	19
O_Hipo	,134	,193	7,21	8	3	4,60	0	16	85	,126	,002	5,87	5	0	4,78	0	18
C_Hipo	,480	<.001	0,28	0	0	0,70	0	3	86	,417	<.001	0,42	0	0	0,87	0	5
ID_Hiper.	,201	,004	12,66	6	1	13,89	0	46	87	,145	<.001	10,76	8	0	9,87	0	37
ID_Hipo	,199	,005	2,59	2	0	2,77	0	11	86	,238	<.001	2,31	1	0	3,24	0	19

NOTA: Concentració total (CT); Inhibició Total (IT); Concentració Visual (CV); Inhibició Visual (IV); Concentració Auditiva (CA); Inhibició Auditiva (IA); Omissions amb distractors (OD); Omissions sense Distractors (OSD); Errors sense Distractors (ESD); Omissions tasca en Hiperestimulació (O_Hiper); Comissions en Hiperestimulació (C_Hiper); Omissions tasca Hipoactivació (O_Hipo); Comissions tasca Hipoestimulació (C_Hipo); Inhibició Distractors Interns en tasca Hiperestimulació.(ID_Hiper); Inhibició Distractors interns en tasca Hipoactivació (ID_Hipo).

Comparació resultats Test Aula Nesplora entre alumnes d'institut i universitaris



A la taula 14 es reflecteixen els resultats per als participants de l'Institut (n=29) i els Universitaris (la mida mostral per a cada variable va ser diferent donada la existència d'alguns valors perduts). Respecte a l'IES, es va verificar que quatre variables (Concentració Total – CT -, Omissions amb Distractors – OD -, Omissions sense Distractors – OSD - i Omissions en Hiperestimulació – O_Hiper) complien amb la normalitat mitjançant KS, si bé, no ho feien la resta. En cap de les distribucions per a les mesures dels participants universitaris, es va verificar el compliment de la normalitat.

El valor mínim i la moda dels descriptius per a totes les variables de l'IES i Universitaris fou de "0", (senyalar que tres de les variables, destacades a la taula 14, presentaren un caràcter multimodal i el "0" fou el mínim dels valors per a l'IES). No obstant, en el cas dels universitaris alguna de les modes va obtenir valors d'1 o 2 i una de les variables (Omissions amb Distractors - OD) presentava un caràcter multimodal.

Taula 15

Proves de U_{MW} per a les puntuacions directes a les variables d'Atenció (Aula Nexplora) per a les mostres d'universitaris i d'alumnat de l'Institut

Variable (PD)	U_{MW}	Z	p
CT	1135	- 0,890	,373
IT	909	-1,964	,049
CV	1150	-0,797	,425
IV	964	-1,846	,065
CA	1112	-0,872	,383
IA	880	-2,444	,015
OD	1042	-1,242	,214
CD	903	-2,142	,032
OSD	1143	-0,837	,402
CSD	1028	-1,430	,153
O_Hiper	1155	-0,762	,446
C_Hiper	910	-2,253	,024
O_Hipo	1025	-1,356	,175
C_Hipo	1133	-0,979	,328
ID_Hiper.	1253	-0,054	,957
ID_Hipo	1101	-0,973	,330

NOTA: Concentració Total (CT); Inhibició Total (IT); Concentració Visual (CV); Inhibició Visual (IV); Concentració Auditiva (CA); Inhibició Auditiva (IA); Omissions amb Distractors (OD); Omissions sense Distractors (OSD); Errors sense Distractors (ESD); Omissions tasca en Hiperestimulació (O_Hiper); Comissions en Hiperestimulació (C_Hiper); Omissions tasca Hipoactivació (O_Hipo); Comissions tasca Hipoactivació (C_Hipo); Inhibició Distractors interns en tasca Hiperestimulació.(ID_Hiper); Inhibició Distractors interns en tasca Hipoestimulació (ID_Hipo).

Posteriorment es van aplicar proves de U_{MW} (veure taula 15) . Els resultats senyalen diferències estadísticament significatives per a les variables Inhibició Total (IT; $p = .049$; mitjanes de 3 i 4,78, per a IES i UNI, respectivament); Inhibició Auditiva (IA; $p = .015$, mitjanes de 0,89 i 2,05 per a IES i UNI, respectivament); Comissions amb Distractors (CD; $p = .032$; mitjanes de 0,89 y 2,01 per a IES i UNI, respectivament) i Comissions en Hiperestimulació (C_Hiper; $p = .024$; mitjanes de 2,72 i

4,87 per a IES i UNI, respectivament). Les diferències significatives es van donar en favor del Universitaris.

Segón Estudi

Aprenentatge entre els Diferents Entrenament dels Paradigmes Acció-Acció

Prèviament es va verificar el compliment de la normalitat de les mesures en percentatges d'èxit en els tres moments del paradigma Acció-Acció (A/A) mitjançant KS (Taula 2.1).

Taula 2.1
Diagnòstic de normalitat (KS) dels percentatges d'èxit en el BCI; estratègies R/L y H/F; Cursor Task.

	R / L			H / F		
	% Èxit 1	% Èxit 2	%Èxit 3	% Èxit 1	% Èxit 2	% Èxit 3
N	177	175	173	167	166	163
KS	,129	,126	,105	,153	,124	,150
p	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001

Taula : elaboració pròpia.

Com s'observa, cap variable per al paradigma Acció- Acció (A/A) ni en el cas de mà dreta /mà Esquerra (R/L) ni en el de mans/peus (H/F) va mostrar una distribució normal.

Prova de Friedman entre les Tres condicions del Paradigma A/A en Procés d'Aprenentatge (R/L).

Donat l'incompliment de la normalitat, es va aplicar una prova de Friedman (alternativa no paramètrica a l' ANOVA unifactorial intra). A la taula 2.2, es detallen els estadístics descriptius bàsics per als tres entrenaments en A/A (R/L).

Els resultats de la prova (N=163) van senyalar l'absència de diferències estadísticament significatives en la prova global de Friedman ($\chi^2= 2.511$; $p = .285$) per a les tres condicions de percentatge d'èxit en Cursor Task. En conseqüència, no hi ha diferències significatives entre el primer i el tercer entrenament. També es van realitzar proves aparellades amb les variables mitjançant

Wilcoxon (que substitueix a la prova t de Student per a mostres relacionades quan s'incompleix la normalitat) i en cap d'elles es van detectar diferències significatives (és a dir, condició 1 vs.2; 1 vs.3 y 2 vs.3, en tots els casos $p > .05$).

Taula 2.2

Estadístics descriptius per als percentatges d'èxit en Cursor Task (R/L).

Variable (<i>Cursor Task</i>)	N	Mitjana	DT
% Èxit 1	177	48,19	22,540
% Èxit 2	175	52,24	23,794
% Èxit 3	173	52,63	28,432

Taula : elaboració pròpia.

Prova de Friedman entre les Tres condicions del Paradigma A/A en Procés d'Aprenentatge (H/F).

Es va aplicar una prova de Friedman. A la taula 2.3, es reflecteixen els estadístics descriptius bàsics per als tres entrenaments en A/A (H/F).

Taula 2.3

Estadístics descriptius per als percentatges d'èxit en Cursor Task (H/F).

Variable (<i>Cursor Task</i>)	N	Mitjana	DT
% Èxit 1	167	52,98	21,01
% Èxit 2	166	56,63	27,36
% Èxit 3	163	55,22	25,79

Taula : elaboració pròpia.

Els resultats de la prova (N=150) van senyalar absència de diferències estadísticament significatives ($\chi^2 = 2.534$; $p = .282$) entre les tres condicions dels paradigma A/A en procés d'aprenentatge (H/F) . Conseqüentment , no es van detectar diferències en el paradigma A/A entre les tres condicions considerades.

Adicionalment, es van aplicar probes aparellades post-hoc (Wilcoxon). Els resultats van senyalar l'absència de diferències estadísticament significatives entre les condicions 1 vs.2; 1 vs.3 y 2 vs.3, en tots els casos $p > .05$.

Proves de Wilcoxon per a Contrastar les Dos Estratègies (Acció- Acció R/L vs. Acció –Acció H/F) en procés d'Aprenentatge.

Es va aplicar Wilcoxon per a comparar longitudinalment les dos estratègies (Acció- Acció R/L vs. Acció –Acció H/F) i comprovar les possibles diferències d'ambdues per al primer entrenament, el segon i el tercer (Taula 2.4).

Taula 2.4

Estadístics descriptius i comparacions aparellades (Wilcoxon) per als percentatges d'èxit en Cursor Task i els tres entrenaments (per a H/F vs. R/L)

Variable (<i>Cursor Task</i>)	Estadístics			Wilcoxon		
	N	Mitjan a	DT	Comparació	Z_w	p
% Èxit 1 (H/F)	163	47,28	22, 262	1 (H/F) - 1 (R/L)	- 2,766	,006
% Èxit 1 (R/L)	163	53,79	21, 339			
% Èxit 2 (H/F)	160	52,43	23, 832	2 (H/F) - 2 (R/L)	- 1,943	,052
% Èxit 2 (R/L)	160	56,69	27, 449			
% Èxit 3 (H/F)	156	51,91	28, 255	3 (H/F) - 3 (R/L)	- 1,311	,190
% Èxit 3 (R/L)	156	56,12	26, 347			

Al primer assaig, els resultats van ser més exitosos per a la estratègia R/L ($Z_w = -2.766$; $p = .006$) però no es van trobar diferències estadísticament significatives en el cas del segon i el tercer assaig. S'observa, no obstant, una "tendència" ($p = .052$) a la significació, a l'assaig 2n, també amb major percentatge d'èxit a la estratègia mans /peus, aspecte que s'hauria de considerar en posteriors replicacions.

Es van calcular les mitjanes d'èxit dels tres entrenaments per cadascuna de les dos estratègies (R/L y H/F). Al no complir-se el supòsit de normalitat per a la mitjana d'èxits en R/L ($KS = .069$; $p = .045$) però sí per a H/F ($KS = .065$; $p = .200$), és va aplicar Wilcoxon per a comparar la mitjana d'ambdues estratègies (Taula 2.5).

Tabla 2.5

Estadístics de mostres aparellades per als mitjana de H/F i R/L.

Variable	N	Descriptius		Wilcoxon	
		Mitjan a	DT	Z_w	p
Mitjana % èxit H/F	142	55,11	15,232	-3.262	.001
Mitjana % èxit R/L	142	50,05	15,074		

Taula : elaboració pròpia.

Es van detectar diferències estadísticament significatives entre la mitjana d'ambdues estratègies amb un percentatge d'èxits superior a la estratègia H/F ($Z_w = -3.262$; $p = .001$)

Efecte de l'Orientació a l'Estat o a l'Acció sobre la Mitjana d'Encerts en la Estratègia Mans

Peus H/F (BCI).

Prèviament es va realitzar una taula de contingència 2x2 amb les variables independents **AOF**, amb dos nivells : **SOF** (1; puntuacions per baix del percentil 50 en aquesta escala) i **OAF** (2;puntuacions iguals o superiors al percentil 50 en aquesta escala). La segona variable independent va ser **AOD**, també amb dos condicions: **SOD** (1;puntuacions per baix del percentil 50 en aquesta escala) o **OAD** (2; puntuacions iguals o superiors al percentil 50).

No existeix associació significativa entre ambdues variables, AOF i AOD ($\chi_1^2 = 1.21$; $p = .271$; Fisher = .306).

Tabla 2.6.

*Taula creuada 2x2 = AOF*AOD (Puntuacions directes en mitjana d'encerts en la estratègia mans i peus)*

		AOD		Total	
		% < 50	% ≥ 50		
AOF	% < 50	freqüència	29	39	68
		% del total	20,0%	26,9%	46,9%
	% ≥ 50	freqüència	26	51	77
		% del total	17,9%	35,2%	53,1%
Total		freqüència	55	90	145
		% del total	37,9%	62,1%	100,0%

Taula : elaboració pròpia.

A continuació es va analitzar l'efecte de la orientació a l'estat o a l'acció sobre la mitjana d'encerts en les estratègies mans/peus tant en puntuacions directes i percentatges. Les variables independents van ser AOF i AOD, cadascuna amb els seus dos nivells (puntuacions per baix o per damunt del percentil 50)

Taula 2.7

Estadístics descriptius per grups y proves de Mann-Whitney entre els nivells de AOF (SOF i AOF) i AOD (SOD i OAD) en la mitjana d'encerts a la estratègia mans/peus en puntuacions directes i percentatges (Cursor Task BCI).

			Descriptius			Mann-Whitney	
			Mitja				
			N	na	DT	U _{MW}	Z (p)
AOF	PD	SOF	68	8,84	2,62	2232,5	-1,539 (.124)
					9	0	
	%	OAF	77	8,21	2,61		
						8	
PD	SOD	SOF	68	47,6	16,4	2375,5	-0,961 (.337)
					8	77	
	%	OAF	77	50,0	16,2		
						6	50
%	SOD	SOD	55	8,30	2,62	2360,0	-0,472 (.637)
					4	0	
	%	OAD	90	8,63	2,64		
						6	
%	SOD	SOD	55	47,8	16,0	2170,5	-1,241 (.215)
					8	44	
	%	OAD	90	49,6	16,5		
						0	79

Ja que no es verificava la normalitat per a la variable dependent ($KS = .241$; $p < .001$), es van aplicar proves de Mann-Whitney. No vam trobar diferències estadísticament significatives per a puntuacions directes ni percentatges (taula 2.7).

Efecte de les Variables Relacionades amb l'Ús del BCI Sobre el Procés d'Aprenentatge, en Percentatges, en les Dos Estratègies Dreta/Esquerra (R_L) i Mans/Peus (H_F).

Es va verificar el compliment de la normalitat mitjançant KS per al percentatge d'èxit en R_L i H_F. Els resultats van mostrar el compliment per a la segona variable ($p = .200$), però no per a la primera ($p = .045$). Es van realitzar contrastos per grups independents mitjançant U de MW para R_L com variable dependent i, com a variable independent Q1, Q3, Q11 y Q12 (variables dicotòmiques).

Taula 2.8

Estadístics descriptius i proves de Mann-Whitney entre els nivells de les variables del qüestionari per a les variables relacionades amb el BCI sobre l'aprenentatge (%) en les estratègies R_L.

Variable	Categories	Descriptius			Mann-Whitney	
		N	Mitjana	DT	U_{MW}	Z (p)
Q1	Destre	137	50,75	14,942	679,50	-,541 (,588)
	Esquerrà	11	52,97	9,572		
Q3	Sí	25	47,76	15,154	1347,5 0	-,857 (,391)
	No	121	51,24	14,317		
Q11	Sí	105	51,24	15,220	2114,5 0	-,604 (,546)
	No	43	50,12	13,094		
Q12	Sí	95	49,93	14,386	2124,0 0	-1,574, (115)
	No	53	52,67	14,950		

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: Q1: Lateralitat; Q3: Toques algun instrument musical habitualment; Q11: Et consideres una persona bilingüe; Q12: Has dormit bé la nit passada.

A la Taula 2.8 es reflecteixen els estadístics descriptius per a les variables relacionades amb el BCI sobre l'aprenentatge (%) en les estratègies R_L i H_F. En segon lloc, a la Taula 2.9 es reflecteixen els resultats inferencials de les proves de Mann-Whitney realitzades per a les estratègies R_L.

Taula 2.9

Estadístics descriptius i proves t de Student (grups independents) entre els nivells de les variables del Qüestionari per a les variables H_F.

Var.	Categ.	N	Descriptius		Prova t						
			Medi a	DT	t	g	l	p	DM	d	IC (95%) Li Ls
Q1	Destre	118	54,13	15,21	-	1	,5	-	0,0	-	6,6
					0	2	68	2,6	21	11,1	1
					,7			88		98	
					5						
					7						
					2						
	Esque	11	56,82	10,49							
Q3	Sí	21	52,98	15,23	-	1	,6	-	0.0	-	5,5
					0	2	61	1,5	10	8,6	2
					,5			79		8	
					4						
					4						
					0						
Q11	No	106	54,56	14,97							
	Sí	93	54,94	15,13	0	1	,4	2,0	0.0	-	7,8
					,2	78	78	14	3,7	6	
					7	7			1		
					1						
					1						
Q12	No	36	52,86	14,21							
	Sí	82	57,13	14,88	2	1	,0	7,6	0.0	2,3	12,
					,2	05	16	32	8	85	
					8	7					
					8						
					1						
	No	47	49,52	13,65							

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: Q1: Lateralitat; Q3: Toques algun instrument musical habitualment; Q11: Et consideres una persona bilingüe; Q12: Has dormit bé la nit passada; d: Mida de l'efecte estimat mitjançant d de Cohen; IC(95%): Interval de Confiança al 95%; Li: Límit inferior; Ls: Límit superior.

Es van realitzar contrastos per als grups independents (t de Student) per a H_F com a variable dependent i les qüestions Q1, Q3, Q11 y Q12 com a variables independents (taula 2.9).

Prèviament, s'havia verificat el compliment de la homoscedasticitat mitjançant Levene per a les quatre mesures (en concret, per a Q1, Q3, Q11 y Q12 i els resultats van ser, respectivament, de $F = 1.046, p = .308$; $F = 0.044, p = .834$; $F = 0,877, p = .351$ i, per últim, $F = 0,457; p = .500$).

En aquesta segona sèrie d'anàlisis, sols es van trobar diferències estadísticament significatives per a la qüestió 12 (Q12 : Has dormit bé la nit passada?). Pel que fa a la mitjana en % d'èxit en BCI per a H_F ($t(127) = 2.8981; p = .005; DM = 7.62$).

Anàlisis de les Diferències entre els Participants que havien o no contestat prèviament al Wisconsin en Errors (PD i percentatge).

La qüestió 14 (Q14) del test inicial "T'han administrat prèviament a aquesta investigació el test de cartes de Wisconsin?" es va incloure donat que, per les característiques de la prova, es poden donar avantatges durant l'execució en aquelles persones que l'han executat en altra ocasió. Vam establir dos grups: el primer grup, els que "Si" havien passat prèviament la prova i, el segon grup, "No", participants que no l'havien realitzada.

Es va verificar el compliment de la normalitat amb KS. No es va complir ni per a les PD ($KS = .176; p < .001$) ni per als errors en percentatges ($KS = .179; p < .001$). Per tant, es va aplicar la prova de Mann-Whitney.

Els resultats van mostrar diferències estadísticament significatives ($Z_{MW} = -2.127, p = .033$ y $Z_{MW} = -2.085; p = .037$, respectivament per a les PD i els percentatges d'errors) sent menor el número d'errors comesos, en ambdues mesures, per als participants que prèviament havien realitzat el Wisconsin Test.

Taula 2.10

Estadístics descriptius i proves de Mann-Whitney entre els participants amb realització prèvia del Wisconsin Test o no y errors (PD y percentatges) comesos en la prova.

Variable	Categori es	N	Descriptius		Mann-Whitney	
			Medi a	DT	U_{MW}	Z (p)
Errors (PD)	Sí	55	13,15	8,58 0	1430,0 0	-2,127 (.033)
	No	67	15,07	7,33 7		
Errors (%)	Sí	55	20,65	11,6 03	1461,0 0	-2,085 (.037)
	No	68	24,47	12,3 80		

Taula : elaboració pròpia.

Anàlisis del Rendiment en el Test Wisconsin Respecte a l'Aprenentatge a la BCI

En aquest apartat, s'analitzaran, en primer lloc, les correlacions bivariades entre els errors en la prova Wisconsin (PD i percentatges) i el procés d'aprenentatge en el BCI i , en segon lloc, les correlacions entre les perseveracions a aquesta prova i , de nou, el procés d'aprenentatge al BCI.

Anàlisis de les Correlacions entre els Errors a la Prova Wisconsin (PD i Percentatges) i el Procés d' Aprenentatge a la BCI.

Primerament, es va verificar el compliment de la normalitat amb KS per a les variables de mesura. No es va complir per a les variables d'errors tant en "Puntuacions directes" com en percentatges, però si en el cas de les mitjanes d'èxit tant en R/L com en H/F (veure Taula 2.11), per tant, es va aplicar la correlació no paramètrica Rho de Spearman.

Els resultats de les correlacions (veure Taula 2.12) no van mostrar cap correlació estadísticament significativa entre els errors comesos (ni en PD ni en percentatges) i Èxits (ni en D_I ni en H_P) ni per als participants que Sí havien realitzat el Wisconsin prèviament ni per als que No.

Taula 2.11

Diagnòstic de normalitat (KS) per a les variables de rendiment (errors) al Wisconsin i al BCI.

AP Wisconsin		Errors (PD)	Errors (%)	Mitjana Èxit R/L (%)	Mitjana Èxit H/F (%)
Sí	N	55	55	71	65
	KS	,208	,209	,082	,081
	p	<,001	<,001	,200	,200
No	N	67	68	76	63
	KS	,170	,180	,074	,079
	p	<,001	<,001	,200	,200

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: AP Wisconsin: Administració Prèvia del test Wisconsin.

Tabla 2.12

Correlacions bivariades (Spearman) entre els errors a la prova Wisconsin (PD i percentatges) i el procés d'aprenentatge al BCI.

AP Wisconsin	Variables dependents		Mitjana Èxit R/L (%)	Mitjana Èxit H/F (%)
Sí	Errors (PD)	r	-,161	-,216
		N	53	45
	Errors (%)	r	-,168	-,174
		N	53	45
No	Errors (PD)	r	,051	-,222
		N	65	52
	Errors (%)	r	,032	-,263
		N	66	52

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: AP Wisconsin: Administració Prèvia del test Wisconsin.

Anàlisis de les Correlacions entre les Perseveracions a la Prova Wisconsin (PD i Percentatges) i el Procés d'Aprenentatge a la BCI.

Es va verificar el compliment de la normalitat (KS) per a les quatre variables de mesura (veure Taula 2.13). No es va complir per a les variables de perseveracions (ni en PD ni en Percentatge), però

si es va apreciar a l'apartat anterior en els promedís d'èxit tant en R/L com en H/F. Per tant, es va aplicar la correlació no paramètrica Rho de Spearman.

Taula 2.13

Diagnòstic de normalitat (KS) per a les variables de rendiment (Perseveracions) al Wisconsin i al BCI.

AP Wisconsin		Perseveracions (PD)	Perseveracions (%)	Mitjana Èxit R/L (%)	Mitjana Èxit H/F (%)
Sí	N	56	55	71	65
	KS	,204	,189	,082	,081
	p	<,001	<,001	,200	,200
No	N	67	68	76	63
	KS	,190	,167	,074	,079
	p	<,001	<,001	,200	,200

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: AP Wisconsin: Administració Prèvia del test Wisconsin.

Respecte a les correlacions calculades mitjançant Rho de Spearman, els resultats no van detectar cap diferència estadísticament significativa entre Perseveracions (ni en PD ni en Percentatges) i Èxits (ni en D_I ni en H_P) ni per als participants que Sí havien passat prèviament el Wisconsin ni per als que No.

Tabla 2.14

Correlacions bivariades (Spearman) entre las perseveracions en la prova Wisconsin (PD y percentatges) i el procés d'aprenentatge al BCI.

AP Wisconsin	Variables dependents		Perseveracions (PD)	Perseveracions (%)
Sí	Errors (PD)	r	-,077	-,187
		N	54	46
	Errors (%)	r	-,097	-,129
		N	53	45
No	Errors (PD)	r	,031	-,178
		N	65	52
	Errors (%)	r	,000	-,244
		N	66	52

Taula : elaboració pròpia.

NOTA: AP Wisconsin: Administració Prèvia del test Wisconsin

Anàlisis de Diferències per a Grups Relacionats (pre-post) entre els Resultats Obtinguts en el Percentatge d'Èxits a la BCI per a les Estratègies R/L y H/F.

Es va aplicar la prova de Shapiro-Wilk per a verificar normalitat, donat que N=7. Com s'observa a la Taula 2.15, es va verificar el supòsit per a les quatre variables.

Tabla 2.15

Proves de normalitat (Shapiro-Wilk) i descriptius per a % d'èxits al BCI entre R_L i H_F (comparació pre-post).

Variables	Shapiro-Wilk		Descriptius		
	SW ₍₅₎	p	Medi	N	DT
% Èxits R_L pre	,917	,509	67,24	7	13,603
% Èxits R_L post	,923	,550	61,52	7	12,100
% Èxits H_F pre	,904	,431	62,73	5	9,096
% Èxits H_F post	,848	,190	62,26	5	9,158

Taula : elaboració pròpia.

A continuació, a la Taula 2.16 es reflecteixen les proves *t* de Student per a grups relacionats amb els resultats obtinguts en els percentatges d'èxit al BCI en les estratègies R/L i H/F entre les mesures pre i pos-test.

Tabla 2.16

Comparacions pre-post para el % de èxits entre R_L i H_F al BCI.

Comparació	Variables	Diferències aparellades				<i>t</i>	<i>g</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
		DM	DT	Infer	Super				
Par 1	% Èxits R_L pre –	5,7	12,65	-5,99	17,43	1,1	6	,2	0.
	% Èxits R_L post	2	8			95		77	34
Par 2	% Èxits H_F pre –	0,4	16,90	-20,5	21,46	0,0	4	,9	0.
	% Èxits H_F post	7	3			62		53	03

Tabla: elaboració pròpia.

NOTA: IC (95%) DM: Interval de Confiança al 95% para la Diferencia de mitjanes. *d*: Mida d l'efecte (*d* de Cohen)

No es va detectar cap diferència estadísticament significativa entre el pre-test i el pos-test ni per a l'estratègia R_L ($t_{(6)} = 1.195$; $p = .277$; $d = 0,34$), ni per a la estratègia H_F ($t_{(4)} = 0.062$; $p = .953$; $d = 0,03$). Ja que el barem per a interpretar d_{Cohen} estableix que entre 0.2 i 0.3 s'ha de considerar com a "xicotet" i, al voltant de 0.5, un efecte "mitjà", el resultat de la mida de l'efecte per a la primera prova pot qualificar-se, per tant, de lleugerament superior a "xicotet". Per a la segona prova, la mida de l'efecte va resultar insignificant.

Correlacions entre les Dimensions de Personalitat del PSSIK respecte als Percentatges

d'Èxits a la BCI.

Es va verificar el compliment de la normalitat mitjançant Kolmogorov-Smirnov. Es va constatar el supòsit per a la variable "mitjana de percentatge d'èxit H_F" ($KS = .065$; $p = .200$), però no per a la mitjana en percentatge d'èxit R_L ($KS = .069$; $p = .45$). Per a la resta de variables del PSSIK es va verificar la normalitat (taula 2.17). En conseqüència es va aplicar el coeficient Rho de Spearman, per al càlcul de les correlacions bivariades on cap d'elles va ser significativa.

Taula 2.17

Proves de normalitat (KS) y correlaciones (Rho de Spearman) para el % d'èxit en R_L i H_F i les variables de personalitat del PSSIK.

Variables del PSSIK	Correlaciones (Rho de Spearman)							
	Normalitat		Mitjan. % èxit R_L		Mitjan % èxit H_F			
	KS	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
ASERTIU_ANTISOCIAL	,141	<,001	147	,042	,615	128	,989	,989
VOLUNTARIOS_PARANOIDE	,184	<,001	149	-,001	,988	132	,535	,535
RESERVAT_ESQUIZOIDE	,142	<,001	149	,009	,918	132	,513	,513
AUTOCRÍTIC_INSEGUR	,141	<,001	147	-,035	,673	128	,342	,342
METICULÓS_COMPULSIU	,086	<,001	147	-,094	,260	128	,491	,491
PREMONICIONAL_ESQUIZOT	,116	<,001	147	-,113	,173	128	,700	,700
OPTIMISTA_RAPSÒDIC	,090	,003 ^c	147	-,009	,914	128	,739	,739
AMBICIÓS_NARCICISTA	,106	<,001	147	-,077	,353	128	,276	,276
CRÍTIC_NEGATIVISTA	,152	<,001	147	-,075	,366	128	,073	,073
LEAL_DEPENDENT	,125	<,001	147	,040	,631	128	,880	,880
ESPONTANI_LÍMIT	,144	<,001	147	-,045	,590	128	,179	,179
AMABLE_HISTRIONIC	,096	,001	147	,023	,785	128	,874	,874
PASSIU_DEPRESSIU	,133	<,001	147	-,123	,137	128	,420	,420
SERVICIAL_AUTOSACRIFICAT	,153	<,001	147	-,084	,310	128	,318	,318

Discussió

Els sistemes BCI proporcionen comunicació entre l'usuari i la màquina. No obstant, encara que molts dels participants aconseguen control sobre la interfície, no tots són capaços d'assolir-lo. De fet, la literatura esmenta que el percentatge per a aquest fenomen, anomenat "Illiteracy" o analfabetisme per a la BCI, pot estar al voltant del 20% dels usuaris (Kübler i Müller, 2007; Lee i cols, 2019).

En la actualitat no es disposa d'un ICC que siga universal. La situació que ens trobem es que ni tots els participants són igualment eficients en un sistema específic (P300, imaginació motora, potencials evocats estables o potencials corticals lents) ni tots els usuaris presenten un bon maneig en totes les versions de la BCI. En aquest últim cas, s'ha observat també analfabetisme per a algun sistema en particular però no per a tota la resta.

És possible que certa part de la població mostre dificultats per a poder emetre patrons detectables d'activitat cerebral per a un tipus d'interfície i que explorar algunes solucions, com ara, millorar el processament de senyals, entrenament, o noves instruccions i tasques pugui ser el camí més adient per a aconseguir revertir tal situació.

Aquesta tesi s'ha orientat a clarificar les incògnites en l'àrea de les estratègies de control mental, els tipus de BCI més efectius i les habilitats que els participants aporten al sistema conformat per humà/màquina. Podríem, així, delimitar els més hàbils per a integrar l'automatització.

Les diverses variables intervinents posades a prova, el rendiment dels participants, els resultats obtinguts i les conclusions al respecte es detallen a continuació.

El sistema emprat enregistra les ones electroencefalogràfiques i, en base a això, aplica una acció a la tasca. Per aquesta raó, es de vital importància conèixer profundament la interacció entre l'humà i la màquina. Una de les formes que trobem per a poder estudiar-la es detallar i avaluar quins són els paradigmes o instruccions més adients en una tasca d'imaginació motora. De la mateixa

manera, definir quines són les funcions cognitives i trets de personalitat relacionats amb millors habilitats per al maneig de la interfície pot ser útil per al nostre objectiu. Per últim, pot ser també d'interés explorar l'afrontament de l'estrès i altres factors derivats de la pràctica diària de certes activitats que poden estar relacionades amb l'ús de l'eina.

La capacitat elevada o escassa d'algunes persones per a automatitzar el maneig mental de la BCI, podria explicar-se per les variables anteriorment esmentades. La investigació pot identificar el perfil d'aquells amb bones qualitats per a emprar una BCI. Considerem que els resultats obtinguts poden facilitar la comprensió i ampliar els coneixements del substrat neurològic involucrat en el maneig d'una Interfície Cervell-Computadora i aportar informació útil sobre com programar l'entrenament o estimulació de les funcions cognitives més rellevants. A més, podria ajudar a tractar psicològicament la influència que la personalitat o l'afrontament de l'estrès poden tindre a l'hora d'emprar-la. Els resultats podrien informar de quines pràctiques diàries o rutinaries importants es poden introduir en el repertori d'activitats del subjecte que utilitzarà la BCI.

Per tal d'investigar totes aquestes qüestions, es varen plantejar una serie d' hipòtesis, que es posaren a prova en dos estudis diferents realitzats entre l'any 2016 i 2017.

Per a la investigació es van emprar dos mostres, la primera de 89 estudiants de segon de Psicologia de la Universitat de València i la segona, amb un total de 191 alumnes de primer curs del Grau de Psicologia de la mateixa Universitat.

Es tracta d'una mostra força homogènia pel que fa a les característiques socials i cognitives, per raons òbvies (mateix nivell d'estudis, edats, llocs de residència, perfil intel·lectual, característiques generals de personalitat...). Aquesta mostra es pot considerar prou representativa de la població no patològica que volem explorar. Per tant, els resultats obtinguts del present estudi poden emprar-se, principalment, per a conèixer millor com un subjecte aprèn a utilitzar una BCI i, al mateix temps, servir de base per a tots aquells usos del sistema que puga fer la població no patològica. En canvi, els usuaris que podrien servir-se de la BCI per a rehabilitació o estimulació, són persones que han patit

danys del sistema nerviós. Aquest grup poblacional no quedaria representat pels participants del nostre estudi. Per tal de reduir aquesta limitació seria interessant ampliar la investigació amb una mostra de persones amb lesions similars exposades a l'entrenament amb la Cursor Task o qualsevol altre visualitzador que funcione com a retroalimentador de la gestió d'una BCI. Tanmateix, no es pot descartar que alguns dels resultats obtinguts siguin extrapolables a determinades condicions patològiques.

Durant la investigació es va produir certa mortalitat de la mostra que hem deixat reflectida tant a les anàlisis com en l'apartat de descripció dels participants. En el primer estudi es va produir un descens de 40 participants (de 89 a 49), entre la primera i la segona part. En el segon estudi es varen depurar les puntuacions extremes o els participants de què no teníem totes les dades. La mostra final passà de 191 a 183.

Abans de plantejar l'anàlisi de les relacions entre les variables que considerades, informarem dels resultats obtinguts en un estudi previ sobre la viabilitat d'usar els barems del Test Aula Nesplora per a una mostra universitària. El test disposa de taules de valors que representen població fins als 16 anys. En un estudi preliminar havíem explorat més en profunditat la idoneïtat d'aquest barems per a la mostra que estudiariem.

A tal efecte, es va consultar directament els estadístics intervinents en la creació del test Aula Nesplora, que van informar positivament de la seua idoneïtat per a la població universitària. Malgrat això, es va decidir que ho estudiariem mitjançant l'avaluació d'una mostra de 29 participants de 16 anys, estudiants d'un Institut de Massamagrell, i els resultats obtinguts en la mostra d'universitaris.

Les variables del test Aula Nesplora més representatives del rendiment (les altres que emprava la prova són variables utilitzades per a fer càlculs) són les següents: Concentració Total (CT); Inhibició Total (IT); Concentració Visual (CV); Inhibició Visual (IV); Concentració Auditiva (CA); Inhibició Auditiva (IA); Omissions amb Distractors (OD); Omissions sense Distractors (OSD); Errors sense Distractors (ESD); Omissions tasca en Hiperestimulació (O. Hiper); Comissions en Hiperestimulació (C.

Hiper); Omissions tasca Hipoactivació (O. Hipo); Comissions tasca Hipoactivació (C. Hipo); Inhibició Distractors interns en tasca Hiperestimulació (ID_Hiper); Inhibició Distractors interns en tasca Hipoestimulació (ID_Hipo). Els resultats ens indiquen que en 12 de les 15 variables no existeixen diferències estadísticament significatives entre els participants de 16 anys i els universitaris. Una de les variables en què hi ha diferència és caràcter auditiu, i no s'ha considerat en l'estudi perquè la naturalesa del BCI és purament visual. Unes altres dos no s'han utilitzat posteriorment perquè són utilitzades pel sistema per a fer càlculs. Informada aquesta qüestió previa, a continuació, procedirem a interpretar els resultats obtinguts de les anàlisis estadístiques, ordenats d'acord amb les hipòtesis plantejades.

Hipòtesi 1. El paradigma d'instrucció consistent en Acció-Acció serà més eficaç que el d'Acció-Relaxació.

El primer dels plantejaments va ser comprovar si el paradigma Acció-Acció, en què el participant ha d'imaginar dos accions motores per tal d'informar la computadora de la direcció que ha de seguir el cursor, era més efectiu que el paradigma Acció-Relaxació. En aquest últim, el control es du a terme mitjançant una acció motora i una altra d'imaginació d'inactivitat. Les instruccions que engloben els paradigmes eren: a) imaginar els braços elevant-se per a que el cursor ascendira en la pantalla durant la Cursor Task, o imaginar els dos peus com si estigueren prement l'accelerador d'un cotxe per tal de que descendira (per la doble activitat motora imaginada s'anomena a aquest Acció-Acció) en contraposició amb; b) la imaginació dels braços elevant-se per tal de que ascendira el cursor i la imaginació dels braços relaxats (paradigma Acció-Relaxació) per a informar al sistema havia de descendir el cursor.

Els participants feien tres entrenaments de cadascun dels paradigmes consistents en 20 exercicis per bloc. Es van emprar els percentatges d'èxit obtinguts per a fer les anàlisis de dades.

La prova de Friedman aplicada als resultat obtinguts del paradigma Acció-Relaxació no mostrà diferències estadísticament significatives entre el primer i el tercer entrenament. Per aquesta

raó considerem que el subjecte no mostra evolució de la capacitat d'aprendre a utilitzar la BCI amb aquestes instruccions.

D'altra banda, l'aplicació de Friedman sobre els resultats del paradigma Acció-Acció tampoc no mostrà diferències estadísticament significatives. No obstant, es van fer proves aparellades a posteriori mitjançant Wilcoxon (equivalent no paramètrica a la t de Student per a grups relacionats) i es comprovà que existeixen diferències entre el primer i el tercer entrenament. Els resultats obtinguts ens permeten confiar en que el paradigma Acció-Acció resulta més convenient per a aconseguir controlar mentalment la BCI .

En el moment en què els participants estaven entrenant-se amb els paradigmes, i atés que considerem que el paradigma Acció-Acció podria ser més eficaç, vam aplicar cinc entrenaments per tal de comprovar, a posteriori, els resultats també milloraven en la mesura en que augmentava el nombre d'exercicis. A l'hora d'analitzar les dades, per una banda, es compararen els tres primers entrenaments d'Acció-Relaxació amb els tres primers d'Acció-Acció, i per l'altra s'estudià la relació entre el primer i el cinquè entrenament d'Acció-Acció. La prova de Friedman mostrà diferències estadísticament significatives entre el primer i el cinquè entrenament de manera més global. Posteriorment, i l'aplicació de Wilcoxon revelà diferències estadísticament significatives entre els entrenaments 1er i el 3er, 1er i el 4rt, 1er i 5é. i 2n i 5é i, per últim, 4rt i 5é. Això permet afirmar que, amb el paradigma Acció-Acció, a banda de presentar una evolució positiva en el procés d'aprenentatge amb el mateix nombre d'entrenament emprat per al paradigma Acció-Relaxació, es continua afiançant el procés de consolidació mostrant una corba positiva d'augment dels percentatges d'èxit .

És possible que per als participants siga més fàcil imaginar dos accions que impliquen fer una mateixa activitat. Alguns, durant l'entrenament manifestaven les dificultats percebudes en imaginar-se els braços relaxats. El canvi cognitiu d'acció a inacció pot ser més difícil de fer que la imaginació de dos accions més fàcilment representables. Els problemes per a generar una imatge mental clara de

l'acció, podrien influir en la potència i claredat de les ones EEG. Per a poder activar els circuits implicats en una activitat motora específica, és necessari que la representació siga clara, completa i explícita i, la instrucció "relaxació" pot ser massa ampla per a que la cinemàtica puga ser representada amb èxit. Les dificultats per a generar una imatge nítida de la inactivitat dels braços podria, al mateix temps, enviar informació ambigua o errònia al sistema i, per tant, no ser efectiva per a manipular-lo.

Considerem possible que per a un usuari no expert en reduir al mínim l'activitat cognitiva (corresponent a la segona part del paradigma Acció/Relaxació), com podrien ser persones entrenades en meditació o Mindfulness, trove dificultats per a fer-ho durant els exercicis plantejats. Si a més, afegim que ha d'alternar entre activitat e inactivitat mental pel que fa a la imaginació del moviment del seus braços, es probable que complique la viabilitat de l'aplicació i, per tant, es reduísca la capacitat de l'usuari per a controlar la BCI amb aquest paradigma. Per altra banda, la possibilitat de realitzar dos tasques mentals controlades y basades en el moviment, com són les instruccions en les que es basa el paradigma d'Acció/Acció, podria convertir-se en un sistema més senzill de dur a terme. Per tant, els usuaris, podrien presentar més facilitats per a alternar entre dos tasques de control mental que impliquen dos accions realitzades per extremitats o parts del cos, amb una gran representació cerebral, respecte de les dificultats que puga suposar l'alternança entre imaginar una activitat motora d'una extremitat i la seua inactivitat. Considerem possible, que la representació cerebral de la inactivitat d'un membre i l'activitat cognitiva que puga acompanyar a aquesta requereixen de més esforços i entrenament per tal de realitzar-se correctament.

Hipòtesi 2. Els participants amb millors puntuacions en funcions atencionals, avaluades independentment (Concentració, Capacitat d'inhibició, Temps de resposta general, Temps de resposta davant els errors) obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

Es va considerar que les variables cognitives com l'atenció i les funcions executives podien estar relacionades amb la capacitat d'aprenentatge de la BCI amb una relació positiva i directa (com

millors habilitats atencionals i executives, més ràpid aprenentatge a la Cursor Task). I que, per tant, aquells participants que mostraven un millor rendiment atencional, serien més capaços d'aprendre a manipular la BCI ràpidament.

Els resultats dels tres entrenaments del paradigma Acció-Relaxació i Acció- Acció amb les variables atencionals i executives mostren l'existència de diferències estadísticament significatives entre les dos estratègies esmentades, mentre que cap de les dos no manté relació amb les variables atencionals. Això pot explicar que els participants mostren millors habilitats per a progressar amb la BCI amb el paradigma Acció-Acció respecte al paradigma d'Acció- Relaxació. No obstant, no s'han trobat relacions entre cap d'aquestes variables i les puntuacions obtingudes en concentració total, és a dir, la mesura que informa de la capacitat dels participants per a concentrar-se en el test de Realitat Virtual Aula Nesplora (CT). Tampoc no s'ha observat relació entre el procés d'aprenentatge i la capacitat d'inhibició de resposta, entesa com el control de la impulsivitat (IT). Les anàlisis estadístiques també revelen que la velocitat de processament de la informació no està relacionada amb el procés d'aprenentatge.

Entre les variables cognitives i executives també s'incloueren la capacitat reflexiva del subjecte, entesa com el temps de mitja que dedica a procesar un estímul (TR CT) abans de donar una resposta equivocada i, tampoc en aquest cas, no s'ha vist que estiguen relacionades. Les anàlisis no han identificat cap associació entre la variabilitat de l'atenció mostrada durant el test Aula Nesplora, és a dir, les fluctuacions atencionals que mostra el subjecte durant el temps de la prova, i el procés d'aprenentatge de la BCI. Per tant, amb aquests resultats no es pot considerar que la capacitat atencional del subjecte pugui influir en una millor habilitat per a automatitzar l'ús de la BCI.

En aquestes anàlisis es constatà una relació positiva i significativa entre la concentració total del subjecte i la capacitat d'inhibició de resposta. També s'observà una relació negativa entre la concentració i el temps invertit en procesar un estímul abans d'equivocar-se. Pel que fa al primer, un participant amb millor capacitat per a atendre a la informació de la prova obté millor rendiment, i

comet menys errors. De la mateixa manera, si el participant, encara que dedicant temps al processament de les dades s'equivoca a l'hora de donar la resposta, està indicant que la seua concentració no es l'adequada. Aquests resultats aporten informació paral·lela a la hipòtesi plantejada però no clarifiquen la qüestió plantejada.

Hipòtesis 3: Els participants que presenten millors puntuacions en les variables d'atenció del test CPT II , avaluades independentment com Capacitat de Vigilància, Velocitat de processament de la informació, Atenció visual general i Consistència de resposta, obtindran millor puntuacions en el procés d'aprenentatge de la BCI.

Els resultats obtinguts informen que els participants amb millors puntuacions en la mitjana del paradigma A/R també ho havien fet millor amb les variables HRTBC (Hit Reaction Time Block Change; Vigilància), durant la prova i amb HRT_ISI_C (Hit reactions time ISI change; Puntuació temps de reacció a les 3 velocitat de presentació de l'estímul). Als participants amb més capacitat per a concentrar-se durant la prova, i més velocitat de reacció avaluades amb el CPT II) els resultava més fàcil el procés d'aprenentatge de la BCI amb el paradigma A/R .Això no s'ha observat amb el paradigma A/A. Cal tindre present que el paradigma A/R és ineficient per a garantir l'aprenentatge, i que això dificulta l'establiment d'una relació entre l'automatització en l'ús de la interfície i les variables atencionals. Per altra banda, no s'ha trobat relació entre el procés d'aprenentatge i l'atenció visual general durant la prova, tampoc amb la consistència de resposta (entesa com la capacitat per a romandre atent, sense fluctuacions, durant tot el temps que dura l'exercici).

Les variables atencionals també mostren correlacions entre sí. Els participants que mostren una millor consistència de resposta també són més ràpids en respondre als estímuls presentats. A més, a mesura que el temps de resposta s'incrementa, també augmenta en la variabilitat a l'hora de reaccionar.

Els resultats mostren que els participants que responen menys vegades per baix dels 100 milisegons (considerades com respostes impulsives), presenten més capacitat per a diferenciar davant de quins estímuls han de respondre o no ho han de fer.

Independentment que aquestes dificultats o errors de processament durant la prova generen patrons de relació entre les diferents variables atencionals, no s'ha establert cap criteri clar d'associació entre el procés d'aprenentatge i les funcions atencionals estudiades.

Hipòtesi 4 : Els participants que presenten bones puntuacions en atenció visual avaluada independentment (Concentració visual; Inhibició visual ;Temps de Resposta en Encerts Visuals; Temps Resposta en Comissions Visuals; Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals) obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

La BCI utilitzada fa servir estímuls de caràcter visual (Cursor Task). Es considerà interessant explorar el perfil atencional específic d'aquest canal sensorial per tal de comprovar si hi havia relacions entre una major capacitat i millor habilitats per a controlar la ICC. Les variables escollides pertanyen al test Aula Nesplora. La concentració visual es defineix com la capacitat per a romandre atent als estímuls d'aquesta naturalesa. La informació s'obté de l'anàlisi dels èxits en els estímuls en forma d'imatges. Per altra banda, la inhibició visual informa de la capacitat del subjecte per a ometre la informació d'aquest canal sensorial considerada no rellevant per a l'èxit. El temps de resposta en encerts visuals informa de la velocitat de processament de la informació específica per a aquest canal, i la variància en el temps de resposta revela si el subjecte ha presentat un patró atencional constant o variable. Per últim, la variància en temps de resposta per a comissions visuals informa sobre la capacitat reflexiva del subjecte quan els estímuls són de caràcter no verbal.

Els resultats no mostren relació entre cap de les variables d'atenció visual, avaluades mitjançant el Test Aula Nesplora, i el procés d'aprenentatge de la BCI. Sembla que la capacitat d'atenció visual no afecta les el rendiment durant la tasca.

Com ja s'ha dit, es tracta d'una mostra no patològica i les franges de rendiment atencional fluctuen entre puntuacions òptimes. És possible que els resultats indiquen que, amb nivells adequats d'atenció, n'hi ha prou per a fer la tasca de manera efectiva, i que si es compararen els resultats del percentatge d'èxit amb els d'una mostra de participants amb problemes atencionals, podrien aparèixer diferències de rendiment.

No obstant, les variables d'atenció visual sí que han mostrat relacions entre si.

La variable més general Concentració Visual ha mostrat relació amb la resta de variables: Inhibició Visual; Mitjana Temps de Resposta en Encerts Visuals; Mitjana Temps Resposta en Comissions Visuals i Variància en Temps de Resposta per a Comissions Visuals.

Hipòtesi 5: Els participants que presenten una millor capacitat per a controlar i inhibir els distractors interns obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

Es decidí d'incloure l'avaluació de la capacitat del participants per a inhibir distractors interns. Els distractors interns són pensaments invasius que interfereixen en les tasques d'atenció, independentment de si són de naturalesa visual o auditiva. Es considerà que, per a un millor rendiment, l'usuari d'una BCI hauria de concentrar-se exclusivament, en les instruccions del paradigma corresponent i evitar qualsevol distractor. Per això es considera especialment rellevant, aquesta puntuació del test de Realitat Virtual Aula Nesplora. Els resultats mostren que la capacitat d'inhibir els distractors interns podria no estar involucrada en el procés d'aprenentatge de la BCI, i que, independentment de si un usuari presentava o no pensament invasius durant la realització de la Cursor Task, no es deteriorava el seu rendiment. La capacitat del subjecte per a concentrar-se únicament i exclusiva en la imaginació motora, i excloure distractors interns, podria contribuir a la producció d'ones electroencefalogràfiques més potents i netes. Tanmateix, els resultats obtinguts no ens permeten concloure que es pugui establir relació entre aquestes dos qüestions.

Sí que s'observa relació entre la capacitat d'inhibir distractors interns entre les tasques d'hiperestimulació durant la prova, i les d'hipoactivació, és a dir, els participants que controlen millor els distractors interns en una tasca també ho fan en l'altra.

Hipòtesi 6: El participants que puntuen alt en obertura a la experiència o responsabilitat en el test Big Five, obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

Els trets de personalitat, de la mateixa manera que les variables cognitives, podrien afectar el rendiment a la Cursor Task. S'aplicà el test Big Five per tal d'obtenir un perfil dels trets de personalitat de la mostra. Aquells que s'inclouen són Extraversió, Cordialitat, Responsabilitat, Neuroticisme i Obertura a l'experiència. Es va valorar si, específicament, els trets de personalitat "Obertura a l'experiència" i "Responsabilitat" podrien mantenir relació en les habilitats del subjecte per a controlar la interfície. El primer dels trets informa de la disposició dels participants a experimentar situacions noves o poc habituals. Per altra banda, la variable responsabilitat, s'entén com la capacitat del subjecte per a aplicar-se de manera diligent amb la tasca i enfrontat-se a ella amb una actitud positiva cap a l'èxit. Les BCI son eines molt noves que soprenen els usuaris en el primer contacte. Açò, juntament amb la importància que tinga per al subjecte el fet de fer bé allò que se li ha encomanat, es va considerar d'especial rellevància en l'estudi. Els resultats revelen una correlació estadísticament significativa positiva i de magnitud moderada- baixa entre les variables A/A i el factor Obertura a l'experiència del Big Five: els participants amb més disposició a experimentar situacions noves o poc habituals, també la tenen per a enfrontar-se a la BCI per primera vegada. A l'hora d'entrenar un subjecte seria interessant tindre present que primer ha de baixar l'alerta respecte al sistema amb el que va a entrenar per a, posteriorment, ja més habituat, poder trobar-se menys ansiós durant l'entrenament.

Per altra banda, la variable responsabilitat no presenta relació amb el procés d'aprenentatge i que, per tant, sembla que voler fer bé la tasca no influeix en que pugui eixir millor.

Hipòtesi 7: Els participants que puntuen alt en Neuroticisme obtindran pitjors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

A banda de les variables “ Obertura a l'experiència” i “Responsabilitat” interpretades a l'anterior punt, també hem estudiat la resta de trets resultants de la complimentació del test. Vam considerar, que les persones que puntuen alt en Neuroticisme podien obtenir pitjors rendiments a la prova. Aquest tret de personalitat representa individus amb una alta inseguretat emocional i inestabilitat. També s'observa en persones amb una elevada ansietat i tendència a atribuir-se a ells mateixos els fracassos. Els resultats mostren que no existeix relació ni directa ni inversa entre el Neuroticisme i les habilitats per a automatitzar més ràpidament l'ús de l'eina. Per tant, els aspectes emocionals que transcendeixen d'aquest factor no suposen una merma per a utilitzar la interfície.

Encara que no hem tingut presents la resta de trets de personalitat avaluats pel Big Five, comprovem que cap dels estudiats no mostra relació amb l'aprenentatge del BCI.

Segon Estudi

L'objectiu general, després de constatar que el paradigma A/A facilitava més l'aprenentatge, era obtenir informació sobre quin dels paradigmes paradigmes d'Acció/Acció (Mans- Peus o Mà dreta- Mà esquerra), beneficiaria més el procés d'automatització de la BCI. A més, es va estudiar si existia relació entre la resposta del subjecte després d'un fracàs, tenint presents els diferents estils d'afrontament i l'èxit a la tasca. També es valorà si hi havia relació entre certs hàbits i rutines diàries dels participants i les habilitats per a manipular l'eina, així com si alguns aspectes vinculats a la flexibilitat cognitiva i la capacitat per a canviar de set atencional podien estar relacionats amb un procés d'aprenentatge més ràpid.

Com ho hem fet anteriorment, discutirem els resultats en relació a les hipòtesis.

Hipòtesi 1: El paradigma d'Acció-Acció consistent en la imaginació motora de mà dreta i mà esquerra mostrarà bona evolució en el procés d'aprenentatge d'una BCI.

El paradigma d'Acció/Acció consistent en la imaginació motora de la pressió del puny esquerre per a aconseguir que el cursor es moga cap a l'esquerra i la del dret per a aconseguir el moviment en aquesta direcció (paradigma mà dreta/mà esquerra) no mostra evolució de l'aprenentatge durant els tres primers entrenaments. Tampoc no s'observa aquest efecte quan s'estudia la relació amb entrenaments aparellats. Independentment que el procés en sí no presente evolució, tampoc no hi ha cap entrenament que implique una consolidació de les estratègies de manera efectiva, atès que el percentatge d'èxit aconseguit pels participants no supera el delimitat com a respostes atzaroses. Per tant, no és possible afirmar que aquest paradigma represente una bona estratègia per al control del BCI.

Hipòtesi 2: El paradigma d'Acció-Acció consistent en la imaginació motora de mans i peus mostrarà bona evolució en el procés d'aprenentatge d'un BCI.

En aquesta ocasió i després dels tres entrenaments amb el paradigma d'Acció/Acció Mans-Peus no s'ha observat evolució en el procés d'aprenentatge. El subjecte ha d'imaginar que els braços puguen, si vol que el cursor ho faça, i que fa força amb les puntes dels dits (com prémer l'accelerador d'un cotxe) quan vol aconseguir que baixi. Tampoc no s'ha comprovat, quan estudiem els entrenaments comparats par a par que hi haja diferències. És per tant, un aspecte a considerar que, en la segona part de l'estudi els participants no han mostrat cap evolució en el control de l'eina amb aquesta estratègia.

No obstant, els resultats evidencien que, per bé que individualment, amb tres entrenaments cap de les estratègies no mostra evolució significativa en l'aprenentatge. L'estratègia H-F comparada amb R-L presenta unes mitjanes d'èxit superiors. Hi ha més participants amb puntuacions properes al 100% d'èxit en les tres primeres proves. Hom podria considerar aquesta una altra forma d'expressar

els avantatges del paradigma H-F respecte al R-L. El fet que els participants tinguen més èxit també mostra que el paradigma pot ser més convenient a l'hora de fer servir la BCI correctament.

Hipòtesi 3: L'estratègia consistent en tres entrenaments amb el paradigma mans i peus serà més efectiva per a aconseguir l'automatització de l'aprenentatge que l'estratègia mà dreta i mà esquerra.

Els tres entrenaments de cada paradigma mostren resultats poc consistents. Per això, considerem que d'entrenament a entrenament, no podem definir que cap estratègia siga més beneficiosa per a assolir l'automatització. No obstant, i quan estudiem les mitjanes de puntuacions d'èxit obtingudes en el paradigma H/F i R/L es constata que el percentatge d'èxit es significativament superior en tres entrenaments amb el paradigma mans/peus respecte al de mà dreta/ mà esquerra. Per tant, el paradigma H/F continua mostrant-se més eficient en el segon estudi. En aquesta ocasió la raó és que els participants obtenen percentatges d'èxit més elevats des d'un principi.

En el cas del primer estudi, la major eficiència es basava en la presentació d'evolució positiva en el percentatge d'èxits, mentre que, en aquesta segona part, hem observat que el percentatge d'èxits és més alt amb l'estratègia Mans/Peus. Tant una fórmula com l'altra mostren que és probablement més fàcil de controlar.

Hipòtesi 4: Els participants obtindran millors puntuacions quan s'exposen, passat un temps, als paradigmes en què s'han entrenat en la línia base.

Per a avaluar això, es va emprar una mostra de 7 participants amb les mateixes característiques que la mostra inicial. Van ser entrenats, aleatòriament, amb el paradigma d'Acció/Acció H-F i R-L, amb un test i un posterior retest a les dos setmanes. La intenció era valorar si hi havia un efecte de recència de l'aprenentatge, i si el rendiment en el primer entrenament permetien predir el rendiment en el post- test.

Els resultats no mostren cap efecte entre el test i el retest, de tal manera que podem considerar que, amb aquesta franja de temps, no canvia el rendiment en la tasca BCI. És possible que els participants mantinguen els aprenentatges actius durant menys dies, a partir dels quals comença a desdibuixar-se allò après. Cal considerar això a l'hora de dissenyar programes d'entrenament amb el sistema (en rehabilitació o estimulació), perquè la distància entre una exposició i una altra, possiblement hauria de ser inferior a dos setmanes.

Hipòtesi 5: Els participants que ja havien fet la Wisconsin Task presentaran millors puntuacions en flexibilitat cognitiva i perseveracions, respecte d'aquells que no l'havien feta prèviament.

El test de Wisconsin és un sistema molt conegut d'avaluació de funcions atencional i executives. La forma de valoració inclou un tipus d'estratègia que el subjecte aprèn a mesura que va realitzant la prova. Precisament, l'avaluador, cada 10 èxits de resposta en la tasca, informa que el resultat és erroni (encara que no ho siga). El subjecte ha d'adonar-se que el patró de resposta ha canviat i que, per tant, ha de modificar els criteris que anteriorment feia servir, per a resoldre l'exercici. El resultat d'aprenentatge o no d'aquesta estratègia implica un millor o pitjor rendiment, i també mostrarà una relació directa amb el nombre d'errors i perseveracions comesos durant el test. Al cap i a la fi, el que s'espera també durant la prova, és que el subjecte compregua quin patró de correcció canviant està utilitzant l'avaluador i, per tant, els resultats finals de l'aplicació del test no seran iguals per a una persona que s'hi enfronta per primera vegada, com per a algú que ja tinga experiència en la prova.

Tenint present aquesta qüestió es plantejà, prèviament a l'anàlisi dels resultats, la relació entre aquells participants que ja havien fet el test, i els efectes sobre el rendiment en un possible "retest" que es plantejava en haver d'administrar una vegada més el test de Wisconsin.

Per això, s'hi inclogué la qüestió "T'havien administrat anteriorment a aquesta investigació el test de Wisconsin?", per tal de estudiar la relació entre els resultats d'una segona administració i la realització previa.

Els resultats mostren que els participants que sí que havien fet el test la prova , cometien menys errors i perseveracions en l'aplicació del nostre estudi. És a dir, hi havia un record de la estratègia emprada pel test de Wisconsin .

Hipòtesi 6: Els participants amb millors habilitats executives, avaluades independentment (capacitat per a canviar de set atencional o flexibilitat cognitiva i perseveracions en resposta) obtindran millors puntuacions en el procés d'aprenentatge del BCI.

Els resultats obtinguts respecte a la hipòtesi anterior resulten útils a l'hora de valorar el rendiment en el Test de Wisconsin, i la seua relació amb l'èxit en la BCI.

Durant l'entrenament amb la interfície i l'aplicació dels paradigmes, els participants havien d'alternar constantment entre dos estratègies de control mental. Això demana una bona habilitat per a concentrar-se puntualment en una, per a després concentrar-se'n en l'altra, i evitar qualsevol pensament relacionat amb la primera. L'habilitat per a canviar el set atencional pot resultar facilitadora d'aquesta activitat, i es pot avaluar mitjançant el test de Wisconsin.

Si relacionem el nombre d'errors i perseveracions (intent en què el subjecte persevera en l'error abans de canviar els criteris per a donar una resposta correcta), en contrast amb l'aprenentatge de la BCI, és important garantir que tots els participants avaluats es troben en igualtat de condicions. La finalitat de la pregunta sobre l'administració previa del Wisconsin, permet arribar a una mostra homogènea conformada, per una banda, per participants que l'han realitzat amb anterioritat i, per altra, els que no ho han fet, per a després relacionar-les individualment amb el rendiment a la Cursor Task.

Les anàlisis es van aplicar subdividint la mostra en dos grups: els qui ja havien fet el Wisconsin i els qui no. Els resultats no revelen cap relació ni amb el nombre d'errors ni amb les perseveracions comeses amb el percentatge d'èxit en la tasca del BCI en cap dels dos grups. Així que, independentment de que els primers hagin obtingut uns millors resultats en l'administració del

nostre estudi, derivat molt possiblement d'un efecte retest, ni la flexibilitat cognitiva ni l'habilitat per a canviar de set cognitiu, mostren relació amb el procés d'aprenentatge de l'ICC.

Hipòtesi 7: Hi ha una relació entre els estils de personalitat avaluada mitjançant el test PSSIK i el procés d'aprenentatge del BCI.

En la segona part de l'estudi s'utilitzà el qüestionari PSSIK per tal d'ampliar la informació de l'àmbit de la personalitat i la seua relació amb l'aprenentatge de la BCI. Aquest inventari detalla, específicament, 10 estils de personalitats que estudia desde l'extrem no patològic fins al patològic. A continuació els exposem:

1. Estil voluntariós (Trastorn Paranoide;PN).
2. Estil reservat (Trastorn Esquizoide; SZ)
3. Estil premonicional (Trastorn Esquizotípic; SZ).
4. Estil Espontani (Trastorn Límit; BL)
5. Estil Amable (Trastorn Histriònic; HI).
6. Estil Ambiciós (Trastorn Narcisista; NA)
7. Estil Autocrític (Trastorn Insegur, SU).
8. Estil Lleial (Trastorn Dependent ;AB).
9. Estil Diligent (Trastorn Obsessiu; ZW).
10. Estil Crític (Trastorn Negativista; NT)

Es varen comparar els participants, segons els seus estils, i la seua capacitat per a progressar ràpidament en l'aprenentatge de la Cursor Task, sense que es constatarà cap relació entre eixos aspectes . Això, juntament amb l'avaluació de la personalitat en el primer estudi, mostra que ni els trets, en general, ni els estils, no poden ser considerats com a factors facilitadors de l'aprenentatge. Únicament, "Obertura a l'experiència" ha mostrat ser rellevant per al procés.

Hipòtesi 8: Els participants que puntuen alt en orientació a l'acció (test HAKEMP) presenten millors puntuacions en el procés d'aprenentatge de la BCI, que els participants que mostren més orientació a l'estat.

El test HAKEMP proporciona informació sobre l'atribució del fracàs durant l'aprenentatge. Els participants, en complimentar el qüestionari, diuen si presenten un estil d'afrontament del fracàs en què predomina l'orientació a l'acció, que permet d'eludir pensaments invasius relacionats amb les emocions derivades del mateix event, i concentrar l'activitat cognitiva en resoldre la tasca, o si –per contra– la fórmula de gestió del fracàs es concentra en les emocions i en com influeixen el seu estat. La nostra hipòtesi, plantejava que els individus més orientats a l'acció, i que mantenen les emocions sota control, podrien aprendre més fàcilment el control de la BCI. Previament, s'havia definit la possible existència de relacions entre les dos variables independents. EL test HAKEMP conté dos àrees relativament relacionades: AOF i AOD. AOF informa sobre l'orientació a l'acció o a l'estat, posteriors a un fracàs en la tasca, mentre que AOD identifica l'orientació a l'acció o a l'estat en la planificació i en la decisió de l'acció. L'absència de relació entre els resultats de les dos àrees permet analitzar i interpretar les dades obtingudes, de manera independent. Això garanteix una millor depuració de les dades incloses en les anàlisis.

Després constatar d'absència de relació entre la forma d'afrontar la situació i el rendiment en la Cursor Task (participants que presenten una alta puntuació en orientació a l'acció després del fracàs a una tasca), s'observà que no hi havia millors resultats en el procés d'aprenentatge de la BCI per part dels que presenten una major orientació a l'estat. També es comprovà que no existia relació entre l'orientació a l'acció o a l'estat, a l'hora de planificar la següent activitat, i la decisió en dur-la a terme respecte al procés d'automatització. Per tant, els estils d'afrontament de la tasca i la forma en què cada subjecte gestiona l'estrès derivat del fracàs durant l'entrenament, no sembla que estiguen relacionats amb el procés d'aprenentatge.

Hipòtesi 9: Existeix un efecte de la lateralitat del subjecte sobre la capacitat per a emprar la BCI.

Es dissenyà un qüestionari per a obtindre informació sobre les diferents rutines o activitats que feien els participants, i que havien mostrat, d'acord amb la bibliografia, que podien tindre relació amb les habilitats per al maneig de la BCI. La pregunta de "Eres dretre o esquerrà?" tenia com a intenció estudiar la relació entre la lateralitat dels participants i la capacitat per a aprendre, amb més rapidesa, l'ús de la BCI. Sobretot si tenia influència amb la instrucció Mà dreta/Mà esquerra .

Els resultats no mostren diferències estadísticament significatives entre participants amb una disposició clarament dretana o esquerrana, i l'aprenentatge de la Cursor Task en cap de les instruccions.

Hipòtesis 10: Existeix un efecte de la pràctica d'instruments sobre la capacitat per a emprar la BCI.

De la mateixa manera, i tot tenint present que la pràctica d'instruments havia mostrat relació en estudis anteriors, s'incloué la següent pregunta en el test inicial: "Toques algun instrument musical habitualment?". Les respostes possibles eren si o no, i es considerava a posteriori el temps dedicat a la pràctica d'aquesta activitat.

No hi ha relació entre la pràctica habitual (tocar un instrument) i més facilitat per a aprendre l'ús de l'ICC. Per aquesta raó, no s'analitzà el temps dedicat diàriament a practicar amb els instruments.

Hipòtesi 11: Hi ha un efecte del bilingüisme sobre la capacitat del subjecte per a emprar el BCI.

La bibliografia consultada suggereix que les persones que viuen en un entorn de convivència entre dos llengües, i practiquen habitualment el bilingüisme, presentarien millors habilitats executives pel que fa al canvi de set cognitiu. De fet, aquest entrenament constant, pot ser un bon estimulador de funcions relacionades amb patologies que afecten al sistema nerviós central.

Considerant aquesta situació, i la importància de la flexibilitat cognitiva per a l'activitat que estem estudiant, es va incloure aquesta variable.

Vam sondejar directament als participants sobre les seues competències lingüístiques. La pregunta era "Et consideres una persona bilingüe?". La resposta, de caràcter dicotòmic, incloïa un subapartat en el que els participants havien de baremar les seues capacitats.

Els resultats no mostren relació entre el bilingüisme i la capacitat per a fer servir amb més eficiència la BCI. Novament, l'habilitat per a canviar el Set atencional i la flexibilitat cognitiva no semblen estar relacionades amb el maneig de la Interfície.

Hipòtesi 12: Hi ha un efecte de la pràctica de Videojocs o relació amb les tecnologies i la capacitat del subjecte per a emprar la BCI.

La pràctica i entrenament diari d'activitats directament relacionades amb la tecnologia podria ser un factor facilitador de l'aprenentatge d'una BCI. Per això, s'ha estudiat aquesta qüestió i les implicacions que podria tindre per a la tasca.

En el test inicial es va plantejar als participants la següent qüestió: "Jugues habitualment a videojocs?" Les respostes eren dicotòmiques (sí i no) i si la resposta era afirmativa s'havia seleccionat el temps dedicat a la pràctica.

Els resultats no mostren relacions significatives entre la pràctica habitual d'aquesta activitat i la facilitació a l'hora d'aprendre a utilitzar el sistema.

Hipòtesi 13: Hi ha un efecte del descans del subjecte amb la capacitat per a emprar la BCI.

La capacitat de les persones per a poder concentrar-se manté una relació directa amb el descans. Per això, el test inicial incloïa la pregunta sobre "Has dormit bé la nit passada?". resultats sí que revelen diferències estadísticament significatives entre els participants que havien respost afirmativament, i el seu rendiment a la tasca. Per tal qüestió, considerem que un subjecte descansat

podria trobar-se en un estat millor per a per a dur a terme l'activitat requerida i que, per tant, deuria ser un requeriment en un programa d'entrenament amb BCI.

Una limitació de la investigació és que s'ha centrat en un únic tipus de BCI i no s'ha explorat el comportament d'aquesta mateixa mostra en altres sistemes. Tal i com hem comentat, l'analfabetisme en els BCI pot ser de naturalesa general o específica per a un tipus d'ICC. En la població estudiada, i específicament en el paradigma d'imaginació motora, totes les variables anteriors poden no estar implicades en afavorir o dificultar la relació establerta entre el sistema humà/màquina, i que solament aquelles com la utilització de la instrucció Mans/Peus, l'Obertura a l'experiència de l'usuari i la qualitat del descans podrien ser influents.

Els resultats evidencien que la precisió que s'obté de l'enregistrament amb elèctrodes intracraneals (no superficials com els emprats en l'estudi) és molt elevada. Cal més investigació per a definir com es podria millorar la precisió elèctrodes de superfície. Per això, considerem valuosa la replicació d'aquest estudi amb moviment real i no imaginari, per tal de poder comprovar si hi ha més efectivitat a la Cursor Task quan s'enregistra mentre es fa el moviment. Si fóra el cas, deuríem plantejar- nos perquè en imaginació no es produeix el mateix efecte.

Així mateix, considerem important intensificar els estudis sobre la representació mental de moviments motors reals respecte als imaginats. Com més garanteixi la similitud d'ambdós moviments, més control es podrà exercir. Les investigacions realitzades fins l'actualitat mostren que, en la imaginació motora, l'activitat cerebral és superior en experts que en principiants. Per exemple, imaginar el llançament d'una pilota a cistella en un jugador d'elit respecte a una persona que no practica habitualment el bàsquet. També s'ha observat que es produeix aquest augment de l'activitat en les àrees cerebrals implicades quan el moviment s'entrena amb intensitat (Mizuguchi, Kanosue; 2017). Estudiar aquestes qüestions pot aportar la informació que es precisa per a controlar amb més èxit la ICC. En aquesta línia es podria explorar la influència en el control del BCI d'un

moviment motor entrenat de manera intensiva respecte a un moviment espontani (com es el cas del nostre estudi).

Seria interessant ampliar l'exploració a grups de persones amb alteracions atencional, atès que no s'ha establert cap relació entre el control de la interfície en participants que no presenten problemes en aquesta capacitat. És possible que entre els rangs de normalitat no es troben diferències entre participants, que sí que podrien existir quan l'atenció està alterada.

La possible falta d'atribució a un mateix (Sense Agency) dels moviments realitzats quan fem la Cursor Task, pot reduir la capacitat del subjecte per a poder donar una ordre clara a la ICC (Alonso, Arreola i Argüello; 2019). Podria ser que els sistemes de feedback, com la tasca del cursor, en què s'ha d'imaginar una acció que no és clarament la que vol que faci el sistema, suposaren una reducció de la capacitat per a controlar-lo. Informar l'ordinador de l'elevació d'un cursor, mitjançant la imaginació que els braços s'estan alçant, no mostra —a priori— una elevada congruència. Per contra, si es visualitza com a feedback el mateix que es vol fer (elevant els braços amb un exosquelet, mentre s'imagina l'acció de pujar els braços) potser s'obtidria més èxit. Per tant, emular la còpia dels comandaments motors podria ser una bona estratègia per a controlar la BCI, i emprar plataformes com la Cursor Task podria no ser l'opció més adequada.

Això es fa extensible a que com més ecològic és el format de la tasca d'imaginació motora (fer exactament una representació mental de l'acció motora a realitzar), més control es pot exercir sobre la interfície.

Una altra línia d'investigació es podria centrar en si el moviment imaginat d'una acció motora més precís en la cinemàtica o visualització de l'acció (Esparza, 2008) pot generar més activitat de les àrees de les quals cal enregistrar les ones. La instrucció "mou els braços cap a dalt" pot activar un format ambigu d'activació cortical. Per contra, si el moviment a imaginar és clar i precís (per exemple: "prem els punys com si agafares el manillar de la bicicleta"), la imatge i les sensacions poden resultar més nítides i provocar una activació clara de patrons que es representarien durant

l'acció real del moviment. Com ja sabem, millorar l'efectivitat amb què l'humà dona l'ordre a la màquina és primordial per a aconseguir més control.

A partir dels resultats i el coneixement obtingut en aquesta investigació, també sembla interessant estudiar la influència de l'anatomia cerebral de cada individu ja que pot influir a l'hora d'enviar les ones en direcció a l'elèctrode.

Conclusions

En aquesta tesi hem estudiat les funcions neurocognitives i trets de personalitat implicats en la ràpida automatització del maneig d'una Interfície Cervell Computadora.

Principalment s'han explorat dos qüestions: els principals factors que aporta el subjecte al sistema humà /BCI, i quins son els paradigmes més adients per a manipular la interfície.

1. El paradigma Acció/Acció i la instrucció específica Mans/Peus, es mostren com els més adequats per a facilitar el maneig de la BCI.
2. Al contrari del que s'havia hipotetitzat, les variables atencionals –si més no, en la mostra no patològica estudiada–, no han mostrat cap implicació en el procés d'aprenentatge de l'ICC. La capacitat per a controlar els distractors interns, l'atenció visual en tots els seus aspectes, i la capacitat del subjecte per a concentrar-se i eludir distractors externs visuals o auditius, no estan relacionats amb la capacitat d'aprenentatge de la BCI.
3. Les habilitats per a canviar de set cognitiu, i el control de la impulsivitat de resposta tampoc no han mostrat estar relacionades amb la facilitat per a aprendre a usar una BCI.
4. No sembla que els trets de personalitat Neuroticisme i Responsabilitat influeixin en l'aprenentatge de l'ús de BCI.
5. El tret 'Obertura a l'experiència', en canvi, sí que ha mostrat estar relacionat amb la facilitació de l'aprenentatge. Es tracta d'un tret propi de persones amb baixa resistència a estendre els seus interessos i que no s'angoixen davant de situacions noves. Si considerem que la proposta de controlar amb la ment un computador pot resultar inquietant, podríem concloure que els més disposats a experimentar noves experiències tenen més capacitat per a assolir l'objectiu.
6. Tampoc no s'ha trobat relació entre les habilitats d'afrontament dels fracassos (considerades com a conductes d'ansietat davant de la tasca) amb el maneig de la BCI.

7. Entre les rutines freqüents que practica regularment el subjecte, la qualitat del descans durant la nit anterior a la prova, és la que més ha afectat el rendiment.
8. Amb una mostra menor (N=7), s'ha comprovat la conveniència que els entrenaments amb BCI tinguen lloc en un període inferior a dos setmanes. Els subjectes no mostren consolidació ni recència dels aprenentatges produïts en l'entrenament anterior, si el temps entre sessions supera els 14 dies.
9. Els participants que informaven d'haver dormit bé la nit anterior mostraven millors rendiments. Tant la distància entre sessions com el descans previ s'haurien de prendre en consideració a l'hora de dissenyar un programa d'entrenament amb la ICC.

En resum, els resultats obtinguts indiquen que en mostres no patològiques, una més ràpida automatització de la BCI no està relacionada ni amb la capacitat atencional i executiva, ni amb els trets de personalitat, llevat de l'Obertura a l'experiència. També cal destacar que el paradigma més útil és el d'Acció/Acció, amb la instrucció Mans/Peus.

La major part de les hipòtesis inicials no s'han vist confirmades en el nostre estudi. Entenem que, en ciència, tant els resultats positius com negatius són valuosos, i tant els uns com els altres són útils per al disseny de noves investigacions que permeten avançar el coneixement en qualsevol camp d'estudi.

Referències

- Abdulkader, S.N., Atia, A., & Mostafa, M.M. (2015). Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal*, 16(2), 213-230. doi:10.1016/j.eij.2015.06.002
- Acharya, J., Hani, A., Cheek, J., Thirumala, P., & Tsuchidak, T. (2016). American clinical neurophysiology society guideline 2: Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 33(4), 308-312. doi:10.1097/WNP.0000000000000316
- Akman Aydin, E., Bay, O. F.& Guler, I. (2017). P300 based asynchronous brain computer interface for environmental control system. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, doi:10.1109/JBHI.2017.2690801
- Ambrosiani, J. (2007). *Neuroanatomía 2007*. Universidad de Sevilla. Retrieved from https://personal.us.es/ambrosiani/Neuroanatomia_2007/intro5.htm
- Fernandez, A (2014). Neuropsicología de la atención. conceptos, alteraciones y evaluación. *Revista de Neuropsicología Argentina* 25-1(1-28).
- Avi Karni, Gundela Meyer, Christine Rey-Hipolito, Peter Jezzard, Michelle M. Adams, Robert Turner, & Leslie G. Ungerleider. (1998). The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 861-868. doi:10.1073/pnas.95.3.861
- Aznar, J. A. (2017). *Psicología de la percepción visual*. Retrieved from <http://www.ub.edu/psicologiabasica/jaznare>
- Baddeley, A. (2017). Modularity, working memory and language acquisition. *Second Language Research*. Special Issue, , 1-13. doi:1177/0267658317709852

- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *The Annual Review of Psychology*, 63, 1-29. doi:10.1146/annurev-psych120710-100422
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Clarendon Press.
- Badgaiyan, R. D. & Posner, M. I. (1997). Time course activations in implicit and explicit recall. *Journal of Neuroscience*, 17, 4904-4913. doi:17-12-04904.1997
- Barch, D., Braver, T., & Nystrom, L. E. (1997). Dissociating working memory from task difficulty in human prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 35, 1371-80.
- Barea, R. (2017). Electroencefalografía. In Universidad de Alcalá (Ed.), *Instrumentación biomédica* (pp. 8). Alcalá de Henares.
- Barkley, R. A. (2001). The executive functions and self-regulation: An evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, 11, 1-29. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11392560>
- Batula, A. M., Mark, J. A., Kim, Y. E. & Ayaz, H. (2017). Comparison of brain activation during motor imagery and motor movement using fNIRS. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2017, 5491296. doi:10.1155/2017/5491296 [doi]
- Berdugo-Vega, G., Arias-Gil, G., López-Fernández, A., Artegiani, B., Wasielewska, J. M., Lee, C. & Calegari, F. (2020). Increasing neurogenesis refines hippocampal. *Nature Communications*, doi:10.1038/s41467-019-14026-z
- Berns, G., Cohen, J. & Nystrom, M. A. (1997). Brain regions responsive to novelty in the absence or awareness. *Science*, 276(5316), 1272-5. doi:10.1126/science.276.5316.1272
- Bhattacharyya, S., Konar, A., Tibarewala, D. N., & Hayashibe, M. (2017). A generic transferable EEG decoder for online detection of error potential in target selection. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 226. doi:10.3389/fnins.2017.00226 [doi]

- Boone, K., Ponton, M., Gorsuch, R., Gonzalez, J. & Miller, B. (1998). Factor analysis of four measures of frontal lobe functioning. *Arch Clin Neuropsychol*, 13, 585-95. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14590619>
- Botvinick, M., Braver, T. & Barch, D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*, 108, 624-52. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11488380>
- Boutros, N., Galderisi, S., Pogarell, O., & Riggio, S. (2011). *Standard electroencephalography in clinical psychiatry: A practical handbook (1a ed.)*. Londres: Oxford.
- Bracy, O. L. (1994). Cognitive functioning and rehabilitation. *Journal of Cognitive Rehabilitation*. 10-28.
- Braver, T., Barch, D. & Gray, J. R. (2001). Anterior cingulate cortex and response conflict : Effects of frequency , inhibition and errors. *Cerebel Cortex*, 11(9), 825-36.
doi:<https://doi.org/10.1093/cercor/11.9.825>
- Bruce, A. (2014). *Biología molecular de la célula. (5a ed.)*. Barcelona: Omega.
- Burgezz, P. W. (1997). Theory and methodology in executive functions research. In P. Rabbit (Ed.), *Methodology of frontal and executive function (pp. 81-111)*. Londres: Psychology Press.
- Busch, R., McBride, A., Curtiss, G. & Vanderploeg, R. (2005). The components of executive functioning in traumatic brain injury. *J Clin Exp Neuropsychol*, 27, 1022-1032.
doi:[10.1080/13803390490919263](https://doi.org/10.1080/13803390490919263)
- Byrne, J. (2018). *Neuroscience online, an electric textbook for the neurosciences*. university of texas.
Retrieved from <https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience/s1/chapter01.html>
- Campbell, N. & Reece, J. (2007). *Biología (7a ed.)*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- Carcamo, B. (2018). Modelos de la memoria de trabajo de Baddeley y Cowan: Una revisión bibliográfica comparativa . Rev. Chil. Neuropsicol, 13(1), 6-10.
doi:10.5839/rcnp.2018.13.01.02
- Casey, B., Thomas, K.& Welsh, T. F. (2000). Dissociation of response conflict, attention selections, and expectancy with funcional magnetic resonance imaging. Proc Natul Acad, 97, 8728-33.
Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10900023>
- Chistoff, K., Ream, J., Geddes, L. & Gabrieli, J. D. (2003). Evaluating self-generated information: Anterior prefrontal contributions to human cognition. Ehav Neurosci, 117, 1161-8.
doi:10.1037/0735-7044.117.6.1161
- Cohen, R. A., Malloy, P. F. & Jenkins, M. A. (1999). Disorders of attention. In Snyder P.D. Nussbaum (Ed.), Clinical neuropsychology: A pocket handbook for assessment (pp. 541-572). Washington, DC: American Psychological Association.
- Cohen, R. (2014). The neuropsychology of attention. (2a ed.). Estats Units: Plenum Press.
- Comani, S. (2015). Active nanocoated DRy-electrode for EEG aplications. Retrieved from <https://cordis.europa.eu/article/id/227602-novel-dry-electrode-eeeg-system-for-brain-research-in-a-cap/es>
- Corbetta, M. & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Natural Review of Neuroscience, 3(3), 201-215. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11994752>
- Cortes, M. (2013). Módulo de autoaprendizaje del potencial de acción para estudiantes de ciencias biomédicas y profesores de química y biología
- Crammond, J. (1997). Motor imagery: Never in your wildest dream. Trens in Neuroscience, 20(2), 54-57. doi:[https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)30019-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)30019-2)

Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S. & Grafman, J. (2019a). In Esposito M. & Grafman J. H. (Eds.), Chapter 11- executive functions Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2>

Crossman, A. R., & Neary, D. (2015). Neuroanatomía. Madrid: Elsevier Health Sciences Spain - T.

Retrieved from

[https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE_ID\]/detail.action?docID=3429959](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID]/detail.action?docID=3429959)

da Silva Sauer, L., Valero Aguayo, L., Velasco Alvarez, F., & Angevin, R. R. (2011). Variables psicológicas en el control de interfaces cerebro-computadora. *Psicothema*, 23(4), 745-751.

Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3761691>

Damasio, A. R. (1994). *Descartes's error. Emotion, reason and the human brain*. Nova York: Putman's Sons.

Damasio, A. R. (1998a). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. In A. Roberts, T. Robbins & L. Weiskrantz (Eds.), *The frontal cortex: Executive and cognitive functions*. (pp. 36-50). Nova York: Oxford University Press.

Damasio, A. R. (1998). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. In A. Roberts, T. W. Robbins & L. Weiskrantz (Eds.), *The prefrontal cortex, executive and cognitive functions* (pp. 36-50). Nova York: Oxford University Press.

Decety, J. & Grézes, J. (2000). Neural mechanisms subserving the perception of human actions.

Trends in Cognitive Science, 3(5), 171-178. doi:[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01312-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01312-1)

Duncan, J., Seitz, R., Kolodny, J., Bor, D., Herzog & Ahmed, A. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289, 457-60. doi:[10.1126/science.289.5478.457](https://doi.org/10.1126/science.289.5478.457)

Duque Parra, J. E., Morales Parra, G., & Duque Parra, C. A. (2019). Las Sinapsis. *Medicina*19(2), 41-48.

Retrieved from <https://doaj.org/article/02c99eba2ce4439a823abc3f63d838f1>

- Egan, J. M., Loughnane, G. M., Fletcher, H., Meade, E. & Lalor, E. C. (2017). A gaze independent hybrid-BCI based on visual spatial attention. *Journal of Neural Engineering*, 14(4), 046006-2552/aa6bb2. doi:10.1088/1741-2552/aa6bb2 [doi]
- Fernández- Duque, D., Baird, J. & Posner, M. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness and Cognition*, 9, 288-307. doi:10.1006/ccog.2000.0447
- Fernandez, A. L. (2014). Neuropsicología de la atención. conceptos, alteraciones y evaluación . *Revista Argentina De Neuropsicología*, 1, 1-28. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/273970215_Neuropsicologia_de_la_atencion_Conceptos_alteraciones_y_evaluacion
- Fernandez, N. (2015). Electroencefalografía. In D. Castillo, M. Garza, M. González, D. Mata & J. Treviño (Eds.), *Manual de laboratorio de fisiología* (pp. Capítol 21). Mèxic: McGrawHill.
- Fernandez-Tresguerres, J., Ariznavarreta, C., Cachofeiro, V., Cardinali, D., Escrich, E., Gil-Loyzaga, P. & Tamargo, J. (2010). *Fisiología humana* (4ª ed.). México: McGrawhill.
- Flores, C. & Ostroski, F. (2008). Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3987468>
- Ford-Martin, P. (2018). *Breve historia de la electroencefalografía*. Bogotá: Imbiomed.
- Fuster, J. (1989). *The prefrontal cortex: Anatomy , physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. (2a ed.). Nova York: Raven Press. doi:10.1002/syn.890040112
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocitology*, 31, 373-385. doi:10.1023/a:1024190429920

- Garcia-Rill, E., Kezunovic, N., Hyde, J., Simon, C., Beck, P., & Urbano, F. J. (2013). Coherence and frequency in the reticular activating system (RAS). *Sleep Med Rev*, 17(3), 227-38. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23044219>
- Gilbert, S. J. & Burgess, P. W. (2008). Executive functions. . *Current Biology*, 10, 110-114.
doi:10.1016/j.cub.2007.12.014
- González, J. (2014). Técnicas de toma de datos y análisis en electroencefalografía. Facultad de biología. Departamento de Fisiología animal:
- Grafman, J. (1995). Similarities and distinctions among current models of prefrontal cortical functions. *Ann N Y Acad Sci*, 769, 337-68. doi:10.1111/j.1749-6632.1995.tb38149.x
- Grafman, J. (2002). The structured event complex and the human prefrontal cortex. In D. Stuss, & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe functions* (pp. 292-310). Nova York: Oxford University Press.
- Guger, C., Spataro, R., Allison, B. Z., Heilinger, A., Ortner, R., Cho, W. & La Bella, V. (2017). Complete locked-in and locked-in patients: Command following assessment and communication with vibro-tactile P300 and motor imagery brain-computer interface tools. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 251. doi:10.3389/fnins.2017.00251 [doi]
- Hager, F., Volz, H. & GAser, C. (1998). Challenging the anterior attentional system with a continuous performance task; a functional magnetic resonance imaging approach. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosc*, 248, 161-70. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9810479>
- Halsband, U. & Lange, R. (2006). Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. *Journals of Physiology*, (99), 414-424.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.007>

- He, Y., Eguren, D., Luu, T. P. & Contreras-Vidal, J. L. (2017). Risk management and regulations for lower limb medical exoskeletons: A review. *Medical Devices (Auckland, N.Z.)*, 10, 89-107. doi:10.2147/MDER.S107134 [doi]
- Herculano-Houzel, S. (2009). The human brain in numbers: A linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 31. doi:10.3389/neuro.09.031.2009
- Hernandez-Verdun, D. (2006). Nucleolus: From structure to dynamics. *Histochem Cell Biol*, (125), 127–137. doi:10.1007/s00418-005-0046-4
- Herron, J., Thompson, M., Brown, T., Chizeck, H., Ojemann, J. & Ko, A. (2017). Cortical brain computer interface for closed-loop deep brain stimulation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, doi:10.1109/TNSRE.2017.2705661 [doi]
- Hill, R. & Wise, G. (2006). *Fisiología animal (1ª ed.)*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Hochberg, L., Serruya, M., Friehs, G., Mukand, J. A., Saleh, M., Caplan, A. & Donogue, J. (2006). Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature*, (442), 164-171.
- Jackson, P.L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2012). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(8), 1133-1141. doi:10.1053/apmr.2001.24286
- James, W. (1890). *The principles of psychology, (1st ed.)*. Nova York: Holt & Co.
- Jeannerod, M., & Frak, V. (1999). Mental imaging of motor activity in humans. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(6), 735-739. doi:10.1016/S0959-4388(99)00038-0
- Jeunet, C., N’Kaoua, B., & Lotte, F. (2016). Advances in user-training for mental-imagery-based BCI control doi://dx.doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.04.002

- Jia, X. & Kohn, A. (2011). Gamma rhythms in the brain. *PLoS Biol*, 9(4)
- kahle, W., Leonhardt, H. & Platzter, W. (1994). Atlas de anatomía para estudiantes y médicos. (5ª ed.).
Barcelona: Ediciones Omega.
- Koechlin, E., Basso, G., Pietrini, P., Panzar, S. & Grafman, J. (1999). The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399, 148-51. doi:10.1038/20178
- Koechlin, E. & Summerfield, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends Cogn*, 11, 229-35. doi:10.1016/j.tics.2007.04.005
- Lacourse, M., Orr, E., Cramer, S. & Cohen, M. (2016). Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *Journal of Infectious Diseases*, 213 (suppl 3), NP.5-NP. doi:10.1093/infdis/jiw137
- Lezak, M. D. (2012). *Neuropsychological assessment* (5a ed.). Nova York: Oxford University Press.
- Liddle, P., Kiehl, K., & Smith, A. M. (2001). Event-related fMRI study or response inhibition. *Human Brain Mapping*, 12, 100-109. Retrieved from
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11169874>
- Lizana, P. & Amalgiá, A. (2012). *Principios de neuroanatomía. conceptos básicos de neuroanatomía*. Valparaiso: Universidad Pontificia de Valparaiso.
- Loreto, R. P. Carolina, A. D. (2013). Aporte de los distintos métodos electroencefalográficos (eeg) al diagnóstico de las epilepsias. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24(6), 953-957.
doi:10.1016/S0716-8640(13)70249-9 Retrieved from
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864013702499>
- Luria, A. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Barcelona: Fontanella.

- Mapou, R. (1995). A cognitive framework for neuropsychological assessment. In R. Mapou and J. Spector (Ed.), *Clinical neuropsychological assessment: A cognitive approach* (pp. pp. 295-337). New York: Plenum Press.
- Martin, W. & Müller, M. (2007). *Origin of mitochondria and hydrogenosomes* (1a ed.). Berlin: Springer.
- Martín-Smith, P., Ortega, J., Asensio-Cubero, J., Gan, J. Q., & Ortiz, A. (2017). A supervised filter method for multi-objective feature selection in EEG classification based on multi-resolution analysis for BCI. *Neurocomputing*, 250, 45-56. doi://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.123
- Maureira, F.& Flores, E. (2018). Electroencefalografía y diversas manifestaciones del movimiento. una revisión del 2000 al 2017. *Revista Digital De Educación Física*, (51), 50-55. Retrieved from <http://emasf.webcindario.com>
- Megias, M., Molist, P. & Pombal, M. (2018). *Atlas de histología vegetal y animal*. Vigo: Textstudio editor. Retrieved from <https://search.credoreference.com/content/entry/lwwspanmed/neurona/0>
- Melnick, E. R., Hess, E. P., Guo, G., Breslin, M., Lopez, K., Pavlo, A. J. & Post, L. A. (2017). Patient-centered decision support: Formative usability evaluation of integrated clinical decision support with a patient decision aid for minor head injury in the emergency department. *Journal of Medical Internet Research*, 19(5), e174. doi:10.2196/jmir.7846 [doi]
- Mesulam, M. M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of Neurology*, 28(5), 597-613. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ana.410280502?sid=nlm%3Apubmed>
- Miller, B. L. (1999). *The human frontal lobes: Functions and disorders*. London: Guilford Press.

- Miller, E. K. (2000). The frontal cortex and cognitive control. *Nat Rev Neurosci*, 1, 59-65. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11252769>
- Mirsky, A. F. & Duncan, C. C. (2001a). A nosology of disorders of attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, (931), 17-32. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11462740>
- Mirsky, A. F. & Duncan, C. C. (2001). A nosology of disorders of attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, (931), 17-32. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11462740>
- Moreno, I., Batista, E., Serracín, S., Moreno, R., Gómez, L., Serracín, J. & Quintero, J. Brain computer interface systems: Characteristics and applications doi:10.33412/idt.v15.2.2230
- Motataianu, A., Barcutean, L. & Balasa, R. (2020). Neuroimmunity in amyotrophic lateral sclerosis: Focus on microglia. *Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration*, , 1-8. doi:10.1080/21678421.2019.1708949
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory*, 4, 1-18.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention and action. willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, G. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. advances in research and theory*. (pp. 1-18). Nova York: Plenum Press.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986b). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, G. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Control of behaviors* (pp. 1-18). Nova York: Plenum Press.

- Novo-Olivas, C. A. (2010). Mapeo electroencefalográfico y neurofeedback. In M. Guevara, M. Arteaga, A. Contreras, M. Hernandez & H. Binilla (Eds.), *Aproximaciones al estudio de la neurociencia del comportamiento* (pp. 8-41). Universidad Autónoma de Guerrero:
- Ojeda, N., Ortuño, F. & Arbizu, J. (2002). Functional neuroanatomy of sustained attention in schizophrenia: Contribution of parietal cortices. *Human Brain Mapping*, 17, 116-30. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12353245>
- Ongur, D., Ferry, A. & Price, J. L. (2003). Architectonic subdivision of the human orbital and medial prefrontal cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 460, 425-449. doi:10.1002/cne.10609
- Palacios, L. & Palacios, E. (1999). *La epilepsia a través de los siglos*. Bogotá: Horizonte.
- Penfield, W. & Rasmussen, T. (1953). *The cerebral cortex of man*. New York: Mcmillian Company. doi:<https://doi.org/10.1002/ajpa.1330110318>
- Penhune, V. B. & Doyon, J. (2002). Dynamic cortical and subcortical networks in learning and delayed recall of timed motor sequences. *Journal of Neuroscience*, 22(4), 1397-1406. doi:10.1523/JNEUROSCI.22-04-01397.2002
- Pérez Hernández, E. (2008). *Desarrollo de los procesos atencionales*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. Retrieved from https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup_wf_001::806bf6a92c87c7383c233c4db9a01103
- Periañez, J., Maestu, F. & Barceló, F. (2004). Spatiotemporal brain dynamics during preparatory set shifting: MEG evidence. *Neuroimage*, 21, 687-95. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14980570>
- Petrides, M. (2000). Mapping prefrontal cortical systems for the control of cognition. In A. Toga, & J. C. Mazziota (Eds.), *Brain mapping: The systems* (). San Diego: Academic Press.

- Pika, M., Wetzel, C., Aguado, A., Geissler, M., Hatt, H. & Faissner, A. (2011). Chondroitin sulfate proteoglycans regulate astrocyte-dependent synaptogenesis and modulate synaptic activity in primary embryonic hippocampal neurons. *European Journal Neuroscience*, 33(12), 2187-2202. doi:10.1111/j.1460-9568.2011.07690.x.
- Pineda, D., Merchan, V., Roselli, M. & Ardila, A. (2000). Estructura factorial de la función ejecutiva en estudiantes universitarios jóvenes. *Rev Neurol*, 31, 1112-8. doi:<https://doi.org/10.33588/rn.3112.2000417>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42. Retrieved from <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, M. & Snyder, C. (1975). Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P. Rabbit, & S. Dornis (Eds.), *Attention and performance*. (). Nova York: Academic Press.
- Posner, M. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, (13), 25-42. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2183676>
- Pribram, K. H. & McGuinness, D. (1975). Arousal, activation, and effort in the control of attention. . *Psychological Review*, 82(2), 116-149. doi:<https://doi.org/10.1037/h0076780>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., Lamantia, A. S., Mcnamara, J. O. & Williams, S. M. (2010). *Neurociencia* (3ª ed.). Madrid: Panamericana.
- Radnikow, G. & Feldmeyer, D. (2018). Layer- and cell type-specific modulation of excitatory neuronal activity in the neocortex. *Frontiers in Neuroanatomy*, 12, 1. doi:10.3389/fnana.2018.00001
- Ramos-Argüelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, R. & Alonso, M. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: Principios y aplicaciones clínicas. *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra*, 32(suppl 3), 69-82. Retrieved from

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S113766272009000600006&lng=en&tlng=en

Ranta, M. E., Chen, M., Crocetti, D., Prince, J. L., Subramaniam, K., Fischl, B. & Mostofsky, S. H. (2014). Automated MRI parcellation of the frontal lobe. *Human Brain Mapping*, 35(5), 2009-2026. doi:10.1002/hbm.22309

Raut, R. & Taywade, S. (2012). A review: EEG signal analysis with different methodologies. *International Journal of Computer Applications*, (6), 29-31. Retrieved from <https://www.ijcaonline.org/proceedings/ncipet/number6/5236-1048>

Redolar, D., Boixadós, M., Moreno, A., Portell, M., Soriano, C., Torras, M. & Vives, J. (2014). *Fundamentos de la psicobiología. nueva edición revisada (2a ed.)*. Barcelona: OUC.

Rios, L. & Alvarez, C. (2013). Epilepsi diagnostic: Update in EEG contribution . *Revista Médica*, 24(6), 953-957.

Rios, M., Periañez, J. A. & Muñoz- Céspedes, J. M. (2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Inj*, (18), 257-272. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14726285>

Rios, M., Periañez, J. & Muñoz-Céspedes, J. M. (2004). Attentional control and slowness of informations processing after severe traumati nrain injury. *Brain Inj*, 18, 257-72. doi:10.1080/02699050310001617442

Rios., M., Periañez, J. & Muñoz, J. (2004). *La atención y el control ejecutivo después de un TCE*. Madrid: Fundación Mapfre Medicina, Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/40944295_La_Atencion_y_el_control_ejecutivo_despues_de_un_traumatismo_craneoencefalico

- Rios-Lago, M., Periañez, J. A. & Rodriguez, J. M. (2008). Neuropsicología de la atención. In J. Tirapu, M. Rios-Lago & F. Maestu (Eds.), *Manual de neuropsicología* (pp. 151-190). Barcelona: Viguera.
- Rodrigues, E. C. Imbiriba, L. A., Leite, G. R., Magalhães, J., Volchan, E. & Vargas, C. D. (2003). Efeito da estratégia de simulação mental sobre o controle postural Associação Brasileira de Psiquiatria. doi:10.1590/S1516-44462003000600008
- Rodriguez, E. (2014). Indicadores de maduración cerebral y su relación con la memoria de trabajo .
- Rolls, E. T. (2000). The orbitofrontal cortex and reward. *Cerebral Cortex*, 10, 284-294. doi:10.1093/cercor/10.3.284
- Rubin, M. & Safdieh, J. E. (2008). *Netter. neuroanatomía esencial*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Saha, S., Ahmed, K. I., Mostafa, R., Khandoker, A. H. & Hadjileontiadis, L. (2017). Enhanced inter-subject brain computer interface with associative sensorimotor oscillations. *Healthcare Technology Letters*, 4(1), 39-43. doi:10.1049/htl.2016.0073 [doi]
- Shallice, T. (2001). "Theory of mind" and the prefrontal cortex. *Brain*, 124(2), 247-248. doi:https://doi.org/10.1093/brain/124.2.247
- Shimamura, A. P. (2002). Memory retrieval and executive control processes. In D. Stuss, & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function*. (pp. 207-28). Nova York: Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195134971.001.0001
- Smith, R., Keramatian, K. & Chistoff, K. (2007). Localizing the rostrolateral prefrontal cortex at the individual level. *Neuroimage*, 36, 1387-96. doi:10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2
- Snell, R. (2009). *Neuroanatomía clínica* (7ª ed.) Lippincott Williams and Wilkins. Wolters Kluwer health.

- Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *J Clin Exp Neuropsychol*, 9, 117-30. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3558744>
- Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (2001). *Cognitive rehabilitation : An integrative neuropsychological approach* (1a ed.). Nova York: Guilford Press.
- Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation. theory & practice*. New York: The Guilford Press.
- Spinnler, H. (1991). The role of attention disorders in the cognitive deficits of dementia. In F. Boller, & J. Grafman (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (pp. 79-122) Elsevier Science.
- Stecklow, M. V., Infantosi, A. F. C. & Cagy, M. (2010). EEG changes during sequences of visual and kinesthetic motor imagery. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria*, 68(4), 556-561.
doi:10.1590/S0004-282X2010000400015
- Stuss, D. & Alexander, M. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-98. doi:10.1007/s004269900007
- Stuss, D. & Levine, B. (2000). Adult clinical neuropsychology, lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-403. doi:10.1146/annurev.psych.53.100901.135220
- Stuss, D., Shallice, T., Alexander, M. & Picton, T. W. (1995). A multidisciplinary approach to anterior attentional functions. *Ann NY Acad Sci*, 769, 191-211. doi:10.1111/j.1749-6632.1995.tb38140.x
- Talamillo García, T. (2011). *Manual básico para enfermeros en electroencefalografía*. . Málaga: Enfermería Docente.
- Talaverón, R. & Morado-Díaz, C. J. (2019). La glía, las otras células del sistema nervioso. *Elementos*, (115), 39-44. Retrieved from <http://www.medicapanamericana.com/VisorEbookV2/Ebook/9788491103639>

- Taylor, J., Taylor, N., Bapi, R., Bugmann, G. & Levine, D. (2000). The frontal lobes and executive functions. Paper presented at the Neural Computing: New Challenges and Perspectives for the New Millennium. 41-46.
- Tejero, J. (s.d). Características del EEG normal. capítulo 4. (pp. 127-167) Viguera. Retrieved from https://www.viguera.com/es/index.php?controller=attachment&id_attachment=84
- Tirapu, J., Garcia, A., Luna, P., Verdejo, A. & Rios, M. (2012). Corteza prefrontal, funciones ejecutivas y regulación de la conducta. In J. Tirapu, A. Garcia, M. Rios & A. Ardila (Eds.), *Neuropsicología de la corteza prefrontal y de las funciones ejecutivas* (pp. 89-120). Barcelona: Viguera.
- Tirapu, J., Rios, M. & Maestu, F. (2008). *Manual de neuropsicología*. Barcelona:
- Truscott, J. (2017). Modularity, working memory, and second language acquisition: A research program. *Second Language Research, Special Edition*, 1(11), 1-11.
doi:10.1177/0267658317696127
- Vadza, K. C. (2012). Brain gate & brain computer interface. *International Journal of Scientific Research*, 2(5), 45-49. doi:10.15373/22778179/MAY2013/19
- Valeriani, D., Poli, R. & Cinel, C. (2017). Enhancement of group perception via a collaborative brain-computer interface. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 64(6), 1238-1248.
doi:10.1109/TBME.2016.2598875 [doi]
- Van Erp, J., Lotte, F. & Tangermann, M. (2012). Brain-computer interfaces: Beyond medical applications. *Computer*, 45(4), 26-34. doi:10.1109/MC.2012.107
- Verdejo, A. & Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22(2), 227-235. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3193637>
- Verkhatsky, A. & Butt, A. (2007). *Glial neurobiology: A textbook*. England :Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

- Volosyak, I., Gemblar, F. & Stawicki, P. (2017). Age-related differences in SSVEP-based BCI performance. *Neurocomputing*, 250, 57-64. doi://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.08.121
- Whyte, J. (1992). Attention and arousal: Basic science aspects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73, 940-949. Retrieved from [https://www.archives-pmr.org/article/0003-9993\(92\)90266-Y/pdf](https://www.archives-pmr.org/article/0003-9993(92)90266-Y/pdf)
- Wolpaw, J. R. & McFarland, D. J. (2004). Control of a two-dimensional movement signal by a noninvasive brain-computer interface in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(51), 17849-17854.
- Wolpaw, J., Mcfarland, D. & Vaughan, T. (2003). Brain-computer interface research at the wadsworth center. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78(3), 252-259.
- Yáñez Esparza, D. & Larue, J. (2008). Interacciones cognitivo-motoras: el papel de la representación motora. *Revista de Neurología*, 46(4), 219. doi:10.33588/rn.4604.2006488
- Yeo, S., Chang, P. & Jang, S. H. (2013). The ascending reticular activating system from pontine reticular formation to the thalamus in the human brain. *Front Hum Neurosci*, 7, 416. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23898258>
- Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.

Abreviatures

BCI: Brain Computer Interface.

ICC: Interfície Cervell Computadora.

MEG: Magnetoencefalografia.

fMRI: Resonancia Magnética Funcional.

EEG: Electroencefalograma.

SN: Sistema Nerviós.

SNC: Sistema Nerviós Central.

SNP: Sistema Nerviós Perifèric.

SNA: Sistema Nerviós Autònom.

LCR: Líquid Cefaloraquidi.

EPF: Escorça prefrontal.

KS: Kolmogorof-Smirnof.

SSEP: Potencials evocats d'estat estable.

SSVEP: Potencials evocats d'estat estable visuals.

SSSEP: Potencials evocats d'estat estable somatosensorials.

SSVEP: Potencials evocats d'estat estable auditius.

SCP: Potencials corticals lents.

SCP BP: Potencials corticals lents associats a la preparació d'una activitat motriu.

SCP CNV: Potencials corticals lents associats a la finalització d'una activitat motriu.

SMR: Ritmes sensorimotors.

ERD: Desincronització relacionada a un event.

ERS : Sincronització relacionada a un event.

Annexes

Test Inicial

Codi / Código : _____

Email: _____

Data / Fecha : _____

Hora: _____

Tamany cefàlic/Tamaño cefálico: _____ (a emplenar per l'investigador/a)

- 1) Sòc dretà /Soy diestro: ____
- 2) Practique amb algún instrument musical habitualment ? ¿Practico con algún instrumento musical habitualmente? Si: ____ No:____
Quin? ¿Cuál? _____
- 3) Quants esports diferents practiques? ¿Cuantos deportes diferentes practicas?_____ Quantes hores practiques esport per setmana? ¿Cuántas horas practicas deporte por semana? _____
- 4) Quantes hores jugues a videojocs per setmana (a la consola, al mòbil, etc.)? ¿Cuántas horas juegas a videojuegos por semana (en la consola, el móvil, etc.)? _____
- 5) Indica la competència lingüística que tens en els següents idiomes del 0 al 10 sent 0 cap coneixement i 10 natiu. Indica la competencia lingüística que tienes en los siguientes idiomas del 0 al 10 siendo 0 ningún conocimiento y 10 nativo.
Valencià:____ Castellà:____ Anglès:____ Altra Llengua 1:____ Altra Llengua 2:____
- 6) He dormit bé la nit passada? He descansado bien la noche anterior? Si: ____ No ____
- 7) Indica com et trobes de cansat del 0 al 10 sent 0 res cansat i 10 esgotat. / Indica cómo te encuentras de cansado del 0 al 10 siendo 0 nada cansado y 10 agotado ____
- 8) Coneixes o t' han administrat anteriorment el test de cartes de Wisconsin? ¿ Conoces o te han administrado con anterioridad el test de cartas de Wisconsin? Si:____ No__

Anota ací el teu correu si els teus percentatges han superat el 70%

