

**L'APLICACIÓ DE LES NEUROTECNOLOGIES ALS MEMBRES
DE LES FORCES I COSSOS DE SEGURETAT:
UNA DISTINCIÓ ENTRE TERÀPIA I AUGMENT**

TREBALL FINAL DE GRAU

Judith Vila Crespo
Tutora: Dra. Maria Isabel Narváez Mora
Grau en Criminologia
Curs 2022-2023

Resum

Al present treball es tracta, en forma de revisió bibliogràfica, un dels avenços tecnològics que es contempla actualment: La introducció de la tecnologia al cervell dels éssers humans (o neurotecnologies). En primer lloc, es realitza un extens estudi descriptiu sobre l'estat de la qüestió a nivell general i els objectius d'aquestes intervencions. Seguidament, es plantegen alguns dels reptes de naturalesa conceptual a l'hora de reflexionar sobre la temàtica. A continuació, i per a exemplificar la teoria, es fa un anàlisi concret respecte les forces i cossos de seguretat, i el paper que hi tenen (i hi tindran) les neurotecnologies. Es tracta de diferenciar entre les aplicacions terapèutiques i les d'augment o millora. Veurem que és rellevant fer la diferenciació per a considerar l'ètica i l'adequació de cada una d'elles, però no resulta tasca fàcil.

Es segueix amb el plantejament d'un conjunt de qüestions ètiques que comporten l'ús d'aquests dispositius, per acabar amb unes reflexions de caire personal a les conclusions.

Paraules clau: Neurociència, Neurotecnologies, Policia, Militar, Teràpia, Augment, Millora.

Title: The application of neurotechnologies to members of the security forces and bodies: A distinction between therapy and augmentation

Abstract

The present work deals, in the form of a bibliographic review, with one of the technological advances that is currently contemplated: The introduction of technology to the brain of human beings (or neurotechnologies). Firstly, an extensive descriptive study is carried out on the state of the matter at a general level and the objectives of these interventions. Next, some of the challenges of a conceptual nature are raised when reflecting on the topic. Next, and to exemplify the theory, a specific analysis is made regarding the security forces and bodies, and the role that neurotechnologies have (and will have) in them. I try to differentiate between therapeutic applications and those for augmentation or improvement. We will see that it is relevant to differentiate in order to consider the ethics and adequacy of each of them, but it is not an easy task.

It continues with the approach of a set of ethical questions that involve the use of these devices, to end with some personal reflections on the conclusions.

Key words: Neuroscience, Neurotechnologies, Police, Military, Therapy, Augmentation, Enhancement.

“La neurociència és, per molt, la branca més excitant de la ciència, perquè el cervell és l’objecte més fascinant de l’univers. Cada cervell humà és diferent, el cervell fa a cada ésser humà únic i defineix qui és”.

Stanley B. Prusiner

“La nostra capacitat de percebre el món que ens envolta ens sembla tan fàcil que tendim a donar-la per suposat.”

Vilayanur Ramachandran

“L’ésser humà no aconsegueix les seves quotes més altes fins que està educat.”

Horace Mann

Taula de contingut

1. Introducció	6
2. Recerca neurocientífica	7
2.1. Estudi neurocientífic	7
2.2. Història de la neurointervenció	8
3. Neurotecnologies	9
3.1. Antecedents.....	9
3.2. Definicions.....	9
3.3. Fonament i objectius	10
3.4. Tipus i instruments d'intervenció	11
3.4.1. Registre de l'activitat neuronal.....	11
3.4.2. Estimulació de l'activitat cerebral	13
4. Aspectes i problemes conceptuals	14
4.1. Augment.....	14
4.2. Normalitat	15
4.3. Teràpia	16
4.4. Salut.....	16
5. Objectius de les aplicacions de les neurotecnologies	16
5.1. Diferència entre els conceptes de teràpia i d'augment.....	16
5.2. Diferenciació entre les aplicacions.....	17
5.3. Aplicacions terapèutiques	19
5.4. Aplicacions per a l'augment o enhancement	20
5.5. Instruments disponibles	21
5.6. Aplicacions de les BCI.....	22
6. Intervencions terapèutiques: Àmbit policial i militar	25
6.1. Situació de la salut mental a la policia.....	25
6.1.1. Estrès, burnout, fatiga per compassió i trauma secundari	25
6.1.2. Causes d'estrès: Estressors organitzatius i operacionals	26
6.1.3. Conseqüències de l'estrès i de la burnout	26
6.1.4. Possibles solucions	27
6.2. Situació al camp militar	28
6.3. Intervenció amb l'instrument HIRREM	29
7. Intervencions d'augment: Àmbit militar	30

7.1. Objectiu de les intervencions	30
7.2. Tipus d'intervencions	31
7.2.1. Intervencions per a la teràpia	31
7.2.2. Intervencions per a l'augment	31
7.3. Metodologia de les intervencions	32
7.3.1. Aplicació directa al soldat.....	32
7.3.2. Contribució a la teoria.....	33
7.4. El cas de DARPA	33
7.5. El cas francès	35
7.6. Algunes qüestions ètiques en l'àmbit	35
8. Previsions de futur	38
8.1. La societat del futur	38
8.2. Els militars del futur: El soldat ideal	40
8.2.1. Àrees d'estudi	40
8.2.2. Línies de tendència d'estudi per al llarg termini	41
9. Qüestions ètiques	42
9.1. Neuroètica	42
9.2. Menció als potencials problemes	42
9.2.1. Identitat	43
9.2.2. Normalitat.....	43
9.2.3. Autoritat	43
9.2.4. Responsabilitat.....	43
9.2.5. Privacitat	44
9.2.6. Justícia.....	44
9.2.7. Autonomia.....	44
9.2.8. Estigma.....	44
10. Conclusions	45
11. Annexes	47
11.1. Llista d'acrònims	47
11.2. Glossari	48
12. Bibliografia	52

1. Introducció

En aquest treball es fa un recorregut per diverses qüestions bàsiques de la recerca neurocientífica i la seva implantació a les neurotecnologies. L'objectiu d'aquesta exploració és donar resposta a la pregunta següent: És possible distingir entre les intervencions neurotecnològiques terapèutiques i d'augment quan aquestes s'apliquen a membres del cossos i forces de seguretat?

La importància d'estudiar l'àmbit per a respondre a aquesta pregunta radica en el protagonisme que cada vegada més se li està atorgant a la neurociència i als ràpids avenços que s'estan produint en relació a les neurotecnologies que l'apliquen.

El coneixement i intervenció sobre el cervell influenciarà a molts àmbits de diversa naturalesa, com poden ser la psicologia, sociologia, criminologia, dret, administració d'empreses, màrqueting, docència, etc.

Si parlem d'intervenció terapèutica, ens centrarem en el pacient amb discapacitat o trastorn/malaltia mental, on l'objectiu és pal·liar certs símptomes. Aquesta és la vessant clínica de les neurotecnologies. En canvi, si parlem d'augment, sortim dels objectius clínics, per apuntar a la millora de les capacitats naturals que, de forma generalitzada, es consideren normals.

Finalment, pel que fa a l'àmbit dels cossos de seguretat pública (àmbit policial) i defensa (àmbit militar) el tractament de la qüestió és necessària, degut a la possible i real implementació de totes aquestes innovacions en aquests agents.

Sabem que, per la feina que realitzen, les condicions de salut mental que poden tenir la majoria dels agents poden no ser les més òptimes, per tant, aquí neix l'interès per a millorar-les. Però veiem que, d'aquest inicial interès terapèutic, se'n deriva un més ambiciós, el de millora. Ampliar les capacitats que engloben a l'agent, com a ésser humà, porta a un augment de l'eficàcia i eficiència de les seves funcions, més enllà del que de forma natural podria arribar a assolir.

És això una mostra de l'anhel per a millorar indefinidament la productivitat? És una resposta a una major demanda de seguretat? Com s'estableixen els límits per a cada intervenció? Qui decideix què i com intervenir, i per què?

Durant el treball aniran sorgint diferents preguntes que ens obligaran a reflexionar sobre diversos aspectes i a formar-nos la nostra opinió, donat que, ja ho anticipo, no trobarem respostes clares i unificades sobre cap d'elles.

D'aquesta manera, en primer lloc s'aborda una aproximació descriptiva a l'estat de la qüestió en matèria de la neurociència, per a continuar amb l'entrada al món de les neurotecnologies. Seguidament, s'exposen alguns dels problemes conceptuals amb els que ens trobem quan volem definir tot el que vinc presentant, juntament amb algunes reflexions personals. A continuació, la necessitat de marcar la diferència entre teràpia i augment, essent un dels punts clau del treball.

Pel que fa a les intervencions terapèutiques, es descriu la seva aplicació en l'àmbit policial i en el militar. En quant a les d'augment, es fa referència al militar, donat que és aquí on s'estan desenvolupant i implementant.

Segueixo amb algunes previsions de futur respecte d'aquestes intervencions, tant per a la societat en general com per als militars en concret. Finalment, es discuteixen algunes qüestions ètiques.

Els objectius que es pretenen assolir amb la realització del treball són:

1. Donar a conèixer l'estat de la qüestió i importància de les neurotecnologies.
2. Exemplificar l'aplicació de les neurotecnologies a l'àmbit de les forces i cossos de seguretat.
3. Transmetre la necessitat mantenir un sentit crític, per a no veure's sotmès a les promeses que es fan respecte aquestes intervencions.
4. Veure, des de diferents perspectives, els problemes que pot plantejar la implementació d'aquestes neurotecnologies.

Amb l'aspiració d'assolir els mencionats objectius, la metodologia és una extensa revisió bibliogràfica. S'aborda amb una mirada crítica, reflexiva i personal el que la literatura ens proporciona sobre aquestes qüestions. Sobretot d'origen anglosaxó, les referències i els autors diversos es mencionen en aquells apartats als que més han aportat amb els seus treballs.

Durant els mesos d'estudi sobre la recerca neurocientífica aplicada a la criminologia (o neurocriminologia), m'he anat trobant múltiples problemes susceptibles de ser objecte d'investigació. Per aquest motiu, arribar a concretar la pregunta ha estat una tasca complicada. Finalment, la pregunta escollida m'ha generat tant d'interès que, en el moment en què es realitza el dipòsit del TFG, s'està autoeditant un *ebook* amb els continguts fruit d'aquesta recerca.

Amb tot això, espero haver creat en el lector l'anhel i curiositat suficients per a voler saber més i per a atrevir-se a qüestionar-se aspectes que semblen extrets de pel·lícules de ciència ficció.

2. Recerca neurocientífica

2.1. Estudi neurocientífic

L'històric interès que ha despertat el cervell com a objecte d'estudi, l'òrgan més complex del cos humà i a la vegada el més desconegut, ha derivat en el desenvolupament de diferents tècniques per a obtenir imatges sobre la seva estructura i funcionament.

Aquestes tècniques, anomenades de neuroimatge, utilitzen tecnologies més o menys avançades amb la finalitat d'obtenir informació respecte l'estat morfològic i funcional dels cervells. Des de l'estudi de l'estructura i funcionament per a conèixer les diferències entre hemisferi dret i esquerra (Hatta, 2007, p.99), fins a l'estudi dels nivells de serotonina per a relacionar-los amb la conducta, s'han fet i s'estan fent nombrosos estudis que aconsegueixen relacionar l'àmbit de la neurociència

(com a ciència natural), amb determinades ciències socials, tals com la psicologia o l'educació, i amb d'altres d'especial interès per a aquest treball, com la criminologia.

Amb la visualització de les estructures i processos cerebrals, es pot aconseguir un perfil neurocognitiu, en el que es posen de manifest totes les capacitats i disfuncions cognitives de la persona estudiada, i permeten establir correlacions entre la vida social i conductual d'aquesta. Això s'ha d'entendre amb moltes cautel·les, doncs l'estructura cerebral és un condicionant, no un determinant, com molts altres factors que intervenen a l'hora de generar un comportament. Per exemple, un perfil és el de *cervell de la pobresa*, en el que, s'ha vist que persones en condicions de pobresa econòmica tenen unes certes característiques diferencials (nivell de matèria gris) respecte les persones que no la pateixen (Pitts-Taylor, 2019, p.4).

Malgrat la seva importància en aquest context, no serà la neuroimatge l'objecte d'estudi en aquest treball, sinó que ho seran les neurotecnologies. Però, degut a que és un àmbit essencial per a comprendre el funcionament d'aquesta última, descriuré a continuació les tècniques més utilitzades en neurociència.

2.2. Història de la neurointervenció

La intervenció cerebral no és cap novetat, sino que trobem indicis de la seva existència al Paleolític, quan s'extreia part del crani (còrtex prefrontal) per a tractar diferents trastorns mentals (Harris, 2004, p.1187).

Malgrat aquesta metodologia fos la mateixa que la lobotomia¹, no va ser fins al 1935 que va néixer com a tal. Aquesta va ser la més emprada per al mateix fi que el seu precedent històric, i el punt de mira principal era el tractament de la depressió, l'ansietat i l'esquizofrènia.

La justificació que sostenia aquesta pràctica era simple. Les emocions i els estats d'ànim s'expressen segons les connexions entre fibres cerebrals situades en aquest còrtex prefrontal (on tenen lloc les funcions executives) i les situades al tàlem (on es processen els estímuls perceptius). D'aquesta manera, si es modifiquen aquestes connexions mitjançant l'extracció d'una part del cervell, es modificarà l'estat i conducta de la persona.

Durant la Segona Guerra Mundial, la lobotomia era un buscat i prestigiós tractament, ja que hi havia molts casos de malalties mentals i aquesta era l'única via per a fer-los front. Inclús l'església ho trobava èticament acceptable.

¹ En la lobotomia s'extreia certa quantitat de fibres neuronals i teixits cerebrals, situats al còrtex prefrontal. Es pensava que així s'arrancava literalment el problema psiquiàtric i el pacient tornaria a la conducta normal. El còrtex prefrontal és on tenen lloc les funcions més complexes a nivell cognitiu, tals com l'argumentació o la presa de decisions. Està situat a la part davantera del crani. Una lesió aquí pot derivar en canvis bruscos de comportament i/o problemes de raonament.

El tàlem és l'encarregat de processar la informació que es percep a nivell sensorial i motor, i que després viatja al còrtex prefrontal. Una lesió al tàlem pot desencadenar en alteracions en la transmissió d'aquestes percepcions i també de les emocions.

A més, la societat també ho veia beneficiós, al solucionar gran part dels problemes mentals, per als quals molts estaven sense esperança de trobar una solució. El cost econòmic tampoc era molt elevat, fet que va disparar el nombre d'intervencions a nivell mundial. Només als Estats Units, l'any 1949, es van superar les 10.000.

Va ser a partir dels anys 50 que la crítica va començar a aflorar, degut a la conscienciació de la utilització d'una base teòrica sense fonament científic. També es va comprovar que comportava nombroses conseqüències negatives per a l'individu (pèrdua d'intel·ligència, motivació o capacitat de prospecció).

D'aquesta manera, la pràctica va decaure en picat, per a deixar lloc al nou món de la farmacologia. Tenim ben present que els fàrmacs formen una part molt rellevant de la nostra societat, i que cada vegada s'innova més per a millorar la qualitat de vida de les persones. Això es veurà complementat per al nou sorgiment d'una altra forma d'intervenció, les neurotecnologies.

3. Neurotecnologies

3.1. Antecedents

Les revolucions tecnològiques² han tingut un pes importantíssim en la nostra manera de viure (Lynch, 2004, p.229). Cada una ha anat acompanyada de canvis socials, polítics, econòmics, productius, etc. No serà menor l'impacte que ocasionarà la introducció de les neurotecnologies.

Després d'haver passat per nombroses onades tecnològiques, com la mecanització, railorització, electrificació i motorització, avui ens trobem amb la informatització. Des dels anys 60 fins al 2020, la tecnologia ha avançat d'una forma vertiginosa. Només cal mirar retrospectivament, com es vivia fa 30 anys.

De forma solapada amb aquesta última, també trobem la revolució de les neurotecnologies. Amb l'inici al 2010, i amb una prospecció de durada fins al 2060 (Lynch, 2004, p.230), són i seran molts els canvis que provocarà en la nostra manera de viure.

Degut a que el treball versa sobre aquesta última etapa, és necessari dedicar-li un bon espai per a conèixer-la.

3.2. Definicions

De manera simple es pot dir que "La neurotecnologia consisteix en qualsevol dispositiu amb el que visualitzar o estimular el cervell" (The BCI Guys, 2021). Però les definicions al respecte són molt diverses en contingut i en procedència.

² Des del 1770 fins al 1830 es va donar la mecanització, és a dir, la substitució del treball humà per màquines. Entre el 1820 i el 1880 tenim la railorització, on sorgeixen la locomotora i telegrafia. Entre el 1870 i el 1920, l'electrificació. Finalment, entre el 1910 i el 1970 trobem la motorització.

Faré servir, per al present treball, algunes d'aquestes definicions a tall d'exemple donat que són fruit del debat sobre l'aplicació de les pròpies neurotecnologies.

A la recerca de Müller i Rotter (2017, p.1) s'expliquen com "Un conjunt de mètodes i instruments que, amb el fonament de connectar el sistema nerviós amb instruments tecnològics, com elèctrodes, ordinadors o pròtesis intel·ligents, la finalitat és registrar i traduir l'activitat cerebral en codis tècnics, i/o provocar una estimulació predeterminada al cervell per a modificar-lo."

Per altra banda, des de l'Institut Potomac (2013, p.38), s'entenen com a "Qualsevol tecnologia utilitzada per a investigar, modular, reparar o millorar el sistema nerviós i el seu funcionament. Són també components essencials de la neurotecnologia la computació cognitiva, les eines de modulació i estimulació, i les eines de recollida de dades."

Finalment, ja fora de l'àmbit d'aplicació científica, trobem que, pel que fa a l'àmbit normatiu, la OECD (2019, p.3) diu que la neurotecnologia està integrada per "Dispositius i procediments utilitzats per a accedir, registrar, investigar, manipular i/o emular l'estructura i la funció del sistema nerviós humà."

En la mateixa Recomanació, s'estableix la necessitat de tenir un estàndard internacional per a garantir la innovació responsable en aquest camp, ja que, si bé s'orienta a la promoció de la salut, benestar i creixement econòmic, comporta nombroses qüestions ètiques, legals i socials³. D'aquesta manera, es requereix d'una resposta unificada per part de tots aquells països que se'n beneficiïn.

3.3. Fonament i objectius

I, per a quin motiu es crea i s'empra aquesta novedosa tecnologia? Ja hem vist que l'objectiu que ha marcat la intervenció cerebral ha sigut el de tractar malalties i trastorns mentals⁴. Però no es queda aquí, sino que ha anat emergent una nova línia d'actuació. Gràcies als constants avenços en aquest camp, els horitzons en quant a les capacitats humanes s'estan veient cada dia més expandits. D'aquesta manera, podem diferenciar entre dos tipus d'aplicació segons l'objectiu que es persegueixi: la teràpia o la millora (Müller i Rotter, 2017, p.2).

A part d'aquestes dues funcions més destacades, en podem mencionar altres com la recerca i la innovació, la modulació del dolor o la millora de pròtesis.

És gràcies a la robòtica, a l'aprenentatge automàtic i autònom dels ordinadors (o *machine learning*⁵), que tenim la capacitat de crear pròtesis connectades al cervell (neuropròtesis), per a permetre una

³ Alguns dels problemes serien, en primer lloc, referents a un conjunt de drets orientats a la vessant mental del subjecte, anomenats "Neurodrets", que són: El dret a la privacitat mental, el dret al lliure arbitri, el dret a la identitat personal, el dret a l'accés equitatiu i el dret a la protecció contra biaixos. També es fa referència a la regulació legal i el màrqueting dels dispositius i la manipulació que pot comportar.

⁴ La preocupació principal és la millora de la salut mental. Entenent-ho com a problema majoritari a nivell mundial, i que la OECD defineix com "un problema que va incrementant la seva rellevància com a problema de salut pública. Els desordres mentals causen un elevat nivell de patiment i s'estan reconeixent com a principals causes de mort i incapacitats. Normalment romanen sense tractament i suposen significants costos econòmics i socials, traslladant la seva importància al nivell de polítiques nacionals i internacionals."

⁵ La *machine learning* és clau per a impulsar la interpretació de patrons d'activitat neuronal registrats. Permet l'evolució del registre d'aquesta activitat de manera que els professionals poden desxifrar fàcilment patrons, pensaments, intencions, preferències i emocions del cervell observat.

millora en totes les capacitats psicossomàtiques i cognitives, tals com l'atenció, la memòria, l'aprenentatge, el moviment, etc.

I, de quina manera es produeixen aquests resultats? Trobem dues vies d'actuació. Per una banda, tenim el registre o lectura de l'activitat cerebral, i per altra banda tenim l'estimulació o escriptura.

3.4. Tipus i instruments d'intervenció

Per a la consecució d'aquests objectius trobem un conjunt d'instruments característics de cada una de les línies d'actuació mencionades.

Per al registre o lectura de l'activitat cerebral tindrem les ja mencionades tècniques de neuroimatge; i per a l'estimulació o escriptura de l'activitat, tindrem altres tècniques de diversa naturalesa i funcionament.

3.4.1. Registre de l'activitat neuronal

L'activitat del cervell es caracteritza per uns impulsos elèctrics, les sinapsis.

Per a aconseguir aquesta informació s'usen elèctrodes, i l'ordinador encarregat de rebre-la, la tradueix en instruccions tècniques, que generaran certes operacions. Avenços en aquest camp han suposat un augment exponencial de la informació recollida i interpretada. Per a recollir la informació, es compta amb la tecnologia cel·lular òptica. I per a interpretar-la, la *machine learning*. Amb aquesta metodologia, la interpretació de dades es fa automàticament i en massa (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.599).

Instruments: Tècniques de neuroimatge

I com obtenim aquesta informació cerebral? Trobem nombroses tècniques, amb les que conèixer tant el seu funcionament⁶ com la seva estructura. Per aquest motiu, veurem dos tipus generals. Per una banda les funcionals, i per altra banda les estructurals.

Per a posar-nos en context, l'estudi visual del cervell va començar a l'any 1895, amb el descobriment de la radiografia convencional, la qual s'utilitzava per al diagnòstic de trastorns i malalties mentals (Joseph i Chandra, 2022, p.1).

Posteriorment, als anys 60, i amb el mateix propòsit, van sorgir altres tècniques, que van marcar un canvi permanent en el recorregut de la medicina. Per tant, de forma no invasiva⁷ es va començar a estudiar el funcionament i estructura del cervell (Raichle, 2013, p.3960).

Més tard es va descobrir el magnetisme nuclear i, amb ell, van néixer tot un seguit de tècniques que avui dia són protagonistes en aquest camp (Joseph i Chandra, 2022, p.2).

⁶ El funcionament del cervell es basa en una activitat electroquímica que proporciona quantitats diverses de diferents components químics. Es diu que es poden interpretar els pensaments, mitjançant la identificació d'un tipus de cèl·lules, anomenades "concepte", que representen conceptes abstractes (Roelfsema, 2018, p.599). D'aquesta manera, s'hauria de visualitzar allò amb el que el pacient centra l'atenció.

⁷ La intervenció cerebral pot ser de tres tipus. No invasiva, semi-invasiva o invasiva. El criteri de classificació roman en si l'instrument requereix cirurgia cerebral per a implementar-lo a l'interior del crani. La invasiva en requereix; la semi-invasiva també en requereix, però el dispositiu es col·loca per sobre la superfície del cervell; i la no invasiva no requereix intervenció, ja que es col·loca per sobre la superfície del crani.

D'una manera esquemàtica, les tècniques més rellevants i les seves característiques principals són les següents:

Tomografia Axial Computaritzada (CAT)	Ressonància Magnètica (MRI)	Tomografia per Emissió de Positrons (PET)
Amb raigs X proporciona informació estructural i certs problemes fisiològics.	S'emet radiofreqüència al cervell, i l'energia retornada per aquest és rebuda per camps magnètics.	La injecció d'una substància radioactiva al cervell ocasiona l'emissió de raigs, que són detectats per l'ordinador.
Es pot crear una imatge completa del cervell.	Es forma una imatge completa de l'estructura cerebral.	Mostra les àrees del cervell més actives en aquell moment.
Ressonància Magnètica Funcional (fMRI)	Imatge Funcional per Infrarojos Propers (fNIR)	Encefalografia (EEG)
Segons el nivell d'oxigenació de la sang que circula pel cervell es detecten les zones més actives a temps real.	En base a l'oxigenació de la sang medeix l'activitat de les zones cerebrals. Degut a la reemissió de raigs infrarojos des del cervell, que s'han dirigit anteriorment al crani.	Amb electrodes col·locats al crani es mesura l'activitat elèctrica del cervell. Proporciona informació funcional.
Magnetoencefalografia (MEG)	Electrocorticografia (ECoG)	
Amb un camp electromagnètic creat amb electrodes es reb l'activitat neuronal, coneixent l'origen d'aquesta. S'obté informació funcional i estructural.	Es col·loca una matriu d'electrodes per sobre la superfície del cervell. Reben l'activitat elèctrica que emeten les neurones, oferint una imatge estructural.	

Taula 1. Principals tècniques de neuroimatge i algunes característiques. Font: Elaboració pròpia, segons (Hoffman, 2017; Rao, 2013, pp.18-31; Medline, 2020).

Amb aquestes i altres tècniques de neuroimatge, que els professionals de les neurociències empraven per a estudiar el cervell, es poden entendre com certs patrons funcionals i/o estructurals deriven en l'expressió de determinades conductes o símptomes, entre altres. Aquesta és la base de la neurotecnologia, donat que vol modificar el comportament.

És per aquest motiu que l'estudi del cervell i del sistema nerviós en general ens és d'interès. S'ha de comprendre allò que es vol modificar.

3.4.2. Estimulació de l'activitat cerebral

Doncs bé, com es pot arribar a incidir sobre aquesta activitat? Amb la presentació d'estímuls elèctrics o visuals al pacient es provoca l'activació o desactivació de les neurones objectiu (Müller i Rotter, 2017, p.2).

Instruments

El que més destaca en aquest àmbit és l'anomenada Estimulació Profunda del Cervell (DBS). S'ha aconseguit tractar els símptomes de la malaltia de Parkinson, de la depressió o del Trastorn Obsessiu Compulsiu (Borders, Hsu, et.al., 2018, p.40). Per altra banda, també trobem implants coclears que es dirigeixen a tractar la sordesa. O, per a la ceguesa, mitjançant la implementació de microxips a la retina s'aconsegueix restaurar la sensibilitat a la llum (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.600).

D'una manera més detallada, les tècniques més rellevants per a estimular l'activitat neuronal són les següents:

Estimulació Transcranial del Cervell (TBS)	Estimulació Profunda del Cervell (DBS)	Interfícies Cervell-Ordinador (BCI)
S'estimula el cervell amb diferents corrents elèctriques. S'empren electrodes de forma no invasiva. Disponible únicament en l'àmbit de recerca.	S'injecten electrodes a l'interior del cervell per a estimular-lo mitjançant corrents elèctriques. S'usa en l'àmbit clínic, per a tractar el Parkinson, entre altres.	Ús d'electrodes, de forma invasiva o no, que recullen les senyals elèctriques neuronals, per a traduir-les en posteriors ordres per a l'ordinador. Així, el pacient paralític es pot comunicar i controlar pròtesis.
Cèl·lules mare neuronals	Estimulació amb Ultrasons Concentrats (FUS)	Optogenètica
La injecció d'aquestes cèl·lules al cervell de pacients amb trastorns neurodegeneratius, com l'Alzheimer, permetrà refer-se del dany neuronal. Encara ho trobem en la fase de recerca.	S'emet energia acústica i després s'observen els canvis cerebrals mitjançant l'EEG. És una tècnica no invasiva i s'obtenen resultats de millor qualitat que altres, per tant, s'està guanyant el protagonisme en el camp.	Es basa en l'enginyeria genètica. S'injecten receptors lumínics a les neurones, de manera que responen a la il·luminació incidida des de l'exterior. Es visualitza la seva activació o desactivació.

Taula 2. Principals tècniques d'estimulació neuronal. Font: Elaboració pròpia. Segons (Lee, et.al., 2016, p.1; Müller i Rotter, 2017, p.2; Nuffield Council on Bioethics, 2013, pp.15-40; Rao, 2013, pp.32-33).

Els autors expressen la importància que pot tenir la combinació de les que registren l'activitat i les que generen estimulació. Això es deu a que una mateixa estimulació elèctrica pot tenir resultats

diferents, segons l'activitat i l'estat del teixit cerebral en aquell moment. Per tant, amb aquesta combinació, es produeix una retroalimentació, en la que l'estimulació modifica l'activitat, i l'activitat influeix a la posterior estimulació. D'aquesta manera, s'acaba obtenint la conducta desitjada

De tots els instruments esmentats, els que són de més interès per al treball són les BCI. Un exemple, actualment en desenvolupament, amb objectius molt ambiciosos en l'àmbit de la teràpia, és *Neuralink*, creat pel famós Elon Musk.

Neuralink

Com a mètode invasiu, requereix una cirurgia cerebral. En aquest cas, la practica un robot, amb una precisió mil·limètrica i excel·lent.

S'injecten microxips a les zones cerebrals encarregades de controlar el moviment del cos. Aquests estan connectats a un implant que també s'injecta dins el cervell. És des d'aquest implant (*Link*), des d'on es processen i transmeten les senyals neuronals que han viatjat des dels microxips. Per últim, i per a carregar l'aparell, es compta amb un carregador inalàmbic.

L'objectiu d'aquesta BCI és el que subjecte es connecti i controli dispositius tecnològics només amb el seu pensament. Per a l'adquisició d'aquesta nova habilitat, existeix una aplicació mòbil, en la que el pacient pot practicar el funcionament jugant amb la ment.

De moment, el públic objectiu són els pacients amb quadriplegia. Però ja s'està mirant més enllà, i es contempla la possibilitat d'aplicar-ho a persones sanes. L'objectiu, en aquest cas, és millorar certes habilitats cognitives, com la creativitat o la comunicació. No resulta descabellat imaginar-s'ho, doncs la velocitat a la que augmenten els avenços en aquest camp és vertiginosa, només cal deixar passar el temps necessari.⁸

4. Aspectes i problemes conceptuals

Un cop feta la presentació general de les neurotecnologies, d'una manera més tècnica i específica, ara veig convenient centrar-me en els conceptes que conformen la base de tot l'explicat. També incorporaré alguns debats respecte qüestions que es plantegen en l'estudi d'aquest camp.

En primer lloc, definiré els termes més importants, objecte de discussió de l'estudi. Intentaré, així, establir la diferència entre la finalitat terapèutica i la finalitat d'augment, pel que fa a la intervenció neurotecnològica. Concretament, en els agents que participen del camp de la defensa.

4.1. Augment

Què s'entén per augment? És un concepte àmpliament discutit, i són moltes les definicions que ens trobem. Per exemple, "és qualsevol millora en comparació amb l'estat passat de la persona, fos el nivell que fos" (Tran i Tri Tran, 2015, p.183).

⁸ Per a una informació més detallada, es pot visitar la pàgina oficial [Neuralink](#)

Per altra banda, també ho podem entendre com a “un canvi en el cos humà que fem intencionadament, amb el propòsit, no de fer al discapacitat o malalt sà, sinó de fer de les persones normals i sanes millors. O fer, de les persones amb discapacitat, no només normals, sinó fer-les anar més enllà” (Tran i Tri Tran, 2015, p.183).

O la que promulgen des de la Universitat d’Standford⁹, la podem aplicar al camp neuronal, només canviant la referència al “cos humà” per l’especificació al cervell humà.

Si volem emprar el concepte anglosaxó original, *neuroenhancement*, ens hem de referir únicament a l’augment cognitiu, ja que en la seva definició només es contempla aquest, deixant de banda tant el perceptiu com el motriu. Posteriorment veurem que és necessari diferenciar entre aquests àmbits.

Tot i això, considero que aquestes definicions generen un problema. Donat que fan referència a la normalitat de l’èsser humà, hauriem d’entendre primer què és normal.

4.2. Normalitat

Quines són les condicions que permeten considerar a una persona normal o no fer-ho? L’absència de malalties físiques? O de trastorns mentals? Es té en compte l’àmbit emocional? Pel fet que una persona tingui menys capacitat intel·lectual que una altra, ja es considera que la primera no és normal?

Podem acudir a la RAE per a una definició, però tampoc ens clarifica massa el panorama. Normal és allò “que es troba en el seu estat natural; que és habitual o ordinari; que es serveix d’una norma o regla; que, per la seva naturalesa, forma o magnitud, s’ajusta a certes normes fixades anteriorment”.¹⁰

I, em pregunto, no és natural tenir condicions diverses i diferents graus de capacitat? No hauria de ser considerat tothom normal pel sol fet de ser tal com és?

Socialment hem dividit a les persones en base a aquest grau de capacitat, entre moltes altres distincions i les seves corresponents estigmatitzacions. La línia que separa el normal del, vulgarment dit, subnormal, és molt fina. Al final, és una decisió personal a quines persones incloem dins de cada categoria, no és que existeixi una separació física i objectiva entre aquestes etiquetes.

Com que el fi del treball no és fer una discussió sobre el concepte “normal”, em basaré amb una definició que integra els components d’interès: “Allò que és majoritari en la població, que és representatiu de la mitjana, ja sigui en la condició física, cognitiva o perceptiva. I que, per tant, qualsevol sortida d’aquesta mitjana, es considera anormal”.

⁹ “Un canvi en el cos humà que fem intencionadament, amb el propòsit, no de fer al discapacitat o malalt sà, sinó de fer de les persones normals i sanes millors. O fer, de les persones amb discapacitat, no només normals, sinó fer-les anar més enllà.”

¹⁰ Definició extreta de <https://dle.rae.es/normal?m=form>

4.3. Teràpia

Per altra banda, i com a concepte contraposat de l'augment, tenim el de "teràpia". Segons la RAE, és "el tractament¹¹ d'una malaltia o de qualsevol altra disfunció"; i el "tractament destinat a solucionar problemes psicològics."¹²

4.4. Salut

Donat que les definicions oficials¹³ ens generen encara més problemes, l'han descrita com a que "Cada persona neix amb unes condicions biomèdiques particulars, les quals poden anar canviant al llarg de l'evolució personal." Per tant, és impossible establir una mitjana que representi la normalitat de les persones.

Com a conseqüència, el *neuroenhancement* d'una persona pot significar una teràpia o un augment, depenent de quin sigui (considerat per a ella) el nivell de normalitat.

En suma, veiem que els problemes conceptuals són ben presents i els hem de tenir en compte a l'hora de pensar en l'estudi d'aquest camp.

5. Objectius de les aplicacions de les neurotecnologies

I, com apliquem aquestes definicions de nocions bàsiques a l'objecte d'interès que ens ocupa? Per a començar, hem de diferenciar les pràctiques i els riscos quan es tracta de teràpia i quan es tracta d'augment.

5.1. Diferència entre els conceptes de teràpia i d'augment

Des de l'Institut POTOMAC (2013) se'ns proporciona una detallada descripció de la intervenció en cada un dels casos, per a aconseguir una diferenciació posterior.

En primer lloc, la teràpia és la "detecció, prevenció i reparació del cervell danyat" (p.41). Algunes de les ambicions d'aquest àmbit són (pp.42-43): "Desenvolupar mecanismes per a mitigar o prevenir la neurodegeneració, identificar precoçment desordres mentals amb neuroimatge, recuperar o reemplaçar la funció cerebral després d'una lesió o malaltia cerebral, entre altres".

És a dir, a mesura que es vagi progressant en el coneixement del cervell i en el desenvolupament d'eines i tècniques per a intervenir-lo, el tractament de les malalties mentals cada vegada serà més precís i eficaç.

Per altra banda, com a augment cognitiu es fa referència als instruments no invasius que complementen les capacitats humanes naturals (p.45). D'aquesta manera, les aplicacions que

¹¹ Tractament es defineix com a "un conjunt de medis que s'empren per a curar o minorar una malaltia."

¹² Definició extreta de <https://dle.rae.es/terapia?m=form>

¹³ La OMS defineix salut com "Un estat complet de benestar físic, mental i social, i no només l'absència d'afeccions o malalties." Es pot visitar [La Salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades](#)». per a més informació.

podem trobar es destinen a superar l'anhel de normalitat que tenen les persones amb discapacitat o malaltia.

Aparentment la diferenciació és senzilla. Però donat que els instruments i mètodes utilitzats són els mateixos, els conceptes en els que ens basem són ambigus i no són mútuament excloents (es poden produir els dos tipus de resultats a la vegada), es genera la necessitat d'aclarir la diferència. Considero que el problema de fons resideix en els conceptes. No està clar a partir de quin punt es considera un conjunt de símptomes (com una pèrdua de memòria o una depressió) com unes limitacions a la màxima expressió de les capacitats; ni a partir de quin punt es pot dir que la persona se li ha manifestat la malaltia d'Alzheimer o pateix depressió. Segons el que s'estableixi, la possible intervenció neurotecnològica s'adreçarà, o bé a l'augment (en el primer cas) o bé a la teràpia (en el segon cas).

5.2. Diferenciació entre les aplicacions

Per avançar en la discussió sobre la diferència en les aplicacions, assumiré les prèvies definicions esmentades. Des del 2002 es ve discutint aquest aspecte, d'ençà que el Consell del Govern dels EEUU va publicar un article defensant la necessitat de fer la diferenciació. Per aquest, "La teràpia és portar al subjecte al nivell adequat de salut, capacitat o rendiment; mentres que l'augment és portar al subjecte a un nivell per sobre del seu actual de salut, capacitat o rendiment (ja considerat normal)."

Amb això, els arguments exposats que justifiquen la necessitat de marcar la diferència són:

1. Amb les neurotecnologies s'aconsegueix un nivell de millora humana inimaginable sense aquestes. Així, l'ambició de les persones a ser "excel·lents" es veu àmpliament disparada i fàcilment aconseguida. Què n'obtidrem? Per una banda, persones molt capaces i valorades, i per l'altre, persones no tant capaces i totalment desvalorades, per molt esforç que hagin dedicat a la seva millora.
No seria això una altra font de desigualtat? I un pas cap a la desvalorització de l'esforç generat de manera natural? Potser és convenient fer una correcta diferenciació per a limitar l'ús amb fins d'augment, i així no caure en aquesta il·limitada ambició, que només portaria a més desigualtat i estigmatització del que no està augmentat.
2. Els mitjans escollits per a aconseguir un fi són determinants. Es podrà aconseguir el mateix fi amb mitjans diferents, però els efectes secundaris no tindran res a veure.¹⁴

¹⁴ Un exemple que clarifica el problema és el següent. Ens trobem en una classe de primària, i l'objectiu és que les alumnes estiguin tranquil·les i en silenci mentres mantenen l'atenció. Mentres que a un alumne se li ensenya a estar pacient i tranquil, a un altre se li proporciona una pastilla o se li instal·la un dispositiu neurotecnològic per a que li generi el mateix. El fi és el mateix. El resultat acabarà siguent el mateix. Però trobarem el primer nen que s'haurà treballat a sí mateix per a controlar-se i saber estar tranquil a classe, mentres que el segon haurà interioritzat que, sense fer cap mena d'esforç, i només recorrent a l'ajuda externa (fàrmac o neurotecnologia) aconseguirà l'objectiu que se li demana.

Els efectes derivats de treballar-se les pròpies capacitats són múltiples i variats, que després s'apliquen a tots els àmbits vitals i ens fan millors com a persones. A més, els humans aprenem cometent errors i experimentant. Si eliminem tot el procés d'alt i baixos necessari per a aconseguir un fi, el resultat per si mateix no serà tant satisfactori i, no haurem après a arribar-hi per nosaltres mateixos, fet que també impedirà la transmissió del coneixement.

3. Relacionat amb l'anterior, la satisfacció que aconseguim amb el treball personal per a millorar les nostres capacitats no és equiparable al simple assoliment de la millora sense haver passat pel procés.

La comoditat i immediatesa per aconseguir els resultats desitjats només ens portarà a ser persones més còmodes i impacients, a la vegada que reticents a esforçar-nos per allò que volem aconseguir. En una societat marcada per aquestes característiques, l'aprenentatge pot passar a una posició subordinada a les neurotecnologies. A llarg termini, és natural pensar que l'efecte generat pot ser el contrari al que es promulga. Que les persones siguin "pitjors" en lloc de "millors".

4. Es distorsionarà el concepte "normal". Si la majoria té les capacitats augmentades, passarà a ser el normal aquest nou nivell augmentat? O continuarà siguent la mitjana de les persones sense intervenció? En el primer cas, encara que un estigui en plenes condicions de salut, la intervenció es podria considerar terapèutica, donat que ho realitzaria per arribar al nou nivell de normalitat.

Això també podria generar pressió social per a sotmetre-s'hi per tal de no ser menys que els altres.

Al final, donat que la inquietud natural de l'ésser humà en anar sempre més enllà no es pot suprimir, al que podem aspirar és adaptar-nos a la nova realitat.

Pels motius exposats, la diferenciació entre els dos tipus d'intervenció resulta clau si no es vol caure en un excés d'utilització de les neurotecnologies. Si aspirem a la millora, sense cap mena de requisit ni filtre, s'estaran aplicant indiscriminadament unes mesures que generaran efectes no desitjats, sobretot a llarg termini. És a dir, a les conseqüències psicosocials que esmena el mateix Consell: Obtenir els resultats desitjats sense haver de passar per un sacrifici i esforç previ, entre altres virtuts, cada vegada més absents en la societat. Tal com identifica el filòsof Byung Chul Han, això correspon a la positivització de la societat.¹⁵

Veiem que a mesura que va avançant la tecnologia, trobem més facilitats i comoditats. Ja no hem de pensar, calcular, recordar ni atendre de la mateixa manera que fa quaranta anys. Tenim una

¹⁵ Conceb la positivitat com allò fàcil, superficial, que estimula els sentits, que està satinat i que no hi ha res més enllà. Contràriament, la negativitat és allò difícil, profund, complexe, que requereix voluntat i patiment. Per tant, podem relacionar la tecnologia amb el rebuig de la negativitat, acceptant la positivització. Exemples: l'art, la música, l'arquitectura, les relacions, les conversacions...Es rebutja l'aprenentatge en pro del resultat fàcil. Es rebutgen les emocions negatives en pro de les positives.

capacitat d'atenció i de reflexió molt precària, que segueix aminorant a mesura que ens exposem recurrentment al contingut de les xarxes socials, tant immediat, banal i de curta durada.

És la nostra responsabilitat ser-ne conscients i saber posar límits a la tecnologia, per a no caure en un pou sense fons, en el qual potser trobem una vida fàcil i còmode, però que ens farà ser més manipulables, acrítics, indisciplinats i reacs a l'esforç.

D'acord amb G. Michael Hopf:

“Els temps difícils creen homes forts, els homes forts creen temps fàcils, els temps fàcils creen homes dèbils, els homes dèbils creen temps difícils.”

D'acord amb tot això, aquest treball pretén ser una aportació més en aquest àmbit, diferenciant ambdues funcions¹⁶ i esbrinant en quins casos s'aplica una o l'altra, exemplificant-ho en el context dels cossos de seguretat.

5.3. Aplicacions terapèutiques

Podem concebre els instruments exposats a l'inici del treball com avenços clínics i mèdics, amb els que millorar la qualitat de vida del pacient. Ja sigui una discapacitat física, cognitiva o perceptiva, s'ofereixen mètodes per a comprendre com funciona aquell cervell danyat per a modular-lo cap a un retorn a la “normalitat”.¹⁷

Ara bé, trobem instruments més accessibles, fora de la clínica, que una persona sana i amb suficients recursos econòmics pot adquirir. Els fins d'aquests no són pal·liar símptomes de trastorns, sino que són augmentar les possibilitats per sobre la naturalesa humana. Ara bé, si dins d'aquest conjunt d'instruments, n'hi ha que es centren en la regulació de l'estat mental (per exemple, per a estar més tranquil o atent), no podríem parlar a la vegada d'una funció terapèutica?

Respecte l'estat de calma podem diferenciar dues situacions: En un primer cas, no tinc cap malaltia ni trastorn mental diagnosticats, però estic en un moment d'ansietat i desitjo relaxar-me, però en sóc incapaç. Això em genera molt malestar, i decideixo recórrer a un dels dispositius que em conduiran ràpidament a un estat de relaxació. Assoleixo l'objectiu en pocs minuts, però ara decideixo, de forma preventiva, deixar-me'l col·locat durant tot el dia, per a no tornar a l'estat

¹⁶ Un exemple que fa Asís Roig (2022, p.169) ens pot ajudar a comprendre el problema. Un pacient amb una cama amputada, pot decidir entre una cama ortopèdica, que té aspecte d'una cama humana real, però poc funcional; o bé, una pròtesi amb aspecte robòtic, i amb gran funcionalitat. Quina de les dues opcions es considera teràpia i quina millora, i per què? Podem pensar que independentment de quina esculli, és teràpia, doncs es torna al pacient a la funcionalitat natural de l'ésser humà. Però en el cas de la pròtesis robòtica, al tenir més funcionalitat que una de natural, ens porta a la discussió. En aquest cas, s'estaria augmentat la capacitat (motriu) per sobre de la mitjana natural humana, no només s'estaria equiparant el seu nivell al de la mitjana. Per tant, podríem considerar la mateixa intervenció com un augment.

¹⁷A l'àmbit català trobem l'Institut Gutmann, referent en neurorehabilitació. Entre les seves funcions destaca l'ús de les neurotecnologies mitjançant la robòtica o la realitat virtual, per tal de pal·liar i/o recuperar la funcionalitat natural de les persones que pateixen algun tipus de discapacitat. Amb això, veiem el gran potencial que tenen aquests instruments, i com la innovació en el camp permet que cada vegada més persones puguin tenir una millor qualitat de vida.

d'alteració previ. Malgrat no sàpiga si realment hi tornaria o no, decideixo que és millor deixar-me'l, encara que potser no el necessiti.

Per altra banda, un segon cas, sí que tinc un estrès posttraumàtic diagnosticat, i em trobo en la mateixa situació d'ansietat i malestar. Recorro al dispositiu per a calmar-me i, de la mateixa manera, me'l deixo durant tot el dia, per a prevenir una recaiguda.

Quines són les finalitats en cada cas, i per què? Podem identificar les dues finalitats dins d'un mateix cas? En el moment en que assoleixo l'objectiu, però me'l deixo preventivament, passo d'una aplicació terapèutica a una d'augment?

I, en el primer cas, a diferència del segon, com que no tinc res fora del "normal" diagnosticat, es considera tota l'aplicació com un augment? I en el segon cas, està tot l'ús del dispositiu justificat per a una necessitat terapèutica?

Aquest és el problema base amb el que em trobo quan parlo d'intervencions neurotecnològiques en els camps policial i militar. Veurem com les condicions de salut mental d'aquestes persones donen peu a que es considerin aplicacions terapèutiques, encara que aparentment semblin destinades a l'augment.

5.4. Aplicacions per a l'augment o enhancement¹⁸

Entrant en la segona de les finalitats hem de diferenciar els tres àmbits d'intervenció: el cognitiu, el perceptiu i el motor (p.83).

Amb l'augment de les capacitats cognitives ens referim a l'increment del rendiment i capacitats mentals, tals com l'atenció, la memòria, l'aprenentatge, la presa de decisions o la resolució de problemes. L'augment perceptiu és aquell que afecta als sentits: olfacte, vista, gust, oïda i tacte. I, per últim, l'augment motor es dirigeix a millorar les qualitats físiques del cos humà, tals com la mobilitat, força, velocitat, resistència, agilitat i equilibri (p.86).

Amb això, podem pensar que són intervencions desitjables per a les persones amb una feina que implica l'ús intens i protagonista d'aquestes capacitats. Sabem que els policies i els militars depenen en gran part del seu rendiment físic i de la capacitat de prendre decisions. Si tenim agents amb totes aquestes capacitats augmentades, voldrà dir que ens podran proporcionar un servei més eficaç, i per tant, oferir més seguretat?

Penso que representen ja una figura d'autoritat per a la resta de la societat com per a que a sobre tinguin capacitats superhumanes a les que els altres ens queden molt lluny. No representa això una demostració més del monopoli de la violència i del poder de l'Estat en tant que controlació de la ciutadania?

A més, també ens trobem amb el possible problema d'una desigualtat entre els propis agents. És a dir, si la neurointervenció no és obligatòria per a totes les agents dels cossos de seguretat, i, per tant, només les privilegiades hi poden accedir, acabem generant una condició de desigualtat entre

¹⁸Aquí em baso en el text del National Research Council U.S. (2008, p.83-87).

elles. Només si s'implementés de forma obligatòria per a cada una de les agents, solucionariem el problema.¹⁹

5.5. Instruments disponibles

Doncs bé, pel que fa a aquestes intervencions, quins instruments i mètodes trobem?

Començant per l'àmbit motor, trobem tot un seguit de diferents dispositius. En primer lloc, tenim els que són implantats a la part del cos objecte de millora (pròtesi o ortesi), i que es connecten a una pròtesi neuronal, és a dir, situada al cervell. La informació va d'una a l'altre, en una relació bidireccional, per a generar la connexió entre aquestes. El funcionament es produeix gràcies a una particularitat del cervell, que li proporciona una alta capacitat d'adaptació, la neuroplasticitat.²⁰

Després trobem els anomenats exoesquelets. Dispositius externs, que no supleixen cap membre corporal perdut, sinó que complementen l'esquelet humà. Per tant, generen un augment de les capacitats físiques generals. Aquests assistents robòtics han après, mitjançant *machine learning*, el funcionament del cos. D'aquesta manera, poden reproduir i adaptar-se al moviment, de forma sinèrgica amb el subjecte (p.94).

Troblem una gran varietat d'exoesquelets, i cada un d'ells es centra en alguna de les capacitats motrius per a millorar-la. La base per al seu funcionament consta de tres punts: interpretar la intenció del subjecte; aplicar les forces adequades en els moments adequats i no interferir en el patró de moviment natural.

Alguns exemples fan referència a l'ús d'estructures incorporades a la part superior del cos, per a permetre la càrrega de pesos molt elevats; o bé estructures a la part inferior per a córrer llargues distàncies sense fatigar-se. A més, també s'està estudiant la incorporació al medi aquàtic, amb estructures que proporcionin una major velocitat i resistència al nadar.

Es pot dir que el funcionament es basa en el següent procés: amb les tècniques de neuroimatge es registra l'activitat cerebral; d'aquesta s'obtenen uns patrons, que són apresos pels instruments (BCI); s'envia la informació a la pròtesi o ortesi corresponent; i aquestes realitzen l'acció que correspon al patró d'activitat.

D'aquesta manera, el que obtenim és la traducció de la intenció del subjecte de fer una acció, en senyals llegibles per a la BCI. Aquesta BCI és la que accionarà la pròtesi fent real aquella intenció, resultant així en el control de la pròtesi únicament amb el pensament.

Actualment, una gran limitació que trobem en aquests dispositius dirigits a l'augment de les capacitats motrius, és la seva poca practicitat. Una possible solució ja s'està estudiant, i es basa en

¹⁹ Aquesta qüestió no és nova, ja es ve tractant desde la utilització de la farmacologia amb finalitats competitives. Per exemple, les fisiculturistes o els aixecadors de peses venen utilitzant la química per a exprimir-se més enllà del seu potencial biològic, i encara ho trobem a dia d'avui, siguent legal i legítim a nivell competitiu, sempre que es declari. És això també una font d'injustícia i desigualtat?

²⁰ Amb la neuroplasticitat el nostre cervell pot modular la seva pròpia distribució de l'electricitat, activació i/o desactivació de certes neurones, l'activitat metabòlica i el patró d'ones emeses. Per a més informació, es pot consultar a Garcés-Vieira i Suárez-Escudero (2014).

la substitució dels actuals materials metàl·lics, per una musculació artificial, completament adaptable al cos humà.

Pel que fa a l'àmbit perceptiu, trobem les pròtesis sensorials, per exemple, les visuals o les auditives. Amb aquestes, s'aconsegueix la millora de la vista i/o de l'oïda, respectivament. Però això no és tant novedós com pot semblar. Hem i estem visquent l'ús d'unes pròtesis visuals esteses mundialment: les ulleres i les lentilles. Aquestes tenen el mateix fonament que les noves pròtesis visuals, que són: la transparència, és a dir, l'actuació passiva de la pròtesi (el subjecte no ha de pensar en utilitzar-la); la unitat, significat la coherència entre la pròtesi, el subjecte i l'entorn, per tant, la completa integració; i l'adequació, referent a l'individual i únic disseny per a cada subjecte.

Com a últim, però com a més important per aquest treball, tenim l'aplicació en l'àmbit cognitiu. Aquí trobem tots aquells instruments que he descrit anteriorment, referents al registre i a l'estimulació de l'activitat cerebral. La visualització funcional i estructural del cervell proporciona la informació necessària per a determinar l'estimulació que es donarà, i així canviar l'aspecte desitjat.

No genera cap sorpresa el que hi hagi interès en millorar el rendiment cognitiu. Fa temps que consumim cafeïna i certs fàrmacs de manera quotidiana amb aquesta finalitat (Normann i Berger, 2008, p.110). Però si que trobem una ampliació del camp d'intervenció, on aquestes anteriors substàncies no arriben. L'atenció, la memòria, la presa de decisions individuals i col·lectives, la percepció de l'entorn, les interaccions socials i la resolució de problemes complexos, són els objectius dels *neuroenhancers* (Cinel, Valeriani i Poli, 2019, p.2).

Per altra banda, també tenim una estimulació directa sobre el comportament (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.602). És a dir, mitjançant l'optogenètica, podem modular l'estat emocional i el comportament del subjecte. L'objectiu d'aquest mètode és incidir tant en les funcions primitives i bàsiques, com el menjar, beure, reproducció, com per a les funcions més complexes, que he esmentat anteriorment. Per exemple, un objectiu seria incrementar la ingesta de menjar per part dels pacients amb anorexia nerviosa.

A més, l'autor expressa que podem reforçar o incentivar una conducta determinada, amb la influència indirecta del comportament (p.604). Mitjançant l'activació de les neurones que processen les recompenses i els càstigs, es pot influenciar als receptors dopaminèrgics encarregats d'alliberar dopamina i, per tant, de reforçar aquella conducta que l'ha generat.

5.6. Aplicacions de les BCI

Tornant a les BCI, els autors s'endinsen més en les aplicacions en aquest àmbit (pp.5-13), i trobem una classificació general segons la finalitat a la que s'aspira:

- A. *Neuroergonomics*²¹: Les BCI són passives. Monitoritzen l'activitat cerebral durant el dia, permetent la seva modulació a temps real.
- B. Comunicació: La predicció del discurs que donaria el subjecte és possible gràcies al registre de l'activitat i el *feedback* instantani mitjançant una EEG.
- C. BCI basades en *Event-Related Potentials* (ERPs)²²: Aquí trobem dues variants. En un primer cas, poden identificar l'estímul al qual el subjecte està dirigint l'atenció, sense que mostri cap senyal auditiva ni visible. Això es deu a la informació que proporciona l'EEG. I, en segon lloc, les BCI autoreguladores (o *self-paced* BCI). Mitjançant un *biofeedback* instantani, la mateixa BCI rep la resposta que realitza el subjecte (com el parpelleig) a l'estímul presentat. Aquesta resposta es transforma en ordres, que indicaran la realització de l'acció per part del dispositiu.
- D. Comunicació entre cervells: No parlo de telepatia, sino de la connexió directa entre cervells mitjançant BCI. S'ha demostrat que es poden realitzar funcions col·laboratives entre persones sense comunicar-se (aparentment). La informació es transmet d'un cervell a l'altre sempre i quan estiguin connectats.

Altres aspectes que poden arribar a ser objecte de millora són:

- L'augment de l'aprenentatge conceptual i abstracte, i la pal·liació dels símptomes del Parkinson mitjançant l'Estimulació Cerebral Profunda (DBS) (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.598).
- L'augment de la memòria de treball i a llarg termini. També una estimulació elèctrica als lòbuls temporals per a posar de manifest els records inconscients del passat, i també així augmentar la memòria a llarg termini. Tot això mitjançant BCI connectades a memòries externes d'un ordinador (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.603).
- La modificació de la conducta alimentària amb l'estimulació optogenètica (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.602).
- La modificació de la tendència a l'assumpció de riscos amb l'estimulació tES dirigida al còrtex prefrontal dorsolateral (Cinèl, Valeriani i Poli 2019, p.8).
- La recuperació de la funció motora perduda o per a tractar els símptomes de la *burnout*²³ mitjançant l'ús de la realitat virtual.
- La integració d'experiències, intencions i decisions de múltiples subjectes sense que s'hagin de comunicar. D'aquesta manera, la presa de decisions col·lectives pot arribar a ser molt més eficient i precisa gràcies a les BCI col·laboratives (Bhattacharyya, Valeriani, Cinèl, Citi i Poli, 2021, p.5).

²¹ Entès com la metodologia que " examina els mecanismes neuronals i cognitius que hi ha al darrere del rendiment en les tasques quotidianes i de treball. Amb aquesta informació dissenya sistemes que permeten una més eficient i segura via de realitzar aquestes tasques." (p.5).

²² El P300 és un pic d'activitat en el gràfic que dona una EEG, i es produeix entre 300 i 600 milisegons després de la presentació d'un estímul visual al subjecte. Aquest estímul es relaciona amb una cosa interessant o estranya (p.6).

²³ Per a més informació visitar [VR Software for Mental Health Practices | Amelia](#)

Més d'especial interès aquest últim punt, ja que la presa de decisions és essencial en el camp policial i de defensa. El mateix estudi (p.9) demostra com la rapidesa en la presa de decisions es veu incrementada gràcies a aquesta intervenció. És l'experimentació amb un ambient virtual que simula situacions realistes la que ha permès arribar a aquesta conclusió.

També trobem altres oportunitats que ofereixen les BCI col·laboratives, com:

- a) **Reconeixement facial:** Per a la millora en la presa de decisions col·lectives, s'ha demostrat que es pot millorar l'efectivitat en el reconeixement de persones, quan se n'han de diferenciar entre una gran quantitat (Salvatore, Valeriani i Piccialli, 2022, p.1223). És ideal que un grup de policies pugui reconèixer al sospitós en una multitud d'una forma conjunta, ràpida i infalible.
- b) **Detecció i localització d'objectius:** En aquest cas l'objectiu són objectes. La resposta dels subjectes quan se'ls presenta l'estímul visual objectiu augmenta considerablement quan se'ls intervé amb la BCI (Yuan, Wang i Gao, 2013, p.680). També s'ha implementat per a automatitzar la localització d'aquests objectius en l'espai (Matran-Fernandez i Poli, 2017, p.2).
- c) **Classificació automàtica d'imatges:** Amb el ja esmentat P300, s'ha comprovat un augment en la precisió de la classificació de les imatges d'interès que un conjunt d'individus visualitza (Matran-Fernández, Poli i Cinel, 2013, p.1096). Això interessa especialment a la NASA i a la ESA, ja que els professionals poden determinar ràpidament si una imatge conté un element d'interès o no, per a classificar-la automàticament.

Encara que ho sembli, no estem parlant de ciència ficció, sino que actualment ja s'ha i s'està experimentant amb tot això. L'inconvenient és que aquests avenços requereixen una intervenció invasiva als subjectes que en volen gaudir. Aquí entren en joc els dispositius no invasius, que estan a l'abast del públic general (que decideixi invertir uns quants cents d'euros) i que són tan fàcils d'usar com posar-se una peça de vestir.

Troblem un llistat dels que van ser més exitosos l'any 2020²⁴. Només per a fer-nos una idea, el *Thync Relax Pro*, una vegada col·locat al clatell, provoca petites descàrregues elèctriques quan detecta que el subjecte està patint estrès. Aquestes senyals aconseguixen una reducció de les pulsacions, facilitant la relaxació progressiva i natural.

També tenim l'*Halo Sport*. Amb la forma d'uns auriculars inalàmbrics convencionals, proporciona una millora en la velocitat d'aprenentatge dels patrons motors i una millor memòria muscular. Per tant, les capacitats físiques es veuen ràpidament millorades.

Un últim exemple és el *NextMind*. Amb forma de diadema, permet la interacció del subjecte amb un videojoc d'una forma directa i sense moure's.

²⁴ Per al llistat complet, visitar TheCusp (2020).

6. Intervencions terapèutiques: Àmbit policial i militar

Un cop feta la descripció general de la base teòrica del treball, i tinguent present l'anterior diferenciació entre els dos grans tipus d'aplicació neurotecnològica, em centraré en el supòsit d'anàlisi concret: l'àmbit policial i militar.

El fet que en el context de les neurotecnologies es faci recerca en aquest àmbit, prové de l'interès actual en la intervenció cerebral per a, en primer lloc, la recuperació a l'estat natural, afectat per conseqüències psicològiques i físiques, derivades de les activitats que comporta la seva feina (teràpia); i en segon lloc, millorar psico o físicament, les capacitats cognitives i físiques per a oferir un millor rendiment professional (augment).

Llavors, com podem concebre la incorporació de les neurotecnologies en l'àmbit de la defensa? Com a una mesura de teràpia o com a una d'augment? Per a respondre, és necessari tenir una idea sobre la situació en l'àmbit de la salut mental d'aquestes professionals.

6.1. Situació de la salut mental a la policia

Les situacions amb les que conviuen són variades, i dependrà del tipus de cos i de la localitat. Però, per a fer-nos una idea de com poden estar afectant-los en la salut mental, considero suficients els exemples que descriuré: els militars dels EEUU i la policia de Mèxic.

6.1.1. Estrès, burnout, fatiga per compassió i trauma secundari

L'estrès és un dels enemics més coneguts per a la salut mental i que, en més o menys mesura, tota persona ha experimentat. En exposicions moderades pot tenir efectes positius (eustrès), però normalment s'arriba al punt en que és negatiu (distrès).

D'una manera similar, trobem la *burnout*, entesa com "l'esgotament emocional²⁵, cinisme²⁶ o despersonalització i sensació d'ineficàcia laboral²⁷ que causa uns símptomes i un estat mental determinats" (Jubany, Domínguez, i Rué, 2022, pp.9-10).

D'altra banda, trobem la fatiga per compassió, definida com "una condició marcada per una degradació gradual de la compassió (per a la víctima) a la vegada que culmina amb un distanciament empàtic" (p.11). Aquesta alteració prové d'un tracte recurrent amb víctimes, en el que es necessita molt esforç emocional i cognitiu per a no implicar-se massa en la situació i poder oferir el servei objectivament. Si no es va tractant, es pot arribar a un punt de saturació en el que l'agent es desvincula completament de sí mateix i de la víctima.

Per últim, trobem el trauma secundari (p.13). Fent justícia al nom, el trauma que exposa la víctima a l'agent es pot transmetre a aquest. Això pot portar a alteracions en la identitat, en la percepció sobre el món i en la salut mental.

²⁵ "Disminució d'energia i empatia que resulta de l'estrès que comporta la sobrecàrrega de feina".

²⁶ "Sentir-se distant, amb una pèrdua d'interès per la tasca professional, mostrant comportaments negatius cap als altres".

²⁷ "Sentir que els esforços realitzats no tenen retorn o que no estan contribuint a l'empresa".

6.1.2. Causes d'estrès: Estressors organitzatius i operacionals

La feina policial és particular per l'exposició a situacions a vegades molt perilloses i que requereixen decisions fredes i racionals en moments molt emocionals (Terpsta, 2016, p.2). Partint d'aquesta base, podem identificar els estressors que amb més mesura porten als trastorns abans descrits.

<i>Estressors organitzatius</i>	<i>Estressors operacionals</i>
Demandes de feina impactant	Tractar amb persones alcoholitzades
Insuficient suport dels veterans	Estar en risc de patir malalties de transmissió sexual (degut al contacte sanguini)
Peticions urgents que trenquen la rutina	Presenciar una mort súbdita
Insuficient control de la feina	Informar d'una mort als familiars
Ser subjecte de denúncies	Assistir a una víctima de violència greu

Taula 3. Principals estressors en l'àmbit policial. Font: Elaboració pròpia. Segons (Collins i Gibbs, 2003, pp.261-263).

S'ha de tenir en compte que aquestes dades són subjectives, ja que cada agent respon segons la seva experiència (Collins i Gibbs, 2003, p.257). Per aquest motiu, una generalització s'ha de fer amb cautela.

Un indicador que és més objectiu i aplicable per a la majoria dels casos, és el nivell i tipus de feina. És a dir, estar més exposat a la ciutadania comporta unes exigències addicionals que el treball d'oficina no implica. Per tant, l'estrès a patir serà freqüentment major en el primer cas (Stotland i Pendleton, 1989, p.14).

6.1.3. Conseqüències de l'estrès i de la burnout

Doncs bé, que se'n deriva de tot això? Els efectes són tants i tan diversos com persones afectades hi hagi, però d'una manera global podem esmentar-ne uns quants.

<i>Conseqüències derivades de l'estrès</i>			
Abús de substàncies (drogues i alcohol), facilitadors dels incidents de mala conducta	Depressió	Hiperactivació (<i>hyperarousal</i>)	Malsons i insomni
Trastorn d'Estrès Agut	Ansietat	Pensaments intrusius	Síndrome de l'Estrès Posttraumàtic
Reaccions complicades en el dol	Por	Salut física empobrida	Somatitzacions

Mal control de l'agressivitat		Discapacitat funcional	Aturament o regressió en el desenvolupament infantil (per als més joves o adolescents)
-------------------------------	--	------------------------	--

Taula 4. Conseqüències derivades de l'estrès. Font: Elaboració pròpia. Segons (Tegeler, Shaltout, et al., 2020, p.2).

Per altra banda, les conseqüències que afectaran a la salut mental de l'agent que pateix *burnout* poden ser:

<i>Conseqüències de la burnout</i>				
Retirada de la feina o absentisme	Sentiments aclaparadors d'esgotament	Fatiga física	Deshumanització o despersonalització	Rendiment professional deteriorat
Actituds i comportaments negatius	Absència d'un sentiment d'autorealització	Cinisme	Falta de sentit crític i interpretació de les situacions presents únicament en base al passat	Rotació de personal
Insomni i trastorns del son	Depressió	Ansietat	Irritabilitat i frustració empobrint la qualitat de vida	Negligència

Taula 5. Conseqüències derivades de la burnout. Font: Elaboració pròpia. Segons (García-Rivera, Olguín-Tiznado, et. al., 2020, p.2).

6.1.4. Possibles solucions

I ara bé, tenim alguna manera d'afrontar aquestes situacions, per a que els afectin el mínim possible? Les persones disposem de recursos propis per a gestionar-ho (com la resiliència), però que comporten un esforç i un treball prolongat per a desenvolupar-les (Jubany, Domínguez, i Rué, 2022, p.16). Per tant, se'ns poden obrir noves portes d'oportunitats per a la intervenció i millora d'aquesta situació d'una manera més fàcil i ràpida: les neurotecnologies.

6.2. Situació al camp militar

El context anglosaxó és un bon punt de partida gràcies a la nombrosa literatura sobre l'àmbit (Ritchie i Owens, 2004). En base a l'estudi específic que varen fer aquests autors sobre els problemes militars, veiem un clar progrés en la concepció dels trastorns psicològics.

L'actual anomenat "estrès posttraumàtic" ha vingut precedit d'una sèrie de canvis de nom. Durant la Primera i Segona Guerra Mundial s'identificava com a "fatiga de batalla" els símptomes psicològics derivats d'un estrès constant i d'una exposició a conflictes d'alta intensitat. Aleshores simplement es pensava que amb la temporal retirada i amb descans, el soldat quedaria recuperat i podria tornar a l'activitat.

Amb el pas de temps i de diverses guerres, es va veure que un adequat tractament als soldats augmentava el nombre de retornats a les files. Per tant, es van modular les intervencions que ja es venien fent als hospitals i als psiquiàtrics per a fer-les més efectives. Per aconseguir-ho, es van implementar uns principis que regirien tota intervenció. Proximitat, immediatesa, expectació i simplicitat (PIES) conformarien la base de tot tractament al soldat amb "fatiga de batalla" (pp.460-461).

Actualment, la seva situació (i també agents de policia), es pot resumir en que:

"Els agents d'aplicació de la llei tenen una esperança de vida disminuïda, atribuïda a l'exposició que comporta la feina a un estrès traumàtic i a una desregulació del ritme circadià. La desregulació autonòmica²⁸ es relaciona amb l'estrès posttraumàtic i l'insomni" (Tegeler, Shaltout, et al., 2020, p.2).

En resum, el trauma psicològic i l'exposició a un constant elevat estrès representen grans facilitadors de l'aparició de nombrosos trastorns psicològics, físics i neurofisiològics. Tant l'estrès com la desregulació del ritme circadià, provocat per la feina per torns, afecten de forma molt adversa la salut i el rendiment dels agents, cosa que justifica la necessitat de la busca de teràpies eficaces de les que hi ha hagut fins ara.

Per aquest motiu és important conèixer quines són aquestes conseqüències, i així dissenyar una intervenció adequada a les necessitats identificades.

A més de les afeccions esmentades, si ens trobem amb un accident biològic mundial, com l'Àntrax o la Covid-19, es genera una preocupació constant sobre la salut dels seus familiars i amics, ansietat, pors obsessives respecte la seguretat i una preocupació respecte el contagi. Tot això pot derivar a una preocupació perpètua sobre la salut personal (p.469).

Una altra circumstància particular és la de haver estat ferit en el camp de batalla. Aquests soldats, a més de tot l'anterior, poden patir: absència d'una correcta gestió del dolor i frustració i de resiliència; falta de voluntat per a reconèixer l'aparició d'una malaltia o discapacitat; i problemes financers o relacionals. Si es donen aquestes variables, la vulnerabilitat de patir encara més símptomes serà major, i per tant, més difícil serà la intervenció per a la recuperació (p.464).

²⁸ Es refereix al Sistema Nervios Autònom (SNA), responsable de totes les funcions més primitives i necessàries per a la supervivència (alimentació, descans, reproducció, etc).

Per tot això, una intervenció centrada en el cervell en termes de prevenció com de tractament és primordial (Tegeler, Shaltout, et al., 2020, p.2).

D'aquesta intervenció se'n poden ocupar les unitats psiquiàtriques amb les que compten els militars dels EEUU, però aquestes no es troben a tots els països (Ritchie i Owens, 2004, p.459).

En quant a prevenció, ja es comença des de que un civil accedeix al cos. Aquest rep tot tipus d'entrenament, tant físic com psicològic. Juntament amb una cohesió de grup i un enfortiment de la disciplina, s'ha vist que es poden mitigar les reaccions adverses causades per les situacions de combat (p.462).

Pel que fa a aquesta intervenció terapèutica, trobem un exemple que ja s'ha implementat, el HIRREM.

6.3. Intervenció amb l'instrument HIRREM

Donat que els símptomes a tractar tenen l'origen al SNA, el dispositiu actua sobre aquest.

El podem classificar com a una de les tècniques de lectura cerebral, perquè amb uns electrodes col·locats de forma no invasiva es registra l'activitat neuronal. Es visualitzen les ones cerebrals²⁹, i un software ho tradueix en sons audibles per al subjecte. Amb aquest *feedback* instantani, s'aconsegueix incidir directament sobre els impulsos cerebrals, per tant, l'estat cerebral del subjecte canvia. Per exemple, en un estat d'ansietat, s'emeten sons corresponents a les ones *gamma*, que el subjecte integra, i el cervell automàticament s'adapta a aquesta nova freqüència. Al cap d'uns moments, el subjecte haurà passat a un estat de calma. I, de forma retroactiva, els sons que passarà a escoltar el subjecte seran els corresponents a les ones *alfa*, per tal de mantenir l'estat mental durant el temps desitjat.

Amb HIRREM s'han aconseguit resultats beneficiosos en relació amb trastorns del son i també una reducció dels símptomes de l'estrès posttraumàtic.

Per tant, el present estudi, després de 2 mesos, conclou que:

“L'ús de HIRREM per part del personal de fer complir la llei estaria associat amb una reducció dels símptomes i una millor funció autonòmica”. (p.3)

²⁹ Representen, en diferent freqüència i amplitud, l'estat mental del subjecte a temps real. Es poden visualitzar amb una EEG. Segons aquestes característiques, trobem les ones beta, alfa, theta i delta. Per exemple, les alfa signifiquen un estat de relaxació i les beta un estat de concentració i alerta (Rao, 2013, p.28).

7. Intervencions d'augment: Àmbit militar

Pel que fa a les intervencions d'augment, es referirà únicament a l'àmbit militar, degut a que és on s'estan desenvolupant i implementant.³⁰

Desde l'Institut Potomac s'estipula que s'han de tenir en compte dues qüestions (Kalbfleisch i Forsythe, 2011, p.9):

1. Cada persona (i cervell) és individual. Per tant, no hi ha una intervenció igual. Però això no ha d'invisibilitzar els potencials beneficis d'aquesta instrumentació, ja que pot millorar les decisions respecte a quins militars s'escullen per al servei i quina és la millor via per a formar-los i explotar les seves capacitats.
2. Permet una major flexibilitat en les estructures de lideratge, ja que se'ns brindaran soldats millorats, millor cohesió d'equip i, per tant, major supervivència i èxit en les missions (p.10).

7.1. Objectiu de les intervencions

Doncs bé, en aquest context, i dins de l'àmplia gamma d'intervencions, com es decideixen les que es duran a terme? Quines es prioritzen, i per què?

Es diu que serà prioritzada l'inversió en neurotecnologies en base a les següents preguntes: La tecnologia permet missions o recerca futura?; La inversió és baixa, mitja o alta?; L'origen de la inversió és acadèmic o comercial?; Els beneficis es poden anticipar de 0 a 5, de 5 a 10 o més de 10 anys?

Si seguim una lògica racional i utilitarista, amb la que ponderem costos i beneficis abans de prendre una decisió, podem inferir que, a més oportunitats ofereixi, al menor cost i amb la màxima rapidesa dels beneficis, més atractiva serà la proposta.

Al final, l'objectiu és construir algoritmes que representin dinàmiques conductuals en base a respostes fisiològiques (com la suor o el moviment d'ulls) en un context de canvis emocionals i/o ambientals. D'aquesta manera, la innovació permetrà millorar els processos de presa de decisions i rendiment sota condicions d'estrès (p.11). Donat que en l'àmbit militar resulta essencial prendre bones i ràpides decisions, es pot arribar a fer gairebé necessari comptar amb aquestes innovacions tecnològiques (p.12).

Tenint això en compte, ens podem fer un mapa sobre les diferents possibilitats existents, amb una classificació de les intervencions.

³⁰L'empresa Bitbrain és una de les referents en la matèria. Es pot consultar la pàgina oficial <https://www.bitbrain.com/es>. També es pot escoltar a la CEO (Maria López Vallés) en una breu entrevista exposant diferents qüestions [Superhombres: soldados con chips en el cerebro](#)

7.2. Tipus d'intervencions

D'igual manera que he diferenciat entre teràpia i millora respecte les intervencions a nivell genèric, trobo convenient realitzar-ho sobre les aplicacions específiques en aquest àmbit.

7.2.1. Intervencions per a la teràpia

Amb l'objectiu d'aminorar els símptomes d'estrès que generen les situacions pròpies de l'àmbit³¹, s'han dissenyat experiments per a comprovar si certes intervencions ajuden a aconseguir aquest fi.

Per exemple, amb el dispositiu HIRREM, s'ha vist millorada l'experiència en el patró del son, en la simptomatologia de l'estrès crònic i en la funció del SNA. Però també és cert que compta amb bastantes limitacions i condicionants externs i individuals (Tegeler, Shaltout, Lee, Simpson, Gerdes, i Tegeler, 2020).

Un altre exemple el protagonitza l'instrument *HeartMath*. En un estudi es volia verificar si servia per a augmentar la capacitat de resiliència dels agents. Es va seguir un entrenament de gestió emocional i *biofeedback* que proporciona el propi instrument. Els resultats no van ser significatius i no es va poder associar la millora amb l'ús del dispositiu (p.8).

Per tant, veiem que, malgrat hi hagi instruments específics per a certs fins, en certa mesura poden ajudar, però no en totes les situacions ni en tots els subjectes d'estudi veurem millores evidents ni perdurables en el temps.

7.2.2. Intervencions per a l'augment

Per altra banda tenim la finalitat d'augmentar o millorar les capacitats naturals.

Els militars han de comptar amb l'expertesa en moltes habilitats, una d'elles, la punteria. Un estudi va evaluar com amb l'entrenament i les neurotecnologies es podia millorar més ràpidament aquesta habilitat (Behneman, Berka, et.al., 2012). En aquest cas concret, es va emprar un dispositiu anomenat *adaptive peak performance trainer (APPT)* i l'EEG per indicar-li al subjecte quin és el moment ideal per a disparar, en base al seu estat fisiològic. Això és possible gràcies al *feedback*, en temps real, respecte la freqüència cardíaca i el protagonisme de les ones alfa. Quan s'assoleix una freqüència controlada i una presència d'aquestes ones (indicadores d'un estat de relaxació i concentració), s'emet una petita vibració al clatell, on està col·locat el dispositiu, fet que indica al subjecte que ha de disparar.

Però en aquest estudi en particular no es va avaluar cada subjecte individualment, sino que els resultats provenen de l'agregació de les respostes individuals en un perfil grupal. Amb això, es poden identificar les dinàmiques de grup (p.62), fet que pot permetre una millor adaptació de l'entrenament.

Altres aplicacions destinades a l'augment de les habilitats i capacitats les veurem al següent epígraf amb DARPA.

³¹ Em remeto a l'apartat 5, on s'exposen les situacions i símptomes de diverses alteracions mentals.

Per a classificar la gran quantitat d'intervencions, podem seguir al National Research Council (2009), que diferencia entre dos grans tipus, en base a la metodologia emprada.

7.3. Metodologia de les intervencions

Per una banda, ens trobem les que s'adrecen a intervenir directament al soldat, per a millorar certs aspectes en el terreny de combat i també per a pal·liar símptomes de trastorns. Per altra banda, tenim els estudis que s'encarreguen d'emplenar els buits teòrics amb els que compta l'àmbit.

7.3.1. Aplicació directa al soldat

A la pràctica podem diferenciar entre:

a) **Realitat virtual:** L'ús de les simulacions en el context militar, persegueix dos clars objectius (Campbell, Lotmin, et.al., 1997, p.2611): salvar vides i estalviar diners. Això s'aconsegueix amb un entrenament previ dels soldats a les situacions reals en les que es veuran sotmesos, amb una gran càrrega estressant. L'entrenament anterior ajuda a la preparació física i mental per a tenir més possibilitats d'èxit en la missió. A més, al ser una simulació, es poden experimentar diferents tàctiques, decisions, prototips d'equipatge, etc. Com a exemple tenim un experiment amb la simulació d'un escenari real d'intervenció (Witmer, 2000). L'objectiu és evitar la necessitat d'usar mapes 2D, a canvi de proporcionar una visió 3D i àerea de la zona. Ens demostra com aquest entrenament és útil, tant per a soldats en servei, com per als que han estat ferits i no poden entrenar de la forma convencional. S'ha vist que la capacitat d'aprenentatge i retenció espacial es veuen incrementades (encara que no en totes les situacions experimentals) i que també el soldat es beneficia d'una alliberació de tasques a les que dedicar l'atenció. Per tant, pot dedicar més recursos cognitius a prendre altre tipus de decisions. Però és important tenir en compte les diferències individuals, per a que cada un aprofiti al màxim el servei (p.35).

b) **Intel·ligència artificial (IA):** Amb l'objectiu de millorar l'experiència de la realitat virtual, la IA permet augmentar el realisme de les simulacions (Campbell, Lotmin, et.al., 1997, p.2607). A banda, el reconeixement automàtic d'imatges sorgeix d'aquesta IA (p.2610), el qual permet als soldats prendre decisions molt més ràpidament. Per tant, acaba essent útil en la mitigació de problemes i conflictes mentals propis d'una situació real, en la que l'adrenalina pot jugar males passades.

En aquest àmbit de reconeixença d'objectius, la tecnologia és molt eficient per a detectar canvis en l'escena quan emergeix un nou objecte amenaçant (com un explosiu). La ratio entre detecció i resposta ha de ser la mínima possible, per a tal d'obtenir la màxima eficiència. Amb aquesta finalitat, diferents dispositius poden implementar-se per a que realitzin la reconeixença automàtica de les amenaces o persones d'interès, per a que el soldat reaccioni molt més ràpid (National Research Council, 2009, p.80).

A part, l'habilitat de prendre decisions intuitivament també pot ésser millorada. Aquest precepte es basa en que l'activitat registrada per la neuroimatge proporciona els patrons dels que prenen decisions de manera experta. Amb uns nous dispositius més portables i

pràctics, es podrà registrar en temps real l'activitat neuronal i, per tant, realitzar la resposta corresponent. Traslladar aquesta millora al camp de batalla milloraran les possibilitats de supervivència i habilitats del soldat (p.81).

- c) *Neurofeedback*: Basant-se en el *biofeedback* obtingut mitjançant neuroimatge, com una EEG, es poden establir relacions de millora de certes capacitats. Per exemple, l'habilitat de tir (Rostami, Sadeghi, et.al., 2012). En aquest experiment es va comprovar com les sessions de pràctiques de tir amb rifle juntament amb la retroacció de l'EEG millorava en major mesura l'habilitat, en comparació amb un grup control que no tenia el suport de la intervenció neuronal.

Una altra aplicació d'aquest principi la trobem en la millora de l'adquisició i gestió d'informació, evitant la saturació cognitiva (National Research Council, 2009, p.79). D'això se n'encarrega un programa de DARPA, en el que pretén millorar la gestió de la càrrega de treball en quant a informació rebuda. Aquest concepte es refereix a la "gestió de la presentació de la informació per a mantenir i augmentar la capacitat de processament cognitiu, quan es demostra, a nivell emocional i cognitiu, que l'individu està assolint un nivell de sobrecàrrega" (National Research Council, 2009, p.79).

- d) Estimulació acústica: Aquí trobem el HIRREM. Un estudi pilot va usar el dispositiu per a comprovar la seva utilitat per a la pal·liació dels símptomes de l'estrès traumàtic dels soldats. S'ha vist que contribueix a aquest fi, però la duració dels beneficis només és de 6 mesos. Per tant, és una possibilitat que s'ha de prendre amb cautela i no dipositar tota la confiança en una intervenció d'aquest estil per a aquest fi terapèutic.

7.3.2. Contribució a la teoria

L'objectiu és proporcionar més enteniment en el camp, per a que les aplicacions posteriors es puguin dur a terme.

Alguns exemples que es detallen (p.81) són:

1. Enfrontar-se als reptes que presenta el processament de senyals neuronals.
2. Comprendre els models de fatiga i descans dels soldats.
3. Adaptar la fMRI per a que sigui útil no només al laboratori, sino al camp de batalla.
4. Transferir les tècniques de neuroimatge cap a les aplicacions al camp (a llarg termini).
5. Obtenir les estratègies més òptimes per a controlar les BCI.

7.4. El cas de DARPA³²

Són molts els programes que l'agència du a terme. Cada un d'aquests implica diferents objectius i metodologies. Fruit de la combinació de la biologia, tecnologia, enginyeria i molta ambició,

³² L'Agència de Projectes de Recerca Avançada en Defensa (DARPA) ens ofereix una gran quantitat d'estudis i projectes en l'àmbit, desde molts contextos diferents. El que és d'interès per aquest treball és el de neurociència. Per ampliar la informació es pot visitar <https://www.darpa.mil/tag-list?tag=Neuroscience>

porten a resultats que poden millorar significativament la qualitat de vida dels professionals del món de la defensa. Molts d'ells estan enfocats al disseny de pròtesis el més ajustades als membres físics humans reals, per a oferir oportunitats als soldats amputats de continuar amb la feina i/o portar una vida convencional el menys limitant possible.

Un fet que va ajudar molt en la seva expansió, va ser la col·laboració amb la iniciativa promulgada per Barack Obama el 2013, *The Brain Initiative*. DARPA ofereix el seu suport a aquest programa dedicat a l'estudi del cervell, mitjançant una gran inversió en neurotecnologies. Concretament, es van destinar 50 milions de dòlars el 2014, per tal d'entendre les dinàmiques del cervell i descobrir-ne aplicacions.³³

Des de la restauració de la memòria, la millora de la resiliència, la implementació de pròtesis de mans amb propiocepció fins a interfícies biològiques per a transcendir les conseqüències d'una lesió a la medulla espinal, les neurotecnologies ens ofereixen un gran ventall d'oportunitats, que DARPA sap explotar molt bé.

Un dels exemples el trobem al programa *Neural Engineering System Design (NESD)*³⁴. Aquest apunta a desenvolupar una interfície cerebral destinada a transferir informació neuronal cap al món digital, i viceversa. Es descriu el dispositiu com un traductor entre aquests dos tipus d'informació. La Dr. Joanna Arthur, gestora de programes dins de DARPA, diu que, si s'assoleixen les expectatives a les que s'aspira, es gaudirà de nous tractaments per als soldats que hagin patit alguna discapacitat perceptiva, a la vegada que incrementarà el coneixement sobre el funcionament del cervell.

Un segon exemple és el destinat a la millora en la rapidesa de l'aprenentatge. El programa, anomenat *Targeted Neuroplasticity Training (TNT)*, busca utilitzar la neuroestimulació per a incidir sobre la plasticitat sinàptica (procés natural que dirigeix l'aprenentatge, influenciant sobre l'enfortiment o debilitament de les connexions entre neurones). Amb aquesta estimulació externa, un dispositiu no invasiu aconsegueix un cervell més adaptatiu al procés d'aprenentatge.³⁵

També existeix un programa enfocat a la resistència a l'estrès. Això demostra la voluntat que tenen desde l'Agència d'intervenir en aspectes més aviat propis de la teràpia. Abans he comentat com la intervenció sobre els símptomes de trastorns mentals, com l'estrès o el *burnout* es poden concebre com a més terapèutiques i no tant d'augment o millora. El seu objectiu és entendre els mecanismes d'impacte de l'estrès en el cervell, per a poder dissenyar tecnologies que aconsegueixin la mitigació dels múltiples estressors. Es contempla la intervenció cognitiva, la conductual i la farmacològica.³⁶

³³ La notícia es pot trobar a <https://www.darpa.mil/news-events/2013-04-02>

³⁴ El programa es pot trobar a <https://www.darpa.mil/about-us/bridging-the-bio-electronic-divide>

³⁵ La descripció completa es pot trobar a <https://www.darpa.mil/news-events/2017-04-26>

³⁶ Per a veure més detalls es pot visitar <https://www.darpa.mil/program/enabling-stress-resistance>

Com a últim tenim un dels programes més genèrics, l'anomenat *Next-Generation Nonsurgical Neurotechnology (N3)*. Amb aquest es pretén desenvolupar una BCI altament productiva i bidireccional entre el cervell i la màquina per als soldats en actiu. Amb això, es podrà controlar dispositius aeris sense pilot i sistemes de defensa *cyber* de forma automàtica, a banda d'aconseguir una coordinació i cooperació entre soldat-màquina molt més eficient i eficaç. Es tracta d'un dispositiu que no requereix cirurgia i que és portable, per tant, el potencial que té per a l'ús militar és molt elevat. Tot i això, sempre sorgeixen problemes i limitacions, però a les que els investigadors ja estan buscant solucions.³⁷

Com veiem, no són pocs els interessos i els problemes amb els que es troben els científics a l'hora d'estudiar, comprendre, dissenyar i aplicar les neurotecnologies.

7.5. El cas francès

De tots els països que poden comptar amb les neurotecnologies per als seus militars, no n'hi ha dos que ho regulin de la mateixa manera. Per exemple, Rússia i Xina permeten una intervenció molt invasiva i permanent del soldat, fins al punt de modificar la genètica. En canvi, França només permet aquelles modificacions dedicades a l'augment que siguin no invasives i que garanteixin un posterior normal desenvolupament en la vida fora de servei.

Tot i això, els problemes legals, estratègics i ètics ens els trobarem en tots els casos. I la relació entre la democràcia i aquestes tecnologies pot quedar en perill si no es tenen en compte certes garanties i límits.

Un dels límits que es va establir a França, per part del Comitè Ètic de Defensa, és que només es permetrà la intervenció per a la millora del soldat quan no interfereixi amb el lliure arbitri del subjecte ni la reintegració posterior a la societat. És a dir, permeten gaudir de les millores que ofereixen les neurotecnologies però amb els principis d'integritat física i dignitat humana presents, a part d'altres principis propis d'una democràcia.

Com bé he dit, no en tots els països es regula de la mateixa manera, i trobem llocs on els límits permeten l'eugenèsia. Per aquest motiu, és de gran importància que en l'àmbit legal s'aclareixi el marc d'actuació permès. Les lleis sobre bioètica han de ser les responsables d'això. En aquestes, tot i que trobem establerts certs límits en quan a la intervenció mèdica sobre les persones, encara no trobem específicament l'àmbit de l'augment militar (Bourdais, 2022).

7.6. Algunes qüestions ètiques en l'àmbit

Malgrat l'aspecte atractiu de totes aquestes innovacions, ens trobem amb certes qüestions i tensions derivades de la modificació de la pròpia naturalesa humana.

Primer em centraré en les discussions sobre el *neuroenhancement* al camp militar, i posteriorment es discutirà en termes generals.

³⁷ Més informació a <https://www.darpa.mil/program/next-generation-nonsurgical-neurotechnology>

Per una banda, a l'àmbit de defensa s'ha de mantenir un elevat nivell de secretisme sobre les actuacions. Per altra banda, l'objectiu últim del *neuroenhancement* no és millorar la qualitat de vida del soldat, sino conduir a un èxitós compliment de les missions i dels objectius. D'aquesta manera, es poden generar tensions en referència a l'autonomia i consentiment dels soldats i metges militars, a l'hora d'administrar o recórrer als *neuroenhancers* (Sattler, Jacobs, et.al., 2022, p.2). En aquest punt em pregunto, pot ser que s'arribi a la obligació de sotmetre's a certes intervencions o administracions d'aquesta naturalesa, amb l'objectiu de millorar les possibilitats d'èxit en una missió? Queda la voluntat del soldat individual silenciada, o té marge per a decidir?

Penso que ens els dos casos trobaríem problemes ètics. Per una banda, si fos obligatori, l'autonomia i lliure arbitri del soldat com a individu quedarien anul·lats, per tant, s'estarien vulnerant certs drets. Per altra banda, si es pogués escollir recorre-hi, podria haver-hi una condició de desigualtat entre soldats, de manera que els "millorats" tindrien millors oportunitats d'èxit en les missions que els "naturals".

La bioètica pot respondre a la nova necessitat d'establir límits en quant al *neuroenhancement* dels militars? Alguns autors pensen que no, (Mehlman, Lin, i Abney, 2013) per tant, han fet una proposta d'un marc de regulació (en l'àmbit dels EEUU) per a establir regles en quant a l'*enhancement* propi dels militars. S'anomena *Hybrid Framework* i integra perspectives tradicionals, tinguent en compte requisits característics de l'àmbit militar. Introdueix també diverses avaluacions de risc per adreçar els particulars problemes (Sattler, Jacobs, et.al., 2022, p.3). Per a fer-nos una idea d'aquest marc teòric, mencionaré les 9 regles o principis que respaldia (Mehlman, Lin, i Abney, 2013, pp. 67-76):

- a) Propòsit militar legítim: L'ús de la millora ha de ser dirigida a fins militars, i que aquests estiguin legitimats.
- b) Necessitat: L'ús de la millora encaminada a aconseguir un fi militar legítim, ha de considerar-se raonablement necessari.
- c) Beneficis superiors als riscos: Fent referència a la proporcionalitat, la millora ha d'assegurar més beneficis que riscos per als que es veuen implicats.
- d) Manteniment de la dignitat del soldat: El caràcter i la integritat del soldat és essencial per al correcte desenvolupament de la funció. Han de sentir-se part d'una unitat, de la que formen part i treballen per aconseguir objectius comuns. Si no se'ls tracta amb respecte i dignitat, no pot existir aquest sentiment.
- e) Disminució de les càrregues imposades: Els possibles problemes o discomforts que poden generar aquestes intervencions han de ser el màxim minimitzades possible.
- f) Consentiment: En aquest punt trobem molta discussió i incertesa. Per exemple, si l'administració d'un fàrmac, per aconseguir un objectiu militar, es pot administrar amb consentiment informat del soldat o inclús sense. Es té en compte el risc que comporta aquell fàrmac o intervenció, i s'hipotetitza que s'hauria de demanar el consentiment per aquelles que tenen un risc excepcional. Els autors amplien la discussió (p.74) sobre si amb el simple exercici del consentiment informat es deixa de vulnerar el lliure arbitri queda fora del focus del treball.

- g) **Transparència:** Respectant el secretisme que han de tenir les actuacions militars, compartir la informació en quant a les millores hauria de fer-se amb associacions i grups experts en dret i bioètica. El que es conegui públicament comporta nombroses oportunitats de discussions i una major legitimitat. A més, els civils, abans de que s'enllistin al camp militar, ja tindran present el context i podran elegir anticipadament si sotmetre's-hi o no.
- h) **Distribució justa dels riscos i beneficis:** En cas que no es puguin administrar les millores per a tots els soldats, a quins es seleccionen per a tenir tal avantatge? Per aconseguir la distribució més justa s'hauria de fer de manera aleatòria; o segons les capacitats de cada soldat, per ajustar la intervenció a cada un d'ells?
- i) **Responsabilitat dels superiors:** Degut a que els soldats es poden veure exposats a uns riscos més o menys greus, és necessari que els superiors estiguin atents a les decisions que es prenen en aquesta matèria, i detectar i evitar usos no ètics o il·legals.

Les teories tradicionals en les que es fonamenta són el model de recerca, el model mèdic i el model de salut pública. Al tractar qüestions ètiques respecte la intervenció biomèdica, es poden extreure alguns principis o problemes per a aplicar-los en el camp militar específicament.

Per exemple, el model de recerca es pot aplicar en els casos que s'experimenta amb fàrmacs per a millorar certes capacitats dels soldats. Al realitzar-se sobre persones, és necessària una regulació. Per aquests casos, resulta d'aplicació el *Common Rule*, promulgat per la Comissió per a l'Estudi de Problemes Ètics en Recerca en Medicina, Biomedicina i Comportament. Bàsicament es promulguen 3 principis: el respecte cap a les persones, la beneficència i la justícia (p.45).

Del model mèdic agafen la problemàtica respecte l'autonomia, la presa de decisions informada i consensuada o la beneficència en tant que els beneficis han de superar els riscos de la intervenció. Per últim, des del model de salut pública, es diu que es pot recórrer a la subordinació del benestar de l'individu, quan el bé comú és major als riscos individuals als que es veurà impositat.

Tot això obre les portes a un ampli abanic de problemes i discussions. Per a no estendre'm massa en aquest apartat, només faré menció d'alguns aspectes objecte de debat que trobem en el mateix treball (pp.77-87).

Respecte els aspectes interns del soldat, ens trobem amb les virtuts i personalitat i com *l'enhancement* les afecta; i si aquest és reversible. També es fa referència a l'afecció de l'honor i les emocions: Com es veuen afectades les emocions? S'actua més per raó o per emoció? Canvia el paper del codi d'honor?

I en quant als aspectes externs i globals, com la llei i les polítiques públiques? Com es percebrà el fet que en l'àmbit militar els (o alguns) soldats es vegin sotmesos a millores impensables per a persones fora de l'àmbit? O com veuran els progenitors d'aquests soldats el fet de millorar-se? En seran bons referents o els incitaran a recórrer-hi ja desde la infància?

És necessari tenir present aquestes i moltes altres consideracions ètiques, ja que els riscos i resultats tindran una àmplia repercussió. Actualment, el protagonisme en el camp militar se l'emporta la robòtica, però aquesta no considera cap mena d'aspecte moral o ètic. Per tant, la incorporació de

la biomedicina en les intervencions resulta essencial, donat que proporciona aquesta vessant més humana i garantista.

8. Previsions de futur

Si realment totes aquestes aplicacions i dispositius tenen els efectes que prometen, què ens depararà el futur?

Considero que hem de tenir una visió crítica respecte tot el que he exposat, i no caure en la por o il·lusió de que efectivament s'acabarà implementant. Alguns autors no són tant escèptics, i realitzen prediccions sobre com serà la societat i els militars un cop implementades les neurotecnologies.

8.1. La societat del futur

El progrés que tenim fins ara ens permet actuar sobre regions del cervell determinades, que regulen funcions específiques. Però, més endavant, es diu que trobarem pròtesis que podran activar múltiples àrees cerebrals simultàniament. És a dir, l'estimulació (i modulació) a la vegada de diferents capacitats (cognitives, perceptives i/o motores).

L'estat emocional i el comportament del subjecte a intervenir podran ser totalment condicionats a la intervenció d'aquesta naturalesa, ja que el protagonisme principal se l'emporta el còrtex prefrontal. Serà mitjançant el cicle entre registre i estimulació de l'activitat que proporcionarà la base per a comprendre a la perfecció i en temps real, com una determina l'altre.

El que resulta més impactant (segons el meu criteri), és que les intencions del subjecte seran immediatament descodificades i transformades en informació que el dispositiu accionarà. Només pensant en allò que vulguem dir o fer, es materialitzarà automàticament per la màquina.

Amb tots aquests avenços, s'obrirà un gran ventall de possibilitats per a intervenir a subjectes que no pateixen cap tipus de malaltia, ja que es podrà incidir en aquells aspectes concrets que el subjecte vulgui millorar, d'una manera altament precisa.

Aquest aspecte solucionarà una de les limitacions amb la que ens trobem, com és la poca precisió dels elèctrodes. Aquest és el problema que ocasiona algunes conseqüències no buscades amb la intervenció (Roelfsema, Denys i Klink, 2018, p.604).

I llavors, com se'ns presenta el futur? Què en podem esperar d'aquestes tecnologies? Ens afectaran a tota la població? Només a certes persones?

Són moltes les preguntes que sorgeixen arrel d'aquests novedosos i impressionants avenços, les quals ens poden generar incertesa i inseguretat. És per això que alguns autors s'atreveixen a fer prediccions sobre com què serà el futur amb la incorporació de les neurotecnologies a nivell sistemàtic.

Per exemple, els àmbits en els que tindran incidència aquests instruments segons Lynch (2004, pp.232-233) seran:

- a) El neuromàrqueting. La compressió dels patrons cerebrals, i per tant, de conducta, són el principal objectiu d'aquesta disciplina. Això permet filar molt prim en l'adequació del màrqueting al potencial client.
- b) L'educació. Els professors ja no s'hauran de preocupar per l'atenció dels seus alumnes. Aquesta i altres capacitats seran registrades de forma automàtica, precisa i a temps real.
- c) La farmacèutica. Els neuromoduladors són aquells fàrmacs destinats a modificar l'estat d'ànim, les emocions i moltes capacitats com l'atenció o la memòria.
- d) Les polítiques públiques. Tot avenç científic requereix la seva regulació legal. Naixeran nous problemes i debats. Per a posar els límits s'hauran de promulgar noves lleis i noves polítiques públiques.³⁸
- e) La salut mental. Si l'objectiu de les neurotecnologies és eliminar els símptomes dels trastorns i malalties mentals, acabarem amb aquests? Podrem dir que gaudim d'una salut mental plena i garantitzada?
- f) El comportament. Si el nostre cervell canvia, la nostra conducta canvia. Traspasarem el que concebem com a límits humans, s'obriran noves portes de possibilitats en tots els àmbits de la nostra vida (productivitat, competitivitat, gestió emocional, relacions interpersonals, etc.). Pot ser que això ens transformi en persones encara més individualistes i ambicioses?

Per altra banda, Steve Hoffman (2017) es refereix a algunes aplicacions pròpies dels superherois, però que les tindrem al palmell de la mà. La connexió ment amb ment; la connexió ment a Internet i la transferència de memòria i experiències entre persones seran només algunes de les possibilitats a les que, penso, costarà resistir-s'hi.³⁹

Com a conseqüència, l'autor prediu un canvi molt important en la vida tal i com la coneixem. Tant les persones com la percepció que tenim del món patirem un canvi radical. Si durant la història hem vist varies transicions tecnològiques, d'aquí uns anys ens haurem d'esperar una nova societat, una "Neurosocietat". Una societat en la que les persones (o algunes) tindran les capacitats cognitives, sensorials i motores augmentades, una nova forma de relacionar-se amb les altres (encara més individualista) i un desig incesable de ser millor en un món generalment competitiu.

Però no tot són avantatges. Sempre trobem problemes i potencials amenaces. És qüestió de tenir-les present i prendre mesures preventives. Ja coneixem els hackers, els quals actuen en el medi tecnològic. Doncs, si ampliem l'abast de la tecnologia fins al més profund del cervell, qui ens garanteix que no hi hagi intrusisme i un hacker ens acabi controlant la ment?

La política i la delinqüència no deixaran de tenir un paper rellevant en la societat, per tant, hem de ser conscients de que podem ser subjectes de manipulacions i usos de les neurotecnologies per a fins il·lícits. En aquest camp, podríem pensar en la implantació de memòries falses, eliminació de

³⁸ Una iniciativa pot ser la de [The Neurorights Foundation](#)

³⁹ Per a la descripció completa, es pot visualitzar el vídeo a: [New Brain Computer interface technology | Steve Hoffman | TEDxCEIBS](#)

records o un control indesitjat. Ja sabem que al sector polític li interessa que siguem el més sumisos i manipulables possible. Llavors, si incorporem eines com aquestes, podem imaginar-nos fins a on es podrà arribar?

Com veiem, no són menors els problemes als que ens haurem d'afrontar. És important tenir-los en compte, i sobretot ser-ne conscients a l'hora de prendre la decisió de sotmetre's-hi. Tot i això, el que és vital és que hi hagi una regulació legal, que estableixi límits i castigui els actes que els sobrepassin.

Encara que sigui necessària, serà suficient? El fet que s'incorporin les conductes il·lícites al codi penal i/o civil, significarà que no es produiran? Només cal esperar per a veure-ho, però tinguent en compte que seguim tinguent delinqüència (malgrat l'existència de lleis que la desincentiven i castiguen), podem pensar que no serà així.

Doncs bé, si a dia d'avui ja comptem amb un gran ventall de dispositius, intervencions i experiments, que ens depararà el futur? Podem predir com serà l'estat del soldat a uns anys vista? Alguns autors també s'atreveixen a fer previsions sobre les aplicacions que hi haurà específicament en aquest món militar.

8.2. Els militars del futur: El soldat ideal

Com a resultat de la confluència entre la robòtica i la biomedicina obtenim una idealització del soldat, "el soldat perfecte o ideal", que compta amb un equilibri entre una part màquina i una humana (p.87). El camp d'estudi dels "robots neuromòrfics" és el dedicat concretament a això.

Des del National Research Council de Washington D.C. (2009), després de proporcionar una exhaustiva presentació de les aplicacions neurotecnològiques en l'àmbit, es centra en les oportunitats per al futur (pp.87-89).

8.2.1. Àrees d'estudi

S'esmenen àrees que en general són d'interès per a la comunitat neurocientífica, i a cada element s'identifica el paper que en pot tenir l'armada.

- a) Intervenció de la psicologia conductual en la imatge funcional: Es refereix al registre del progrés obtingut gràcies a la col·laboració entre neurocientífics. Així es podran generar sinèrgies i emergir noves oportunitats futures.
- b) Enviament dels neurofàrmacs directament a les zones d'interès: Si els fàrmacs consumits tenen mecanismes per a dipositar-se directament allà on hagin d'intervenir, els resultats seran molt més eficients i eficaços.
- c) Fusió de la neuroimatge i les dades fisiològiques (Tècniques multimodals): Els diferents inputs que se'ns proporcionen desde diferents camps, es poden combinar per a obtenir una informació més integral i completa. Això també permetrà millorar el disseny dels algoritmes i de la *machine learning*.

- d) Noves vies per a fer mitjanes amb la fMRI: En el procés de selecció de personal militar, i també en l'assessorament posterior, pot ser interessant tenir una mitjana sobre l'activitat neuronal dels que seran i són soldats. D'aquesta manera guiar les actuacions esmentades d'una manera més personalitzada.
- e) Agregació de bases de dades i traducció per a metaanàlisi: Per a la recerca futura, resulta interessant recopilar les dades en quant a la funció i estructura cerebral, juntament amb aquelles tècniques multimodals.
- f) Xarxes neuronals del mode per defecte: Es refereixen a les connexions i àrees que es donen de forma natural i que, amb la utilització dels recursos neuronals de forma eficient, es pot treure avantatge d'aquestes connexions per defecte.

Anant més lluny, es diferencien les tendències que marcaran els propers anys (i ja ho fan en l'actualitat) en la investigació de l'aplicació de les neurotecnologies en l'àmbit militar (pp.93-98).

8.2.2. Línies de tendència d'estudi per al llarg termini

Fent una passada superficial, ens trobem amb una sèrie de línies d'investigació:

- a) Descobrir i validar els biomarcadors dels estats neuronals vinculats als resultats del rendiment del soldats.
- b) Utilitzar la variabilitat individual per a optimitzar el rendiment grupal.
- c) Reconèixer les oportunitats que es briden des de la neurociència en tots els seus nivells (des de les molècules fins al comportament).
- d) Obtenir noves perspectives per a respondre a les accions adverses (com un comportament hostil).

Per altra banda, des de DARPA (2015) també se'ns ofereixen unes prediccions per a l'any 2045, per part dels diferents integrants de l'Agència i respecte a diferents àmbits tecnològics⁴⁰. Per a l'interès del present treball, trobem que, en l'àmbit de la medicina i salut es prediuen:

- a) Dispositius neurològics per a augmentar la memòria, emmagatzematge i transferència, amb una lectura dels pensaments dels altres.
- b) Extensió de la vida amb una immortalitat virtual (anar actualitzant els cervells als ordinadors).
- c) Cèl·lules i òrgans artificials.
- d) Tricodificadors com el de *Star Trek*⁴¹ amb els que registrar i tractar l'estat de salut.
- e) Tecnologia portable, en forma d'exoesquelets i ulleres i lents de contacte amb realitat augmentada.

Com podem comprovar, fa 8 anys no anaven mal encaminats, donat que ja trobem més o menys desenvolupades algunes d'aquestes aplicacions.

⁴⁰ Més detalls es poden trobar a <https://www.darpa.mil/news-events/2015-10-21>

⁴¹ Una bona descripció i història es pot trobar a <https://www.ciencia-ficcion.com/opinion/op01748.htm>

9. Qüestions ètiques

9.1. Neuroètica

Les discussions i dilemes morals en l'àmbit de la ciència tampoc ens venen de nou. Amb l'existència de la bioètica veiem que són nombrosos els problemes de necessari tractament per a oferir les intervencions mèdiques més dignes i respectuoses amb els drets humans possibles. Els problemes que plantegen les neurotecnologies s'afegeixen als ja existents, i per això es requereix de noves discussions i regulacions per a fer-los front.

Com a resposta tenim l'anomenada neuroètica. Aquesta aplicació de la neurociència a l'ètica "proporciona una confluència entre les ciències empíriques del cervell, filosofia de la ment, filosofia moral, ètica, psicologia i ciències socials".⁴²

D'aquesta manera, tenim un marc conceptual amb el que mirar d'una manera crítica els avenços i plantejaments de la neurociència. Al final, la reflexió sobre els conceptes per a clarificar-los, mitjançant informació empírica, resulta essencial per a no caure en ambigüitats i/o contradiccions.⁴³

Veiem que en els projectes més importants en l'estudi sobre el cervell, com The BRAIN Initiative⁴⁴ o Human Brain Project⁴⁵ donen molta importància al paper de la neuroètica. Per exemple, segons aquest últim, "serveix per anticipar i adreçar qüestions ètiques generades a partir de la recerca neurocientífica i, consegüentment, serveix de guia per aquestes recerques i posteriors intervencions".

9.2. Menció als potencials problemes

Són molts els autors que discuteixen els potencials problemes ètics derivats de les intervencions cerebrals. Per a tenir un mapa genèric, podem identificar sis àrees de debat principals: identitat; normalitat; autoritat; responsabilitat; privacitat i justícia.⁴⁶

A més, considero que podriem discutir sobre els problemes en relació a l'autonomia de la persona o la generació d'estigma.

⁴² Definició obtinguda de [Neuroethics & Philosophy](#)

⁴³ A la pàgina [Neuroethics Books](#) s'exposen varis llibres de neuroètica que aborden diferents problemes.

⁴⁴ The Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative (BRAIN) aspira a la revolució sobre el coneixement del cervell i l'acceleració en el seu desenvolupament mitjançant les neurotecnologies. Es pot visitar la pàgina oficial a [Brain Initiative](#)

⁴⁵ Es pot visitar la pàgina oficial a [Human Brain Project](#)

⁴⁶ L'estudi de Klein, Brown, et.al., (2015) i el de Farah (2015) em proporcionen l'estructura per aquest apartat.

9.2.1. Identitat

Si un instrument, que se'ns implanta al cervell, és capaç de modificar-lo i, en conseqüència, modular la nostra conducta, quina percepció tindrem sobre nosaltres mateixos? Podrem dir que nosaltres som d'aquesta manera? O haurem de reconèixer que abans de la intervenció érem naturalment nosaltres, però que després ja no?

No duria això a tenir més crisis d'identitat? I, quan falli la tecnologia? Si ens hem arribat a identificar amb l'instrument com una part integrada en nosaltres, i perd la seva funcionalitat, sabrem qui som i com actuar?

Considero que, en tot cas, el dispositiu no hauria de guanyar un paper primari en la conducta, sino que, la persona hauria de ser totalment conscient de que és un afegit aliè a la seva persona i a la seva identitat i que pensa i actua de forma condicionada per aquest. Només així evitariem patir una greu crisis identitaria en el moment en que se'ns retirés o deixés de funcionar.

9.2.2. Normalitat

Hem vist que és el concepte clau per a poder diferenciar entre teràpia i augment. I ens hem trobat amb el problema de la seva pròpia definició. No es pot definir d'una manera objectiva la normalitat. Ara bé, objectius o no, socialment tenim uns certs estàndards que considerem "normals". Llavors, si concebem una intervenció opcional, que només unes persones es poden permetre, aquestes tindran uns més elevats estàndards de normalitat? I les que es quedin enrere, es consideraran com a inferiors? Tindran menys oportunitats? Tindran menys drets? Cometran més infraccions, fruit de la generació d'una anomia?

Si privem a certes persones, principalment pel seu nivell econòmic, de recórrer a les millores, estariem privant-les de mitjans per aconseguir les seves aspiracions, deixant-lis les expectatives molt per sota de les que podrien tenir si gaudissin d'aquestes possibilitats.

9.2.3. Autoritat

Aquestes persones millorades, si a més, per naturalesa de la seva posició laboral, són agents de l'autoritat, com augmentarà aquesta diferència respecte les que no exerceixin aquestes funcions ni tinguin millorada cap capacitat?

Policies i militars augmentats podran arribar a ser més distants i cíncics amb la ciutadania, provocant així un descontentament genèric i un pitjor servei?

O potser aconseguim el desitjat, és a dir, una millor eficàcia en les actuacions. Si guanyem qualitat de vida per a l'agent, el més probable és que, primer com a persona, i després com a professional, tinguin millors capacitacions. Per tant, el servei que acabaria oferint seria de més qualitat.

9.2.4. Responsabilitat

Ens podem trobar amb qüestions de dues vessants.

En primer lloc, no és possible trobar un patró d'activitat cerebral que identifiqui el ser responsable com alguna cosa medible. Per exemple, si volem esbrinar la responsabilitat penal d'un possible delinqüent, sotmeten-lo a tècniques de neuroimatge, com podem estipular i afirmar que és o no responsable del fet comès? El problema, sobretot present en el dret, és que s'aspira a entendre,

desde la biologia, qüestions que han sigut construïdes socialment. Igual passa amb la criminalitat, la intenció o el pensament.

Per altra banda, podem pensar en la responsabilitat que es pot treure o reduir de la persona sotmesa a intervenció. Si ha actuat condicionada per l'aparell que té instal·lat, fins a quin punt l'acció ha depengut d'ella? Quina càrrega de responsabilitat s'emporta la persona i quina el dispositiu?

Clarament ha de ser una qüestió a discutir en el moment de realitzar un judici.

9.2.5. Privacitat

Assumint que els dispositius tenen la capacitat de "llegir" l'activitat cerebral, ens podem preguntar si això no acaba siguent una intromissió en el nostre aspecte més privat i inquebrantable, els pensaments. Se'ns podria fer responsables d'uns determinats pensaments? On quedaria la llibertat? Encara que la persona signés un consentiment informat respecte vol la intervenció, seguiria tinguent el dret a pensar lliurement sense conseqüències?

9.2.6. Justícia

Ja hem vist que el fet d'optar o no a tot un seguit de millores acaba generant una situació desigual entre les persones que s'ho poden permetre i les que no. A més, en quant als agents d'autoritat, es pot concebre com una injustícia el que, només pel rol laboral, gaudeixin d'aquests avantatges.

9.2.7. Autonomia

En aquest punt cobra especial rellevància la diferència entre teràpia i augment. Si es parteix d'una finalitat terapèutica, potser no és tant evident la vulneració de l'autonomia en quant a conducta. Si al pacient se li modifica l'activitat cerebral per tractar-li els símptomes d'una malaltia, resulta evident que no s'està vulnerant cap autonomia, ja que prèviament no disposava d'ella per aconseguir el que realitza l'instrument. Per tant, sempre i quan hi hagués consentiment informat, considero que els beneficis seran majors aquest potencial problema.

En canvi, si la finalitat és la d'augmentar les capacitats, la informació ha de ser molt clara i exhaustiva sobre tots els efectes que pot produir la intervenció. Només si el subjecte està correctament informat i decideix sota la seva responsabilitat sotmetre's-hi, podríem descartar una afecció a l'autonomia.

9.2.8. Estigma

Les societats actuals es caracteritzen per l'etiquetatge de tot i de tota persona. A qualsevol corrent de pensament, de conducta, o d'imatge personal, ràpidament se li assigna un nom. Aquesta etiqueta moltes vegades porta a la formació de prejudicis i estereotips, amb una conseqüent estigmatització. Ho veiem amb els delinqüents, però també en innumerables situacions quotidianes. I veiem que només genera que retroalimentació d'allò que es diu, complint així el Teorema de Thomas. Acaba siguent real allò que es preveu o s'hipotitza.

No crec que sigui menys el fet de tenir implantat un xip al cervell (o no tenir-lo). Si es concep a la persona que no ha estat sotmesa cap intervenció com a, per exemple, menys capaç o menys

intel·ligent, al llarg del temps la persona s'hi acabarà identificant i, a la pràctica, esdevindrà menys capaç o menys intel·ligent.

La preocupació sobre tots els perills i amenaces sobre la vida humana tal i com la coneixem no és menor. Ho és, fins a tal punt, que s'ha creat el concepte de "Neuroseguretat". Aquest vol garantir que els dispositius i intervencions siguin segures per tal d'evitar amenaces externes. Es defineix com "La protecció de la confidencialitat, integritat, i accessibilitat als dispositius neuronals contra parts malicioses, amb l'objectiu de preservar la seguretat dels mecanismes i computació neuronals i lliure arbitri de la persona" (Denning, et.al, 2009, p.2).

Ara bé, segons el major o menor escepticisme personal en quant a les possibilitats de les neurotecnologies, la preocupació per a això serà menor o major.

Si assumim que el que s'estipula pot ser aconseguit a la pràctica són qüestions que s'han de tenir presents. En conseqüència, s'haurien d'estipular garanties i solucions per a que no es traspassessin certs límits. Però primer hem de ser conscients de les limitacions tècniques i el gran buit que encara trobem respecte el coneixement del cervell, entre altres.

10. Conclusions

Durant la presentació de les novetats aquí seleccionades en l'àmbit de les neurociències, hem vist que els avenços en la matèria van a una velocitat vertiginosa, i que els seus impactes no es queden curts. Si bé són millores i senyals de progrés en la societat i en la comunitat científica, sempre s'han de tenir en compte les limitacions i els potencials riscos que els mateixos avenços poden produir.

No és menys la seva relació amb la criminologia, donada l'aplicació d'aquestes neurotecnologies en els àmbits policial i militar, en els quals he centrat el treball. Si els membres d'aquests col·lectius gaudeixen d'una diferent condició respecte les altres persones, com a criminòlogues podem pensar que trobarem nombroses conseqüències, sobretot respecte la relació amb el ciutadà.

Autoritats que defensen la nació, que disposen de l'ús d'armes i tota mena de coacció, podran arribar a tenir habilitats extraordinàriament superiors en comparació amb la resta de persones. Més frivolitat per a realitzar la seva feina i més eficàcia portarà a la visió del militar com una màquina o un robot. Un superhumà que el seu objectiu és acabar amb certes vides humanes. Personalment, crec que això és un perill per a la resta dels membres de la societat.

I, en quant als policies? Encara que de moment no trobem iniciatives (sobretot al territori espanyol) no vol dir que properament en sorgeixin. Agents més eficaços és el que desitja la pròpia institució i l'Estat. Ara bé, és quelcom amb el que està d'acord la resta majoritària dels habitants? Si bé es poden aportar molts beneficis per als usuaris de les tecnologies, sobretot en salut mental, hem de tenir en compte que aquestes persones ja ocupen un rol d'autoritat i poder per sobre de les altres, malgrat la seva igual condició natural o biològica. Llavors, si encara les millorem més, aquesta autoritat es pot veure incrementada.

Potser el que necessita la societat no són policies més freds i eficients, sino gent més conscient i educada en valors, d'acord amb els quals una conducta desviada o immoral no figura entre els seus plans. O potser necessitem policies més sans i resilients (encara que artificialment), per afrontar el tracte constant amb víctimes.

Seguint aquesta lògica, arribariem a la conclusió de que les aplicacions terapèutiques es podrien permetre i serien desitjables, però que quan es traspassa la fina línia que la separa de la millora, no es permetessin o fossin extremadament exclusives.

La qüestió queda oberta per a que cada u es formi la seva pròpia opinió.

En relació o no amb aquests camps, considero important plantejar-se les qüestions que he exposat, entre moltes altres.

La multitud dels instruments i dispositius descrits ens diu, implícitament, que la pròpia naturalesa humana està quedant enrere a les constants noves necessitats socials. La finalitat terapèutica es pot interpretar en dos sentits; un propi d'un Estat del Benestar i garantista, o un més utilitarista. És a dir, podem pensar que es dissenyen els instruments per a, simplement, millorar la qualitat de vida de la persona amb alguna malaltia o discapacitat; o bé podem interpretar-ho com una mesura per a que hi hagi la mínima quantitat de persones disfuncionals, i per tant, poc o gens productives per a la societat en general.

Personalment, considero que es segueix una finalitat utilitarista, on la màxima productivitat i eficiència és el desitjable per al màxim nombre de persones. El capitalisme que regeix la nostra societat és una clara demostració d'aquest anhel. Amb aquesta finalitat, no ens haurà de venir de nou el protagonisme del transhumanisme, és a dir, l'aspiració a aquesta simbiosi entre l'humà i la màquina.

En quant a la pregunta que mou aquesta recerca, hem vist que no podem obtenir una resposta clara ni objectiva. Al final, serà qüestió de que es promulgui una regulació legal que en defineixi els conceptes i els límits de cada aplicació, per a poder tenir un marc de referència comú. Fins aquest moment, penso que no s'hauria de permetre i/o incentivar l'ús dels dispositius i intervencions, doncs els riscos són majors que els beneficis.

Tot i així, es poden requerir molts més anys dels que es parla per a que s'acabi implementant. A més, també hem de ser escèptics simplement amb la idea de que, realment, aquests dispositius aconseguixin el que prometin. Hi ha moltes llacunes en el coneixement sobre el cervell i, per aquest motiu, potser ja resulta improbable que un dispositiu extern sigui capaç de detectar i modular una funció cerebral.

Ara bé, en el treball he donat per superada hipotèticament aquesta limitació, i m'he centrat en les conseqüències que es poden donar si s'acaba fent efectiu tot l'exposat. Considero que és important conèixer i estar al dia de les actualitzacions que, d'una manera o d'una altra, ens poden acabar afectant a totes. Només amb aquest coneixement ens podrem permetre mantenir-nos crítics en la nostra opinió personal, que determinarà la pròpia susceptibilitat de manipulació en un futur.

11. Annexes

11.1. Llista d'acrònims

BCI	Interfície Cervell-Ordinador
BOLD	Contrast Depenent del Nivell d'Oxigen a la Sang
CAT	Tomografia Axial Computaritzada
CT	Tomografia Computacional
DBS	Estimulació Profunda del Cervell
ECoG	Electrocorticografia
EEG	Encefalografia
EMG	Electromiografia
ERP	Potencial Depenent de l'Event
ESA	Agència Espacial Europea
fMRI	Ressonància Magnètica Funcional
fNIR	Imatge Funcional per Infrarojos Propers
FUS	Estimulació amb Ultrasons Concentrats
IA	Intel·ligència Artificial
MEG	Magnetoencefalografia
MRI	Ressonància Magnètica
NASA	Administració Nacional d'Aeronàutica i l'Espai
OECD	Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic
PET	Tomografia per Emissió de Positrons
SNC	Sistema Nerviós Central
SNP	Sistema Nerviós Perifèric
SPECT	Tomografia per Emissió de Fotó Únic
TACS	Estimulació Transcranial de Corrent Altern

TBS	Estimulació Transcranial del Cervell
tES	Estimulació Elèctrica Transcranial
TDCS	Estimulació Transcranial de Corrent Continu
TMS	Estimulació Transcranial Magnètica

11.2. Glossari

Activitat metabòlica: Representa aquells processos que es donen en les cèl·lules vives. S'inclou, entre altres, la respiració, digestió i transport de molècules.

Alzheimer: Trastorn neurològic progressiu que provoca l'atrofia o reducció del cervell i que les neurones morin. És la causa més comuna de demència. Significa un deteriorament continuat del pensament, comportament i habilitats socials.

Antidepressius: Medicaments receptats per a tractar la depressió, l'ansietat, el dolor crònic o l'insomni.

Aprenentatge per reforç: Varietat del Machine Learning (ML), que permet a una Intel·ligència Artificial (IA) plantejar estratègies efectives en base a les dades. Es pretén millorar l'exercici d'una activitat determinada mitjançant un sistema de recompenses, les quals s'obtenen per a cada acció executada.

Assistent robòtic: Dissenyat per ajudar a les tasques diàries a persones discapacitades, tant física com mentalment.

Àrea ventral tagmental: Origen de les cèl·lules dopaminèrgiques (les quals alliberen dopamina). Està implicada en el sistema de recompensa natural del cervell, el qual actua en nombroses addiccions. És important en la cognició, motivació, dependència a les drogues, orgasme, emocions intenses i trastorns psiquiàtrics.

Biofeedback: Tractament en el qual s'utilitzen sensors. Aquests permeten al pacient monitoritzar en temps real diferents paràmetres fisiològics, els quals ofereixen informació sobre l'estat del seu organisme. El pacient rep informació a temps real sobre el que ocorre en diferents parts del seu cos. Pot aprendre a relacionar aquests events amb certes sensacions i aconseguir regular algunes funcions corporals.

Còrtex prefrontal: És la part anterior o davantera dels lòbuls frontals del cervell. Està involucrada en la planificació de comportaments cognitivament complexes, en l'expressió de la personalitat, en els processos de presa de decisions i en l'adequació del comportament social a cada moment.

La seva activitat fonamental és la coordinació de pensaments i accions d'acord amb els objectius de la persona.

Còrtex prefrontal dorsolateral: Àrea relacionada amb l'avaluació de riscos i beneficis en la presa de decisions. També responsable de l'atenció i la memòria, entre altres funcions cognitives.

Enginyeria genètica: Procés que utilitza tecnologies de laboratori per alterar la composició de l'ADN d'un organisme.

Enhancement: Millora.

Estimulació optogenètica: Tècnica en la que la llum s'usa per a controlar l'activitat cel·lular. Involucra a les neurones que han sigut genèticament modificades per a expressar canals d'ions sensibles a la llum. Aquests poden ser oberts o tancats amb la llum d'específiques longituds d'ona.

Electricitat cerebral: El cervell, així com tot el cos, pot produir electricitat a través de reaccions químiques en les seves cèl·lules. El cos humà és un sistema elèctric altament complexe en el que la funció del cervell és com el control i l'interruptor.

Electromiografia (EMG): Eina d'imatge funcional que, col·locada al crani, pot seguir i registrar canvis en l'activitat elèctrica de les neurones.

Esquizofrènia: Malaltia mental greu que afecta als processos de pensament, de sensació i de comportament, com si haguessin perdut el contacte amb la realitat.

Eugenèsia: Estudi i aplicació de les lleis biològiques de l'herència orientats al perfeccionament de l'espècie humana.

Exoesquelet: Esquelet extern mecànic i dur d'articulacions que permet el moviment del subjecte. Altres tipus són més tous i es porten directament a sobre el cos.

Feedback: Resposta donada a un estímul com a forma d'evaluar-lo.

Hipotàlem: Àrea que controla la temperatura corporal, la gana i la set.

Machine learning o aprenentatge automàtic (ML): Subcategoria de la intel·ligència artificial en la que es permet que els algoritmes descobreixin patrons recurrents en conjunts de dades (números, paraules, imatges, estadístiques, etc). Al detectar aquests patrons, els algoritmes aprenen i milloren el seu rendiment en l'execució d'una tasca específica. Aprenen de forma automàtica a fer aquestes tasques o a fer prediccions a partir de les dades obtingudes.

Matrius d'electrodes: Són matrius compostes per electrodes amb múltiples cables flexibles amb els que registrar activitat o estimular a les neurones. Aquesta flexibilitat els permet ser implantats profundament en el cervell i tenir un gran control sobre la seva posició en el teixit cerebral.

Neuroenhancer: Qualsevol substància o dispositiu que pretén proporcionar neuroenhancement.

Neuroenhancement: Millora cognitiva o neuronal. Significa l'ampliació de les capacitats cognitives i afectives en persones que no pateixen cap malaltia mental.

Neuroergonomics: La neuroergonomia és l'aplicació de la neurociència a l'ergonomia. S'estudia el cervell en relació al rendiment a la feina i en les tasques diàries amb l'objectiu d'optimitzar aquestes funcions.

Neurofeedback: Tècnica avançada que entrena al pacient a millorar la seva funció cerebral. A través de la interacció entre l'ordinador i el cervell, s'entrena per a autoregular-se, millorant les anomalies que causen problemes psicològics, neurològics i psiquiàtrics. El cervell aprèn a funcionar d'una manera més efectiva, millorant la simptomatologia i augmentant el benestar del pacient. També millora les connexions entre les diferents àrees del cervell.

Neuromodulació: Intervenció terapèutica que apunta a alleujar les condicions dels pacients, proporcionant drogues, impulsos elèctrics o altres estímuls per a modular l'activitat de qualsevol part del sistema nerviós.

Neuroplasticitat: L'habilitat del cervell per ajustar i reorganitzar les seves connexions neuronals com a resultat de les experiències prèvies o canvis ambientals.

Neuropròtesi: Implantació d'un xip al cervell.

Nucli accumbens: Intervé en la mediació de la recompensa i la motivació i té relació amb les addiccions.

Ones cerebrals: Patrons repetitius, de forma oscil·latria, d'activitat elèctrica que generen les diferents estructures de l'encèfal.

Òptica cel·lular: Aplicació de la llum per a incidir sobre l'activitat neuronal i posteriorment registrar-la.

Optogenètica: Tècnica que utilitza la bioenginyeria per insertar informació genètica de proteïnes sensibles a la llum en les cèl·lules cerebrals, generant així, canvis genètics en les neurones.

Ortesi: Dispositiu extern, que es col·loca per a modificar aspectes funcionals del sistema locomotor. Al contrari que les pròtesis, no requereixen d'intervenció quirúrgica i poden ser col·locats i retirats pel propi pacient.

Parkinson: Trastorn del moviment que es dona quan les neurones no produeixen suficient quantitat de dopamina.

Performance: Rendiment físic i/o cognitiu.

Positró: Partícula elemental, amb una càrrega elèctrica igual a la de l'electró, però en comptes de negativa, positiva. Per tant, és l'antipartícula de l'electró.

Pròtesi corticovisual: Les pròtesis oculars són una substitució de l'ull de forma parcial o total.

Realitat augmentada (AR): Conjunt de tecnologies que permeten que l'usuari visualitzi part del món real amb informació gràfica afegida a través d'un dispositiu tecnològic. Els elements físics es combinen amb els virtuals, creant una nova realitat en temps real.

Realitat virtual (VR): Entorn d'escenes i objectes d'aparença real, que es genera mitjançant tecnologia, i que provoca en l'usuari la sensació d'estar immers en aquest. Es contempla a través d'un dispositiu (ulleres o casc de VR).

Robòtica: Ciència que inclou diverses branques tecnològiques, amb l'objectiu de dissenyar màquines robotitzades, que siguin capaces de fer tasques automatitzades o de simular el comportament humà o animal, en funció de la capacitat del seu software.

Sinapsi neuronal: És l'espai entre neurones per on els impulsos nerviosos es transmeten a la cèl·lula contigua, mitjançant neurotransmissors (substàncies químiques). La primera neurona allibera els neurotransmissors i la segona neurona els reb.

Tàlem: És l'estructura cerebral encarregada de diverses funcions, com la integració de dades sensorials obtingudes pels sentits, la regulació del cicle son-vigília, de l'atenció i la consciència i també de la regulació emocional.

Trastorn obsessiu compulsiu (TOC): Afecció mental que provoca uns pensaments obsessius i rituals compulsius una vegada rere l'altre. La persona no pot controlar-los ni detenir-los.

Telepatia: Capacitat de comunicar informació directament entre dues ments, sense ajuda del llenguatge ni de cap dispositiu extern. Es considera pseudociència ja que no ha pogut ser demostrada empíricament.

12. Bibliografía

- Asís Roig, R. D. (2022). Derechos y tecnologías. *Derechos y tecnologías*, 1-230.
- Behneman, A., Berka, C., Stevens, R., Vila, B., Tan, V., Galloway, T. i Raphael, G. (2012). Neurotechnology to accelerate learning: during marksmanship training. *IEEE pulse*, 3(1), 60-63.
- Bhattacharyya, S., Valeriani, D., Cinel, C., Citi, L. i Poli, R. (2020). Anytime Collaborative Brain-Computer Interfaces for Enhancing Group Decision-Making in Realistic Environments.
- Bourdas, A. (2022). Perspectives for the augmented soldier (focus on the French case). *Finabel: European Army Interoperability Centre*.
- Borders, C., Hsu, F., Sweidan, A. J., Matei, E. S. i Bota, R. G. (2018). Deep brain stimulation for obsessive compulsive disorder: A review of results by anatomical target. *Mental illness*.
- Campbell, L., Lotmin, A., DeRico, M. M. i Ray, C. (1997, octubre). The use of artificial intelligence in military simulations. A 1997 *IEEE international conference on systems, man, and cybernetics. Computational cybernetics and simulation* (Vol. 3, pp. 2607-2612). IEEE.
- Cinel, C., Valeriani, D. i Poli, R. (2019). Neurotechnologies for human cognitive augmentation: current state of the art and future prospects. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 13.
- Collins, P. A. i Gibbs, A. C. C. (2003). Stress in police officers: a study of the origins, prevalence and severity of stress-related symptoms within a county police force. *Occupational medicine*, 53(4), 256-264.
- Denning, T., Matsuoka, Y. i Kohno, T. (2009). Neurosecurity: security and privacy for neural devices. *Neurosurgical Focus*, 27(1), E7.
- Farah, M. J. (2015). An ethics toolbox for neurotechnology. *Neuron*, 86(1), 34-37.
- Garcés-Vieira, M. V. i Suárez-Escudero, J. C. (2014). Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos. *Ces Medicina*, 28(1), 119-132.
- García-López, E., Muñoz, J. M. i Andorno, R. (2021). Neurorights and Mental Freedom: Emerging Challenges to Debates on Human Dignity and Neurotechnologies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 790.
- García-Rivera, B. R., Olguín-Tiznado, J. E., Aranibar, M. F., Ramírez-Barón, M. C., Camargo-Wilson, C., López-Barreras, J. A. i García-Alcaraz, J. L. (2020). Burnout syndrome in police officers and its relationship with physical and leisure activities. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5586.

Harris, J.C. (2004). The Cure of Folly. *Arch Gen Psychiatry*.

Hatta T. (2007). Handedness and the brain: a review of brain-imaging techniques. *Magnetic resonance in medical sciences: MRMS: an official journal of Japan Society of Magnetic Resonance in Medicine*, 6(2), 99–112

Joseph, A. i Chandra, J. (2022). Machine Learning Approaches for Efficient Analysis of Neuroimaging Techniques. In *SHS Web of Confernces* (Vol. 139, p. 03027). EDP Sciences.

Jubany Baucells, O., Domínguez Ruiz, I. E. i Rué, A. (2022). La resiliència dels membres de la PG-ME que atenen a víctimes de violència de gènere.

Lee, S. W., Laurienti, P. J., Burdette, J. H., Tegeler, C. L., Morgan, A. R., Simpson, S. L. i Tegeler, C. H. (2019). Functional brain network changes following use of an allostatic, closed-loop, acoustic stimulation neurotechnology for military-related traumatic stress. *Journal of Neuroimaging*, 29(1), 70-78.

Lee, W., Kim, H. C., Jung, Y., Chung, Y. A., Song, I. U., Lee, J. H. i Yoo, S. S. (2016). Transcranial focused ultrasound stimulation of human primary visual cortex. *Scientific reports*, 6(1), 1-12.

MacArthur Foundation Research Network on Law and Neuroscience. Vanderbilt University. Recuperat de <https://www.lawneuro.org>

Matran-Fernandez, A., Poli, R. i Cinel, C. (2013). Collaborative brain-computer interfaces for the automatic classification of images. In *2013 6th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)* (pp. 1096-1099). IEEE.

McBride, D. (2013). Neurotechnology futures study: A Roadmap for the Development of Neuroscience and Neurotechnology that will Lead to the Economic Revolution of the 21st Century. *Potomac Institute for Policy Studies, Arlington, VA*.

Mehlman, M., Lin, P. i Abney, K. (2013). Enhanced warfighters: risk, ethics, and policy. *Case Legal Studies Research Paper*, (2013-2).

Müller, O. i Rotter, S. (2017). Neurotechnology: Current developments and ethical issues. *Frontiers in systems neuroscience*, 11, 93.

National Research Council. (2008). Emerging cognitive neuroscience and related technologies.

National Research Council. (2009). Opportunities in neuroscience for future army applications.

Nuffield Council on Bioethics. (2013). Novel neurotechnologies: Intervening in the brain.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *Recommendation on Responsible Innovation in Neurotechnology*.

Potomac Institut For Policy Studies. (2013). Neurotechnology futures study. *A Roadmap for the Development of Neuroscience and Neurotechnology that will Lead to the Economic Revolution of the 21st Century*.

Pitts-Taylor, V. (2019). Neurobiologically poor? Brain phenotypes, inequality, and biosocial determinism. *Science, Technology, & Human Values*, 44(4), 660-685.

Kalbfleisch, M. L. i Forsythe, C. (2011). Instantiating the progress of neurotechnology for applications in national defense intelligence. *Synesis: A Journal of Science, Technology, Ethics, and Policy*, 2(1), T9-T16.

Klein, E., Brown, T., Sample, M., Truitt, A. R. i Goering, S. (2015). Engineering the brain: ethical issues and the introduction of neural devices. *Hastings Center Report*, 45(6), 26-35.

Lynch, Z. (2004). Neurotechnology and society (2010–2060). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1013(1), 229-233.

Roelfsema, P. R., Denys, D. i Klink, P. C. (2018). Mind reading and writing: The future of neurotechnology. *Trends in cognitive sciences*, 22(7), 598-610.

Raichle, M. E. (2003). Functional brain imaging and human brain function. *Journal of Neuroscience*, 23(10), 3959-3962.

Rao, R. P. (2013). *Brain-computer interfacing: an introduction*. Cambridge University Press.

Ritchie, E. C. i Owens, M. (2004). Military issues. *Psychiatric Clinics*, 27(3), 459-471.

Rostami, R., Sadeghi, H., Karami, K. A., Abadi, M. N., i Salamati, P. (2012). The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. *Journal of Neurotherapy*, 16(4), 264-269.

Sattler, S., Jacobs, E., Singh, I., Whetham, D., Bárd, I., Moreno, J. i Allansdottir, A. (2022). Neuroenhancements in the military: A mixed-method pilot study on attitudes of staff officers to ethics and rules. *Neuroethics*, 15(1), 11.

Stotland, E., i Pendleton, M. (1989). Workload, stress, and strain among police officers. *Behavioral Medicine*, 15(1), 5-17.

Tegeler, C. L., Shaltout, H. A., Lee, S. W., Simpson, S. L., Gerdes, L., i Tegeler, C. H. (2020). Pilot trial of a noninvasive closed-loop neurotechnology for stress-related symptoms in law enforcement: improvements in self-reported symptoms and autonomic function. *Global advances in health and medicine*.

Terpstra, J. (2016). Occupational culture of private security officers in the Netherlands—comparison with police officers' culture. *Policing and Society*, 26(1), 77-96.

The BCI Guys. (2021, febrer 19). *Lesson 1.0: Introduction - Foundations of Neurotechnology*. [Vídeo]. [Lesson 1.0: Introduction - Foundations of Neurotechnology](#)

The Cusp. (2020, març 24). The Top Neurotechnology Devices of 2022. Recuperat de <https://nicksaraev.com/the-top-neurotechnology-devices-of-2020/>

The President's Council on Bioethics. (2002, abril). Distinguishing Therapy and Enhancement. Recuperat de [The President's Council on Bioethics: Staff Working Paper 7](#)

Tegeler, C. L., Shaltout, H. A., Lee, S. W., Simpson, S. L., Gerdes, L., i Tegeler, C. H. (2020). Pilot trial of a noninvasive closed-loop neurotechnology for stress-related symptoms in law enforcement: improvements in self-reported symptoms and autonomic function. *Global advances in health and medicine*.

Tran, J. L. i Tran, D. T. (2015). (De) regulating neuroenhancement. *U. La Verne L. Rev.*, 37, 179.

Witmer, B. G. (2000). *Training Dismounted Soldier in Virtual Environments: Enhancing Configuration Learning* (Vol. 1103). US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.