

# MAPPING CEREBRAL

Els fonaments anatomofisiològics en la monitorització intraoperatòria per a pacients amb tumors cerebrals en àrees eloqüents



## ABSTRACT

Partiendo del interés en la Medicina, en especial, en la cirugía, me propuse entender una de las numerosas neurocirugías que se llevan a cabo, con un componente más, una cirugía de mapping cerebral donde el paciente se encuentra despierto en la mayor parte de la cirugía.

Después de entender la funcionalidad del sistema nervioso, desde su unidad más pequeña, la neurona, me he adentrado en el mundo de la fisiología y la anatomía para entender cómo es posible que se puedan extirpar áreas del cerebro sin producir secuelas en el paciente y como lo hacen los neurocirujanos para detectar estas áreas durante la cirugía.

Con los conocimientos integrados he visitado el departamento de anatomía de la Universidad de Girona donde he podido manipular preparaciones de diferentes partes del sistema nervioso para materializar los conceptos anatómicos que había estudiado previamente, también he realizado una estancia en el hospital Josep Trueta de Girona, donde se me ha permitido hacer el seguimiento de un paciente con un glioma y asistir a la operación de mapping para extraer el tumor.

Finalmente, he podido entender como suministrando pequeñas descargas a las neuronas es posible encontrar áreas específicas del lenguaje, hacer el mapping cerebral para marcar esas áreas durante la operación y realizar la extirpación del tumor garantizando una mayor resección de tumor con unas secuelas mínimas o inexistentes.

Based on my interest in Medicine, especially surgery, I had proposed to understand one of many types of neurosurgeries. However, the type of surgery I selected had an extra component. It was a cerebral mapping surgery, where the patient was awake during the largest part of the surgery.

To prepare, I started studying the nervous system, from the smallest unit, the neuron, to the largest. I went deep into the physiology and anatomy world to understand how it is possible that a surgeon can remove parts of the brain without producing negative aftereffects in the patient, and how surgeons can detect these areas during surgery.

Next, I visited the anatomy department of Girona University where I could handle different parts of the nervous system to materialize the anatomic concepts studied. Also, I realized a stay in Josep Trueta hospital in Girona, where I had been tracking a patient with a glioma and I could assist in the mapping surgery to remove it.

As a result, I learned how providing small shocks to the neurons makes it possible to find the specific language areas of the brain, how cerebral mapping marks these areas, and how tumors are removed with the minimal amount of negative aftereffects.

«Primum non nocere»

Hipócrates de Cos, s.406 a.C.

# ÍNDEX

<b>Introducció</b> .....	<b>1</b>
<b>PART TEÓRICA</b> .....	<b>3</b>
1. Introducció al sistema nerviós .....	3
2. La neurona, una cèl·lula especial .....	4
2.1 ESTRUCTURA INTERNA I EXTERNA .....	5
2.2 SUBSTÀNCIA BLANCA I SUBSTÀNCIA GRIS .....	8
3. Cèl·lules de la glia .....	9
3.1. ASTRÒCITS .....	9
3.2. OLIGODENDRÒCITS .....	10
3.3. MICRÒGLIA .....	10
4. Fisiologia de la neurona, com es transmeten els impulsos nerviosos? .....	12
4.1 SINAPSIS ELÈCTRIQUES.....	12
4.2 SINAPSIS QUÍMIQUES.....	12
4.3 CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES DEL SISTEMA NERVIÓS.....	14
5. Anatomia del sistema nerviós .....	17
5.1 EL SISTEMA NERVIÓS CENTRAL.....	18
5.2 EL SISTEMA NERVIÓS PERIFÈRIC.....	25
6. Anatomia funcional del cervell.....	27
6.1 ÀREES FUNCIONALS DEL LLENGUATGE .....	28
6.2 FASCICLES .....	31
6.3 FORMULACIÓ D'UNA ORACIÓ .....	33
8. El càncer .....	34
8.1. TIPUS DE TUMORS CEREBRALS .....	35
8.2. FACTORS DE RISC.....	36
8.3. INCIDÈNCIA EN LA POBLACIÓ .....	36
9. Què és i com es fa el mapping cerebral .....	38
9.1 ANESTÈSIA .....	40
<b>PART PRÀCTICA</b> .....	<b>42</b>
10. VISITA AL DEPARTAMENT D'ANATOMIA.....	42
11. ESTADA A L'HOSPITAL .....	48
11.1. CAS CLÍNIC DEL PACIENT .....	48
11.2. ESTADA A L'HOSPITAL .....	51
<b>Conclusions</b> .....	<b>60</b>

<b>Agraïments.....</b>	<b>61</b>
<b>Bibliografia i Webgrafia .....</b>	<b>62</b>

## **Introducció**

El cervell és com una màquina i com totes les màquines, consta de peces, engranatges, sense les quals, no funciona amb normalitat. Però i si haguéssim de treure una part d'aquest engranatge, una part que tingués un paper fonamental en aquest, les altres peces cobririen la seva falta?

Aquest treball comença parlant de la unitat més simple del nostre cervell, la neurona, de com transmet els impulsos nerviosos, de com s'estructura del cervell, tant a nivell anatòmic com funcional, i acaba amb la part més externa: el cervell "al descobert".

És l'estudi del mapeig cerebral intraoperatori que es du a terme en les operacions en que hi ha un tumor situat en una àrea eloqüent, en aquest cas, una de les àrees del llenguatge. I té com a objectiu conèixer com els neurocirurgians són capaços d'extreure masses del cervell situades en àrees imprescindibles, sense danyar-les i assegurant-se de no deixar-hi restes de tumor.

Al començar aquest treball tenia molt clar que havia de tractar d'un tema que m'interessés, que m'agradés. I no hi havia opció millor que la Medicina, i ja posats, per què no estudiar un dels òrgans més complexos, un dels més extraordinaris i insòlits, el cervell? Al tenir això clar, vaig poder posar-me en contacte amb el Dr. José Luis Caro, qui em va proposar aquest magnífic treball. En moltes pel·lícules, sèries... es fa referència o es juga amb la idea de les macabres operacions amb el pacient despert, pel que em va semblar molt interessant portar aquesta idea al camp de la ciència i entendre perquè era necessari que el pacient estigués conscient en determinades operacions.

El meu objectiu ha variat durant el treball, cosa que trobo molt interessant. Al principi, sense cap coneixement del tema, el que pretenia era entendre les operacions de mapeig cerebral en general. Fins que a l'estudiar-ho, vaig veure, que com les persones, cada tumor és un món, i que era infactible abastar-los tots. En aquest punt, vaig haver d'escollir una de les tantes àrees de les que consta el nostre cervell. Després d'informar-me, em vaig adonar que ho tenia molt clar: em van captivar les àrees de la parla. Com treballaven entre elles, per fer el que nosaltres trobem normal i habitual, com podria ser dir: "Bon, dia", "Com estàs?" o "He anat a comprar". Coincidint en el temps estava programada a l'hospital Josep Trueta una cirurgia d'aquestes característiques. En aquest punt, va ser

quan em vaig posar en contacte amb el Dr. Pablo Benito, el neurocirurgià que duria a terme l'operació i amb el Dr. Jordi Gich, que estaria també present a l'operació com a neuropsicòleg.

El treball consta de una part teòrica i dues parts pràctiques. En la part teòrica he estudiat la neurona, la seva anatomia i fisiologia, els impulsos elèctrics i químics d'aquesta i l'anatomia de sistema nerviós posant especial èmfasi en el cervell. Una de les parts pràctiques és la visita que vaig fer al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de La Universitat de Girona, on amb el Dr. Francisco Reina, la Dra. Anna Carreras i la Miriam Hidalgo, tècnica d'anatomia, on vaig tenir la sort de poder manipular i veure en primera persona preparacions d'encèfals i cranis humans. La segona part pràctica del treball va ser una estada a l'hospital Josep Trueta en que amb el Dr. Jordi Gich i el Dr. Pablo Benito on vaig seguir l'estada a l'hospital d'un pacient amb un glioma frontal esquerre i assistir a l'operació d'extirpació d'aquest.

La cerca d'informació ha estat pràcticament en la seva totalitat de llibres de medicina, i l'ajut dels experts els quals m'han recolzat en aquest treball.

Tot i que per desgràcia, tots tenim la situació d'avui en dia molt integrada, una de les dificultats més grans d'aquest treball ha estat la pandèmia per COVID-19, ja que a causa d'aquesta l'entrada als hospitals era molt restringida pel que fins l'últim moment no vam saber si seria possible la meua assistència a l'hospital tant durant l'operació com prèvia i posteriorment. Una altra de les grans dificultats ha estat la cerca d'informació. Com he mencionat abans, pràcticament en la seva totalitat, la informació d'aquest treball ha estat extreta de llibres de medicina, els quals contenien un vocabulari bastant concret i científic pel que l'estudi d'aquests ha estat un dels grans reptes del treball.

Al ser un treball científic vaig intentar aplicar el mètode científic però vaig trobar que experimentar amb la salut de les persones i temes tan delicats era impossible pel que vaig donar-hi un caire més bibliogràfic i buscar una part pràctica on no es pogués posar en perill la salut de ningú.

Tot i així, és un treball el qual s'ha fet des de la més sincera passió per el tema i amb el que espero que us endinseu i gaudiu del món de les operacions de mapping cerebral tant o més que jo.

# PART TEÓRICA

## 1. Introducció al sistema nerviós

Com els altres sistemes o aparells dels que disposa l'esser humà, el sistema nerviós té un paper molt important en el funcionament del nostre cos. Aquest ens demostra que la nostra personalitat, intel·ligència, actitud i fins i tot moviments són només petites però complexes interaccions entre cèl·lules, les neurones.

Tot i que el sistema nerviós és molt complex, té un funcionament molt bàsic i senzill. Consisteix en percebre estímuls i elaborar respostes.

Podem dividir el sistema nerviós en dues parts: el sistema nerviós central (SNC) i el sistema nerviós perifèric (SNP).

Com podem veure a la figura 1, el sistema nerviós central el formen la medul·la espinal i l'encèfal, el qual podem dividir en: cervell, cerebel i bulb raquidi. El SNC és capaç de percebre estímuls i elaborar respostes.

El sistema nerviós perifèric està format pels nervis. Segons on estan col·locats els nervis els anomenem: cranials, si provenen de l'encèfal i raquidis, si provenen de la medul·la.

Segons la seva funció, dividim el sistema nerviós perifèric en: sistema nerviós somàtic, que s'encarrega dels moviments voluntaris i de recollir la informació sensorial (tacte, dolor, temperatura...), i sistema nerviós vegetatiu, que s'encarrega de l'activitat involuntària dels òrgans.

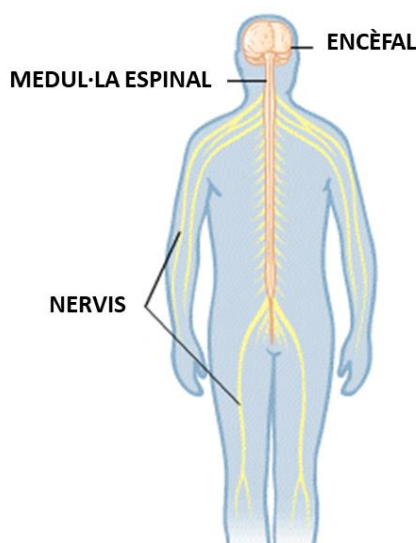


FIGURA 1: SISTEMA NERVIÓS

(ciencias naturales biologia, Ernesto G. SCIARINI)



## 2. La neurona, una cèl·lula especial

La neurona és la unitat estructural i funcional del sistema nerviós. Es creu que al llarg del nostre sistema nerviós hi ha entre 100.000 milions i un bilió de neurones. Les neurones, es comuniquen entre elles químicament mitjançant uns processos anomenats sinapsis.

El sistema nerviós, comparat amb altres sistemes, és el que consumeix més oxigen i glucosa. Això és degut a la gran demanda metabòlica per part de les neurones, les quals necessiten unes estructures i uns mecanismes especials per dur a terme les seves funcions. En primer lloc, la combinació d'ions dins la neurona no és igual a la concentració d'aquests fora la cèl·lula pel que es requereixen quantitats extraordinàries d'energia per bombejar els ions contra gradient elèctric i de concentració. En segon lloc, les neurones que envien informació a llargues distàncies han de tenir una forma de subministrar energia als seus destins.

A més a més de mantenir el seu metabolisme cada neurona:

1. Rep informació tant de l'entorn com de les altres cèl·lules nervioses
2. Processa aquesta informació
3. Envia informació a altres neurones o teixits efectors

Les neurones tenen una estructura interna variant depenent del tipus de funció però molt característica.

## 2.1 ESTRUCTURA INTERNA I EXTERNA

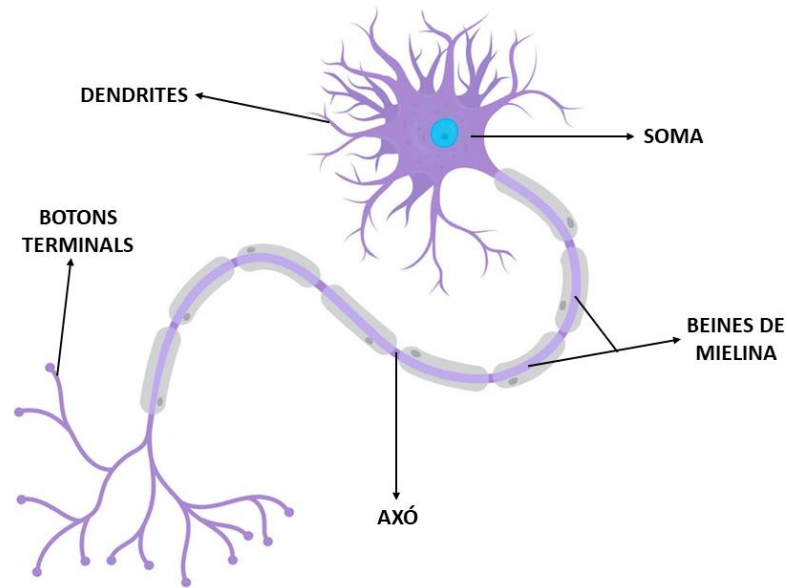


FIGURA 2: ESTRUCTURA D'UNA NEURONA (The conversation, Marçal Vilar. Editada)

Com podem veure a la figura 2, en totes les neurones es poden diferenciar tres parts bàsiques:

- 1) El soma (cos cel·lular)
- 2) Les dendrites
- 3) L'axó

EL SOMA: El soma és la part de la cèl·lula nerviosa on hi tenen lloc les reaccions metabòliques. La seva forma i mida varien considerablement segons el tipus de neurona. El soma conté el nucli i el citoplasma, aquest últim, conté aglomeracions de reticle endoplasmàtic rugós<sup>1</sup> (RER) i reticle endoplasmàtic llis<sup>2</sup> (REL), aparells de Golgi<sup>3</sup>, ribosomes<sup>4</sup> lliures i mitocondris<sup>5</sup>. El soma d'una neurona sembla ser quasi la cèl·lula al complet a causa de les funcions que fa, però generalment, el volum del soma és menys de l'1% del volum de l'axó i les dendrites.

Les neurones es classifiquen en tres tipus generals segons la forma del soma i el patró de prolongacions que surten d'ell. Poden ser multipolars, pseudounipolars o unipolars i bipolars (figura 3).

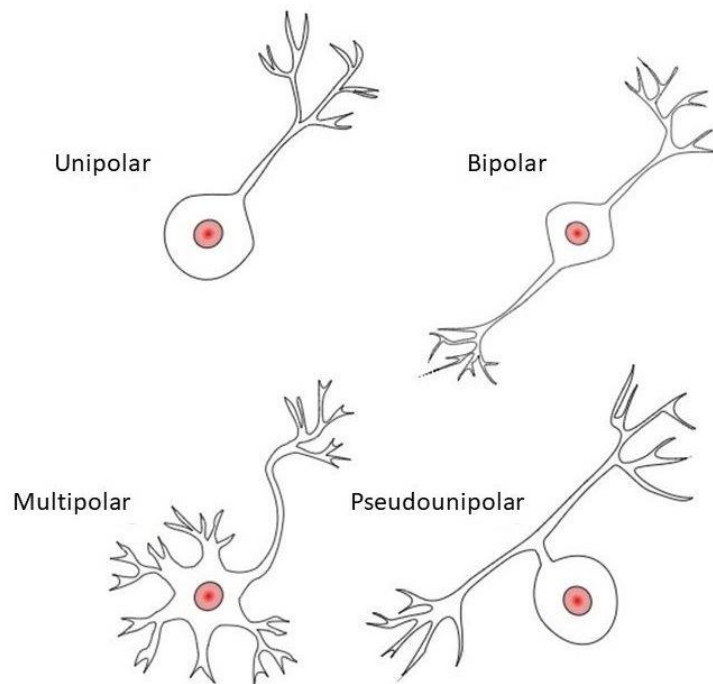


FIGURA 3. CLASSIFICACIÓ DE NEURONES SEGONS EL SOMA I LES PROLOGACIONS (Wikipedia Enciclopedia Libre 2021, Editada)

- Neurones multipolars: els seus somes són de formes variables pel que el seu contorn pot ser: irregular, en forma de matràs, triangular, poligonal o estrellat. D'un dels pols de la neurona surt l'axó i de tots els altres les dendrites. Més del 99% de les neurones són multipolars.
- Neurones Pseudounipolars o unipolars: aquestes tenen un soma esfèric i el nucli col·locat en posició central. Del soma surt una sola prolongació que és bifurca en una prolongació perifèrica i una altre prolongació central. La prolongació perifèrica té la funció de transmetre informació sensitiva a estructures somàtiques<sup>6</sup> o viscerals<sup>7</sup>, com la pell o la paret del tacte intestinal. La prolongació central, en canvi, té la funció de transmetre la informació sensitiva al sistema nerviós central (encèfal i medul·la).
- Bipolars: aquest tipus de neurona te un soma circular o ovalat amb una única prolongació en cada extrem. Normalment es troben en estructures associades amb els sentits especials.

DENDRITES: Les dendrites són prolongacions relativament curtes que es van fent més primes i creen més ramificacions a mesura que s'allunyen del soma. En algunes neurones, la tija de les dendrites és llisa i en altres, presenta diferents espines. Tenen llocs de contacte sinàptic, els quals reben senyals procedents d'altres neurones a través de contactes (sinapsis) realitzats sobre la seva superfície o des de receptors especialitzats de l'entorn. La informació es dirigeix des de l'extrem fins a la base (des de la part distal a la proximal). Els únics orgànuls que podem localitzar en aquestes ramificacions són elements del citoesquelet, es a dir, microtúbuls<sup>8</sup> i neurofilaments<sup>9</sup>, tot i que en les porcions més gruixudes poden arribar a contenir mitocondris<sup>5</sup>, alguns sacs de reticle endoplasmàtic<sup>1-2</sup>, conjunts de poliribosomes i ribosomes<sup>4</sup> lliures.

AXÓ: D'un dels pols del soma, surt l'axó, un tub llarg (que pot variar des de pocs mil·límetres fins a més d'un metre) i amb un diàmetre uniforme recobert de beines de mielina, capes compostes de proteïnes i lípids que es formen al voltant de l'axó i que el protegeixen. Té la funció de conduir els impulsos nerviosos des del cos cel·lular fins als botons terminals. El citoplasma d'aquest, anomenat axoplasma, conté una gran quantitat de microtúbuls<sup>8</sup> i neurofilaments<sup>9</sup>, que li proporcionen una estabilitat estructural i la capacitat de transportar orgànuls al llarg de l'axó. Una de les característiques que el diferencien de les dendrites és que aquest no conté ribosomes. L'axó té poques o fins i tot cap ramificació al llarg de la major part de la seva longitud però es pot ramificar extensament a prop de l'extrem més allunyat del soma, formant deu mil milions de branques colaterals conegudes com arboritzacions terminals. En la majoria de les neurones, cada terminal axònic està recobert de petits botons terminals, cada un de les quals pot entrar en contacte amb una neurona receptora o un teixit efector diferent proporcionant una gran diversitat de connexions neuronals.

## 2.2 SUBSTÀNCIA BLANCA I SUBSTÀNCIA GRIS

En el sistema nerviós central, els axons de les neurones s'associen entre ells, junts, tenen un aspecte blanquinós a causa de la mielina<sup>21</sup> que posseeixen. Denominem a aquestes zones: substància blanca. Aquesta es localitza a l'interior de l'encèfal i a l'exterior de la medul·la espinal.

Els somes de les neurones també s'agrupen però al no tenir mielina, els grups d'aquests tenen un color grisós, pel que els anomenem substància gris. Al contrari de la substància blanca, trobem la substància gris a l'exterior de l'encèfal i l'interior de la medul·la espinal (figura 4).

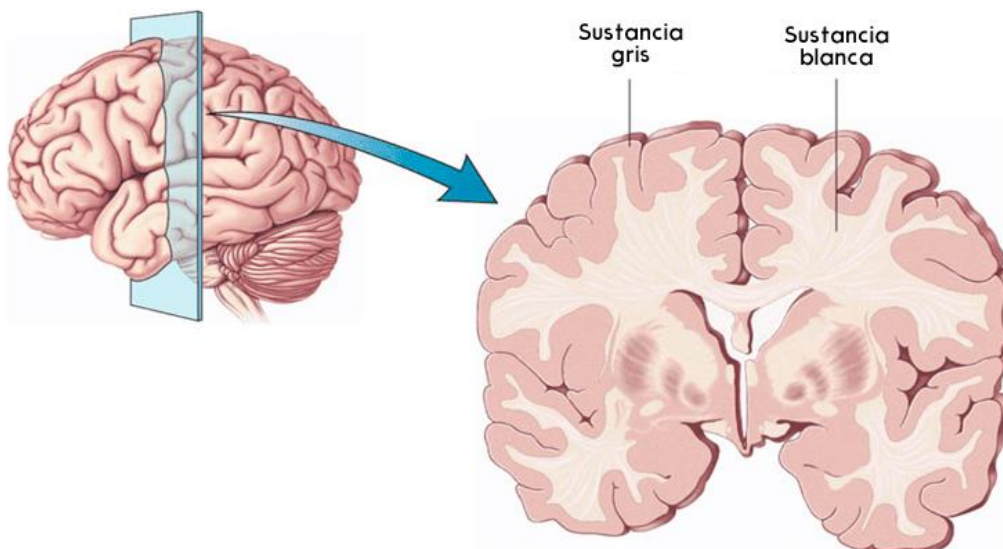


FIGURA 4: SUBSTÀNCIA BLANCA I SUBSTÀNCIA GRIS EN EL CERVELL (Psicología y mente, Adrián Triglia)

### 3. Cèl·lules de la glia

En el SNC a més a més de les neurones hi podem trobar les cèl·lules gials, les quals constitueixen la major part de les cèl·lules del sistema nerviós. En podem destacar: els astròcits, els oligodendròcits i la microglia. Aquestes cèl·lules tenen una funció reguladora de l'ambient i fan de suport estructural per les neurones. Al contrari que les neurones, no són capaces de propagar impulsos nerviosos.

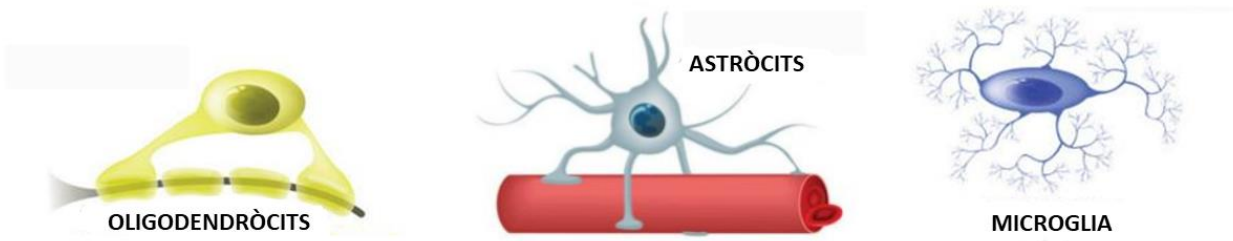


FIGURA 5: CÈL·LULES DE LA GLÍA (Psicología online, Gianluca Francia, Editada)

#### 3.1. ASTRÒCITS

Els astròcits es troben al llarg de tot el SNC. Són cèl·lules estrellades i molt ramificades que contacten amb la majoria de la superfície de les dendrites i somes neuronals (figura 5). Tenen una funció de suport estructural i metabòlic de les neurones i manteniment de l'entorn durant períodes d'intensa activitat neuronal.

Tenen una influència molt gran sobre la neurotransmissió ja que estan presents en la sinapsis i participen en el metabolisme dels neurotransmissors.

Són capaços de multiplicar-se en qualsevol moment, per exemple, com a part del procés de curació després d'una lesió en el SNC. En aquests casos es forma un gran teixit cicatritzat molt dens. La reproducció local espontània d'astròcits pot originar un tumor cerebral.

### **3.2. OLIGODENDRÒCITS**

Igual que els astròcits, apareixen en la substància blanca i en la substància gris, on es troben units i rodejant els somes neuronals. La seva funció, en la substància blanca, és la mielinització, la formació de beines de mielina (figura 5). Una beina de mielina és una coberta membranosa al voltant d'un axó formada de mielina, una capa aïllant que permet que els impulsos elèctrics es transmetin de forma ràpida i eficient. La mielinització es comença a produir durant la gestació i dura fins l'adolescència. Durant el procés, un únic oligodendrocit diposita mielina sobre els axons formant beines de mielina al voltant d'aquests. Com més gran és el diàmetre de l'axó, més gruixuda és la beina de mielina i, per tant, més altes són les velocitats de conducció. Aquesta beina no és contínua al llarg de l'axó sinó que són una sèrie de segments de mielina aïllats i anomenats segments internodulars o internòduls. Les interrupcions entre aquests segments s'anomenen nòduls de Ranvier. En aquests intervals, l'axó es troba molt exposat i és on es produeixen els intercanvis iònics a través de la membrana axònica.

Durant la mielinització, els canals de ions sodi de la membrana interior de l'axó s'eliminen. Per això, les malalties desmielinitzants, estan acompanyades d'una insuficiència progressiva de la conducció d'impulsos. Un exemple d'aquestes podria ser l'esclerosi múltiple.

### **3.3. MICRÒGLIA**

Les cèl·lules micrògials són les cèl·lules immunitàries del SNC i per tant, les predominants durant una inflamació. En condicions normals, es considera que les cèl·lules micrògials es troben en repòs o inactives. En repòs, són cèl·lules molt petites però quan s'activen, es fan molt més grans. Com els astròcits, tenen unes prolongacions que s'estenen per cobrir territori (figura 5). Tot i que el cos de la cèl·lula microglial es manté fixe, les seves prolongacions es mouen contínuament vigilant el teixit que el rodeja amb la finalitat de que, en cas de que hi hagi una amenaça, pugui ser versàtil en les seves respostes davant d'aquesta.

En malalties com la encefalitis viral, causada per el VIH-1, la encefalitis, o la encefalopatia per plom, entre d'altres, la micròglia reorganitza les seves prolongacions per formar cèl·lules en forma de bastons que es situen en les neurones afectades. En casos de traumatisme, es mobilitzen cap al lloc de la lesió i es multipliquen. La micròglia rodeja els somes de les motoneurons localitzades en el tronc de l'encèfal i retira totes les sinapsis.



## 4. Fisiologia de la neurona, com es transmeten els impulsos nerviosos?

Les sinapsis són zones on es comuniquen dos neurones o una neurona amb una cèl·lula efectora<sup>10</sup> a través d'impulsos. Els impulsos viatgen a través de la cèl·lula des de les dendrites d'una neurona fins els botons terminals d'aquesta, i després passen dels botons terminals a les dendrites d'una altra neurona. Existeixen sinapsis químiques i elèctriques, en el sistema nerviós dels mamífers la majoria són químiques.

### 4.1 SINAPSIS ELÈCTRIQUES

N'hi ha poques al sistema nerviós dels mamífers. Són unions comunicants entre dendrites o somes de neurones contigües. La comunicació entre neurones és mitjançant senyals elèctrics. Actuen en els circuits neuronals, on controlen les sacsejades oculars quan la mirada passa ràpidament d'un objecte a un altre.

### 4.2 SINAPSIS QUÍMIQUES

Les sinapsis químiques són formes de comunicació entre neurones a través de senyals químiques, consten d'una membrana presinàptica, una esquerda sinàptica (o espai sinàptic), que té una amplada de 20 a 50 nm i una membrana postsinàptica.

La membrana presinàptica pertany al botó terminal i la membrana postsinàptica a la neurona diana. La membrana postsinàptica acostuma a tenir la mateixa forma que un botó axònic. El botó axònic és la part de la neurona que conté les vesícules sinàptiques carregades de substància neurotransmissora, les quals solen estar ubicades a prop dels punts de la membrana presinàptica que anomenem punts actius o zones actives. També conté sacs de reticle endoplasmàtic llis<sup>1</sup> i molts mitocondris<sup>5</sup>, que proporcionen energia per portar a terme aquesta funció sinàptica. Com podem veure en la figura 6, amb l'arribada d'un potencial d'acció, el terminal es despolaritza i s'obren els canals de calci, s'allibera el neurotransmissor a través d'una exocitosis<sup>11</sup>, travessa l'esquerda sinàptica i

activa les proteïnes receptores de la membrana postsinàptica. Aquest procés provoca un canvi electroquímic en la cèl·lula postsinàptica.

Hi ha dos propietats funcionals importants en aquests processos:

- Els impulsos nerviosos es transmeten en una sola direcció (de la cèl·lula presinàptica a la postsinàptica), per tant, són unidireccionals. Això és degut a que només la cèl·lula presinàptica allibera el neurotransmissor i només la postsinàptica és capaç d'expressar la proteïna receptora encarregada de provocar una resposta a el neurotransmissor rebut.
- La força que fa el neurotransmissor sobre la membrana post sinàptica i l'efecte que provoca en aquesta depèn de la quantitat de neurotransmissor alliberat durant la sinapsis. Les vesícules tenen una quantitat de neurotransmissor fixada pel que la quantitat alliberada de neurotransmissor dependrà del nombre de vesícules que s'hagin fusionat amb la membrana presinàptica.

Depenent dels receptors presents a la membrana postsinàptica, el neurotransmissor tindrà un efecte excitador o inhibitor.

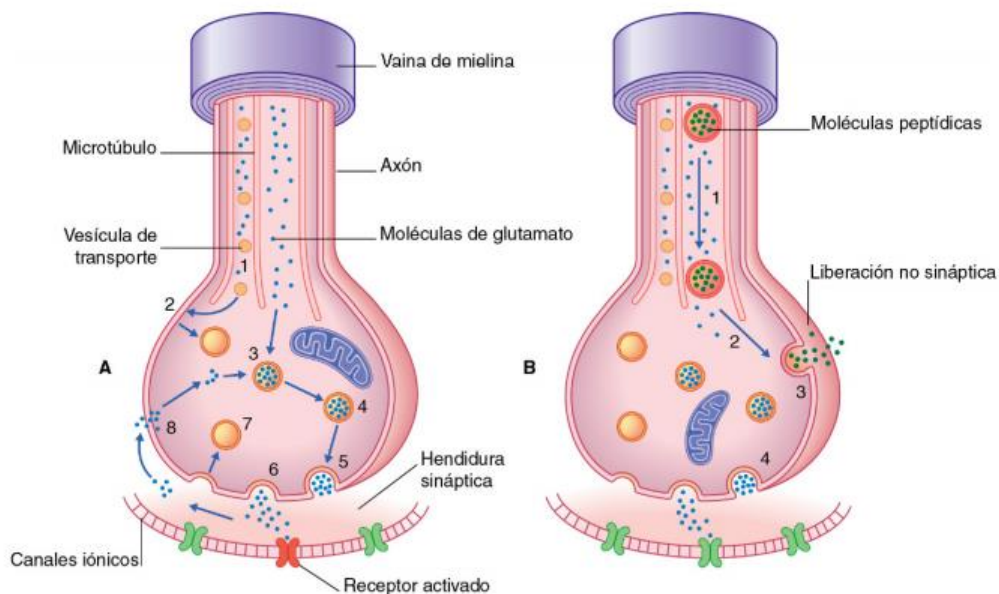


FIGURA 6. SINAPSIS QUÍMICA ENTRE NEURONES (FITZERALD 2012)

### 4.3 CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES DEL SISTEMA NERVIÓS

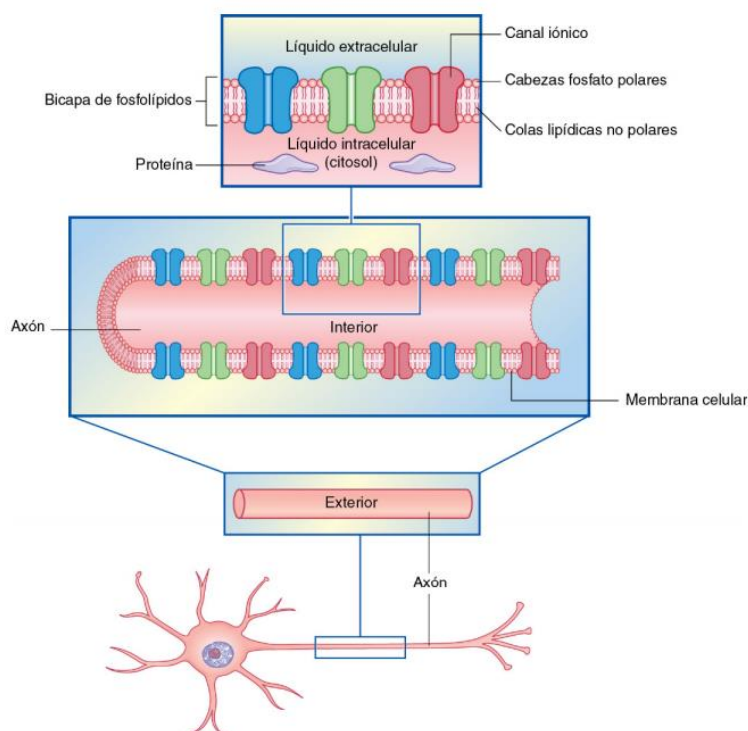


FIGURA 7. IMPULS ELÈCRIC DINS DE LA NEURONA (FITZERALD 2012)

Igual que les cèl·lules de qualsevol altre teixit del cos, les neurones contenen una membrana plasmàtica formada per una bicapa lipídica, formada per fosfolípids, amb caps fosfats polars i cues lipídiques i hidrofòbiques (figura 7). En els líquids extracel·lular i intracel·lular de la cèl·lula, formats per solucions salines aquoses, hi tenen lloc nombroses dissociacions de molècules solubles en àtoms o grups d'àtoms carregats positiva o negativament, els quals anomenem ions. Hi ha dos grups diferenciats de ions, els cations, carregats positivament i els anions, amb carrega negativa. En aquestes solucions els ions i les molècules es troben en un estat constant d'agitació i tendeixen a difondre's es a dir, moure's de zones amb molta concentració a zones amb menys concentració. A més a més de passar pels gradients de concentració mitjançant la difusió, els ions són capaços de moure's a favor de gradients elèctrics. Totes aquestes difusions estan supervisades per canals iònics.

Els canals iònics són proteïnes transmembrana amb un porus central que permet el pas de ions a través de la membrana cel·lular.

Es coneixen diferents tipus de canals:

- Canals passius: Estan sempre oberts pel que permeten el pas de ions a través de la membrana.

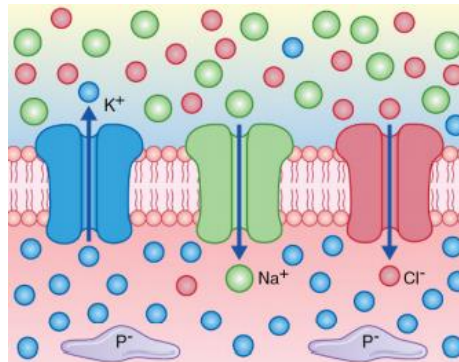


FIGURA 8: CANALS PASSIUS (FITZERALD 2012)

- Canals dependents de voltatge: Contenen una cadena d'aminoàcids sensibles al voltatge. Aquesta cadena provoca el tancament o la obertura del canal dependent del voltatge de la membrana.
- Bombes de canal: Funcionen amb energia i estan dissenyades per mantenir concentracions iòniques estables. Fan funció exportadora o importadora dependent de la situació.

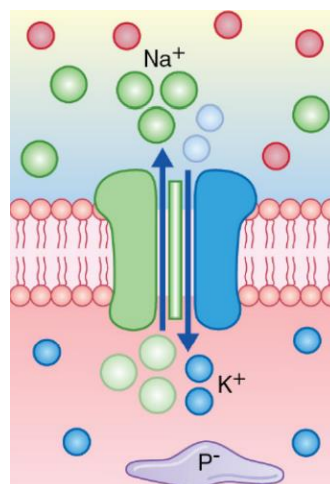


FIGURA 9. BOMBES DE CANAL (FITZERALD 2012)

- Canals dependents de transmissor: S'activen de forma indirecta o a través de molècules transmissores.
- Canals iònics de transducció: S'activen a partir d'una estimulació perifèrica.

## 5. Anatomia del sistema nerviós

Com hem mencionat anteriorment, podem dividir el sistema nerviós en dues parts: el sistema nerviós central, integrat per l'encèfal i la medul·la espinal i el sistema nerviós perifèric, format pels nervis que surten de l'encèfal i de la medul·la espinal.

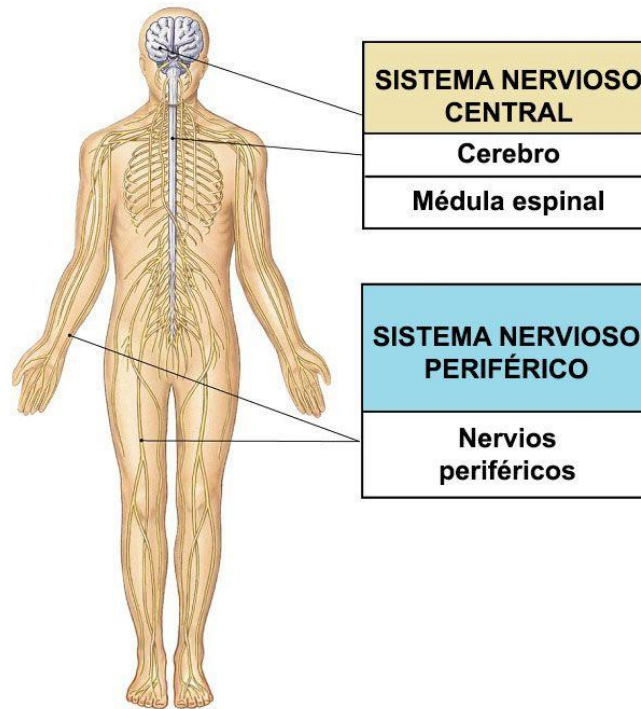


FIGURA 10. PARTS DEL SISTEMA NERVIÓS PERIFÈRIC I DEL SISTEMA NERVIÓS CENTRAL (Psicoactiva 2021)

## 5.1 EL SISTEMA NERVIÓS CENTRAL

El sistema nerviós central o SNC, està format per l'encèfal i la medulla espinal. És l'encarregat de controlar totes les funcions que tenen lloc en el cos.

### 5.1.1. L'ENCÈFAL

S'anomena encèfal a l'òrgan format pel cervell, el cerebel i el tronc encefàlic.

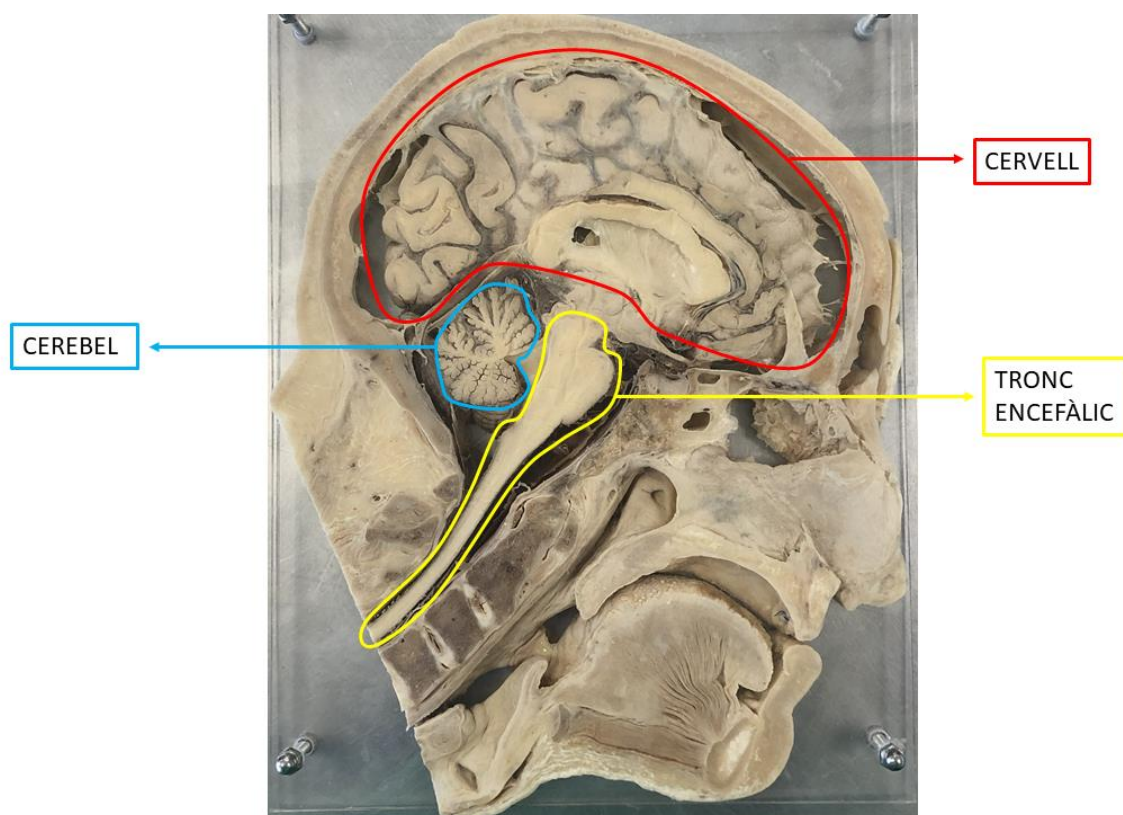


FIGURA 11. PARTS DE L'ENCÈFAL (foto presa per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament)



Aquest està recobert per les meninges, tres capes que l'envolten i el protegeixen. La més interna s'anomena Piamàter i està pràcticament enganxada al cervell. Anomenem a la segona Aracnoide per a la seva estructura de teranyina. Entre la Piamàter i l'Aracnoide podem trobar el líquid cefalorraquidi, que actua com a amortidor en els impactes perquè el cervell no pateixi danys. La més exterior s'anomena Duramàter.

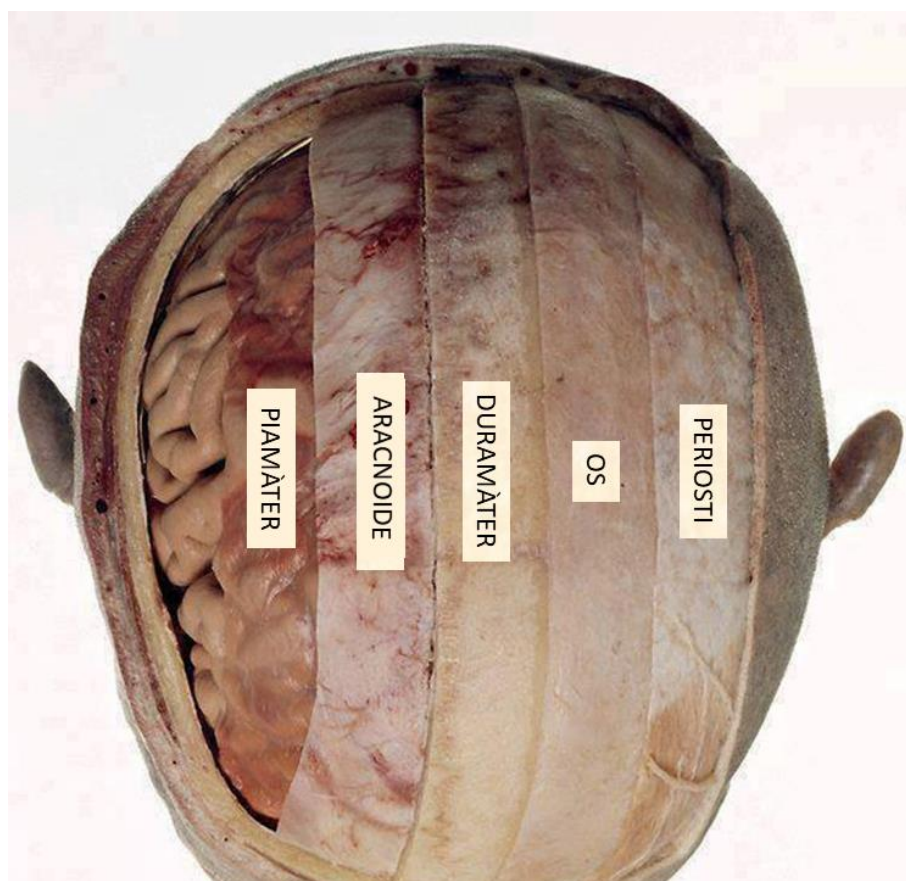


FIGURA 12. **DIPOSICIÓ DE LES MENINGES** (Sistema EDUCAPP 2020, Editada)



## CERVELL

El més conegut de les tres parts, i el que també es podria considerar com el més important és el cervell. Està format per substància gris, a les parts perifèriques, la qual està formada per somes neuronals i substància blanca a l'interior, formada pels axons de les neurones. Les seves principals funcions són regular el funcionament dels altres òrgans nerviosos, rebre sensacions i elaborar respostes conscients als estímuls que se li presenten.

En ell es poden distingir diferents parts:

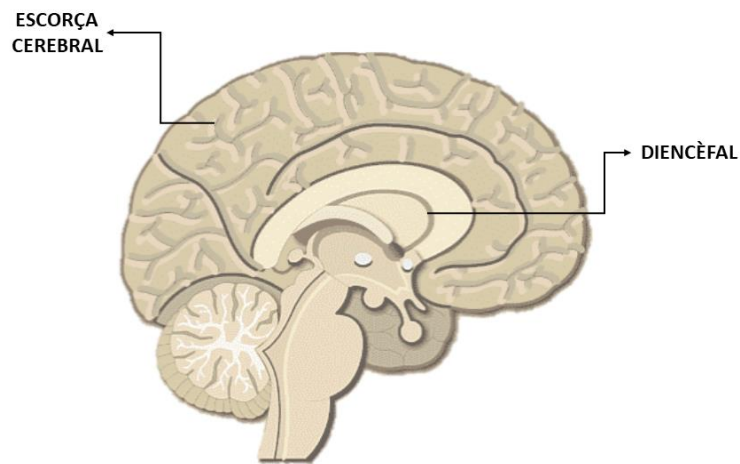


FIGURA 13. PARTS DEL CERVELL (Wikipedia Enciclopedia Libre 2021, Editada)

### L'escorça cerebral

L'escorça cerebral no té una superfície llisa i està organitzada en làmines i columnes. La seva formació varia d'una àrea a una altra, cosa que fa que hi hagi desenes d'àrees diferents. Té un gruix que varia entre dos i quatre mil·límetres, essent més fina a les àrees sensibles i més gruixuda a les motores.

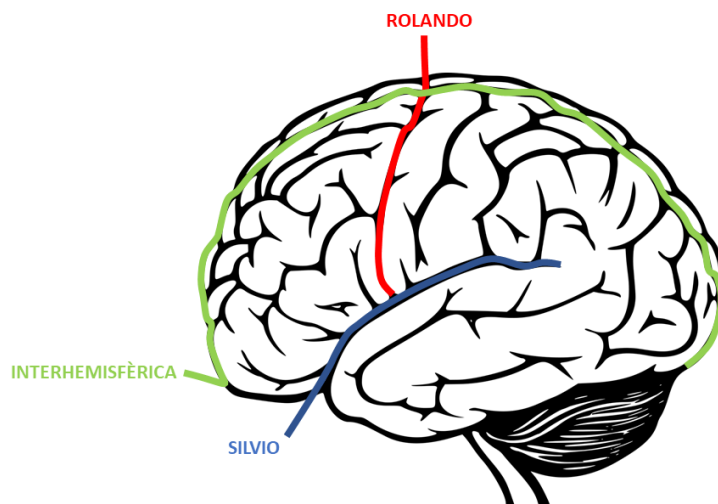


FIGURA 14. CIRCUMVOLUCIONS MÉS IMPORTANTS DEL CERVELL (Pixabay, Editada)

Anomenem a les “arrugues” que formen els plects circumvolucions, les mes importants són la cissura de Silvio, la cissura de Rolando i la cissura Interhemisfèrica (figura 14).

La cissura Interhemisfèrica és la més considerable i divideix el cervell en dos hemisferis en els quals es distingeixen subzones anomenades lòbuls. Cada un d’aquests té una funció totalment diferent i els hi dona nom l’os amb el que estan en contacte.

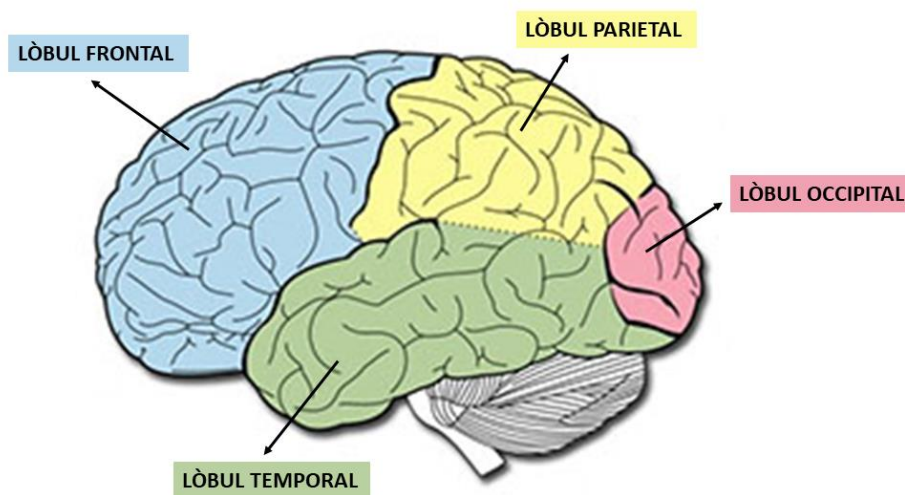


FIGURA 15. LÒBULS (Gray’s Anatomy 1918, Editada)

- Lòbul frontal: està situat per davant de la cissura de Rolando, a la part anterior del crani (figura 14 i 15). És una àrea motora, dona la capacitat de moure’s, controla gran part del llenguatge, la resolució de problemes i la capacitat de raonar.

- Lòbul parietal: el podem trobar darrere la cissura de Rolando i per sobre la de Silvio (figura 14 i 15). Aquesta àrea és l'encarregada de les percepcions sensorials externes com podrien ser la sensibilitat, el tacte, el dolor, la pressió, temperatura...
- Lòbul occipital: està situat a la part posterior del crani (figura 15). És l'encarregat de la percepció d'imatges i la memòria.
- Lòbul temporal: el podem trobar darrere de cada templa, per tant, per sota de la cissura de Silvio (figura 14 i 15). És l'encarregat de l'oïda, la coordinació i l'equilibri. Té un paper molt important en les tasques visuals complexes com el reconeixement de objectes o cares i controla gran part del llenguatge. També regula emocions i motivacions com el plaer, la ira i l'ansietat.

### El diencèfal

El diencèfal es troba a la part inferior del crani i té diferents parts.

- Tàlem: és el centre de sensibilitat general i del estat d'ànim. La seva funció és enviar sensacions a l'escorça cerebral.
- L'hipotàlem i la hipòfisis: la seva funció és regular funcions del nostre organisme com les emocions, la son, la gana i fins i tot la temperatura corporal.

## CEREBEL

Com veiem a la figura 16, podem situar el cerebel darrere el cervell. És més petit que el cervell i també porta a terme unes funcions diferents. Igual que el cervell, té substància gris a les parts externes i substància blanca a l'interior. Es diu que gràcies a la col·locació de la substància blanca i la substància gris en aquest, al mirar-lo es pot diferenciar una forma de papallona amb les ales obertes. Està format per dos hemisferis cerebel·losos i el vermis, i té la funció de processar informació d'altres àrees del cervell, els receptors sensorials i la medul·la espinal amb la finalitat d'indicar el temps exacte per coordinar els moviments del cos al caminar i realitzar altres activitats motores.

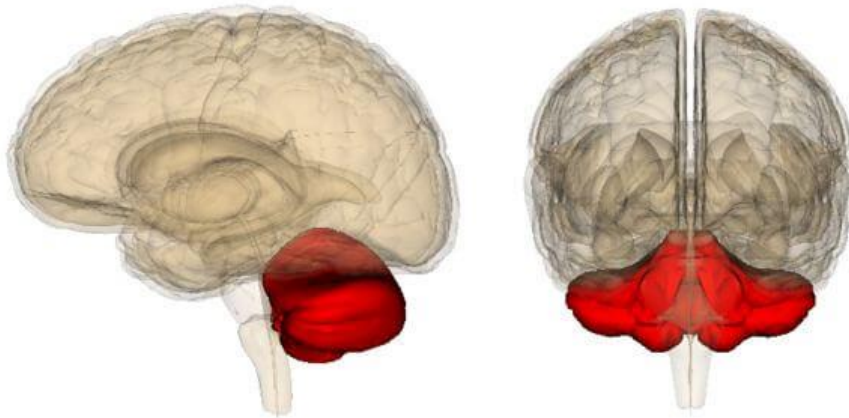


FIGURA 16. ENCÈFAL AMB EL CEREBEL REPRESENTAT EN VERMELL (Diego J. Pereira 2018)

## TRONC ENCEFÀLIC

La tercera part que forma l'encèfal és el tronc encefàlic, el qual es troba per sota el cervell. Es pot considerar que és la continuació de la medul·la a l'entrar al crani. Presenta diferents parts:

### El mesencèfal

El mesencèfal és la part més superior i regula la visió, l'alerta, l'audició i la coordinació.

### La protuberància

La protuberància actua com a via de pas entre l'encèfal i la medul·la

## El bulb raquidi

El bulb raquidi controla el funcionament del cor, la vasodilatació, la respiració, la tos... A causa d'això, una lesió al bulb pot produir la mort instantània degut a una aturada cardiorespiratòria.

### **5.1.2. LA MEDULLA ESPINAL**

Tot i ser l'encèfal molt important, no ens podem oblidar de la medulla espinal, que és l'estructura anatòmica més important de connexió entre el cos i l'encèfal. Se la podria descriure com a un cordó nerviós cilíndric el qual està tancat i protegit per les vèrtebres. Està composta per una àrea central en forma de papallona anomenada substància gris, en la que es concentren els somes neuronals i al voltant de la qual, trobem la substància blanca que està formada pels axons d'aquests somes. La medulla comença a continuació del bulb raquidi i acaba a la part lumbar de l'esquena convertint-se en una sèrie de ramificacions espinals també anomenades "cua de cavall" degut a la semblança que tenen amb aquesta (figura 17). La seva funció és ser un canal de conducció per la corrent nerviosa aferent, que condueix les sensacions cap al cervell, i eferent, que porta les respostes del cervell cap a qualsevol part del cos. Com és conegut, una lesió a la medulla pot comportar pèrdua de sensibilitat i paràlisi al cos per sota del punt on hi ha la lesió.

Participa en 4 funcions essencials per a la vida:

- 1) Rep ordres sensitives primàries de receptors com la pell, els músculs o els tendons. També en rep de receptors viscerals, les vísceres toràciques, abdominals i de la pelvis.
- 2) Conté motoneurons somàtiques, encarregades de fer que els nervis dels músculs esquelètics duguin a terme les seves funcions. També les motoneurons viscerals, que controlen el múscul llis i cardíac.
- 3) Conté fibres que influeixen sobre les neurones motores, les quals a l'activar-se, produeixen contraccions ràpides i involuntàries dels músculs esquelètics (reflexes).
- 4) Conté fibres descendents que influeixen en l'activitat de les neurones de la medulla. S'originen en el còrtex cerebral i el tronc de l'encèfal i són capaces d'alterar l'activitat de les neurones motores i sensitives espinals.

## 5.2 EL SISTEMA NERVIÓS PERIFÈRIC

La medul·la espinal i l'encèfal estan units als teixits perifèrics a partir dels nervis cranials i espinals. Aquests, estan formats per les arrels posteriors i anteriors, que s'uneixen en els seus punts de sortida del conducte vertebral (figura 17).

El nervi espinal o medul·la espinal, es divideix en les seves ramificacions posteriors i anteriors (trenta-un parells). Les posteriors arriben als músculs de la columna i la pell anterior del tronc. En canvi, les anteriors, arriben als músculs i la pell del lateral del tronc, incloent els músculs i la pell dels membres.

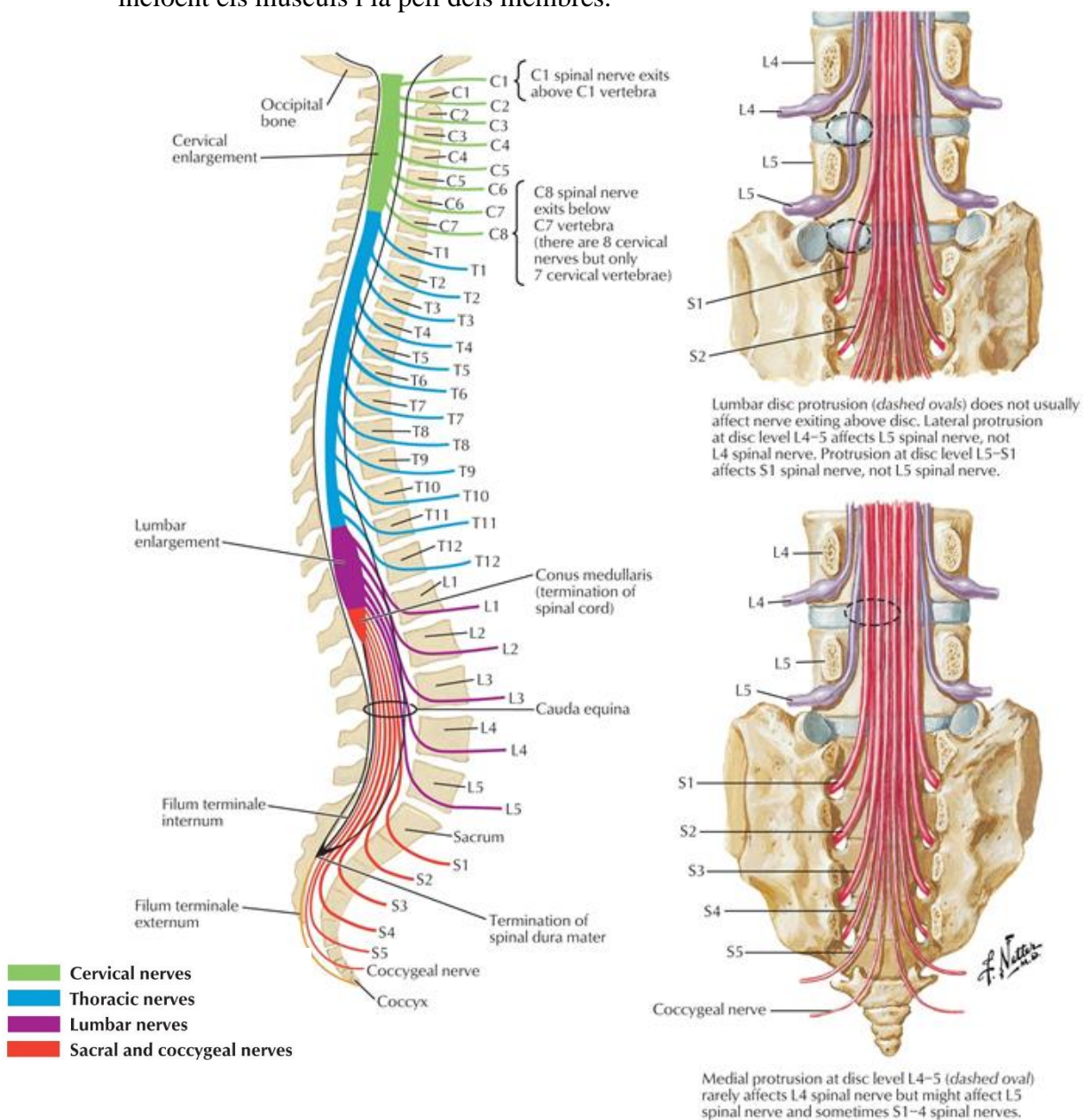


FIGURA 17: RAMIFICACIONS DE LA MEDUL·LA ESPINAL (NETTER 2019)

També trobem els 12 parells de nervis cranials els quals poden ser sensitius, motors o mixtes. Aquests emergeixen de la base del crani, a l'altura del tronc de l'encèfal, surten pels forats que té la base del crani i es distribueixen per el cap, el coll, el tòrax i l'abdomen.

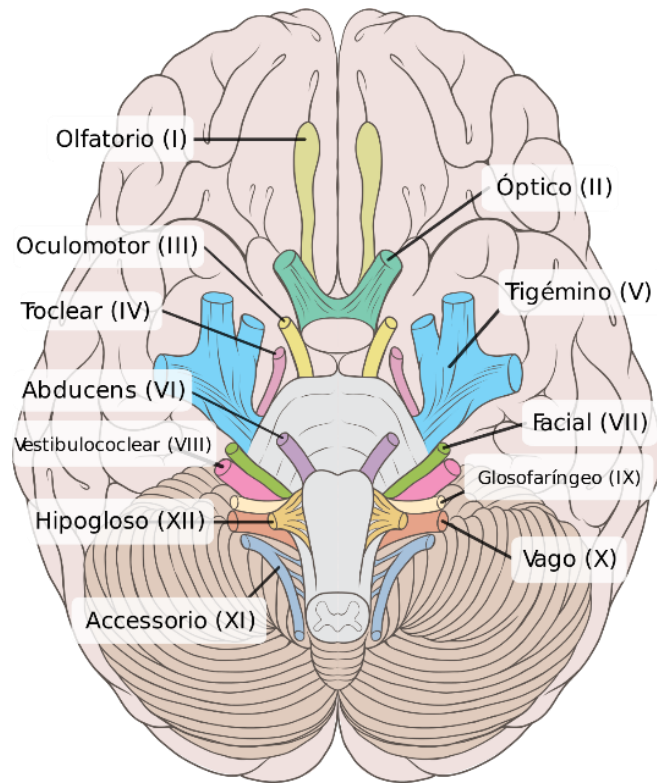


FIGURA 17. 12 PARELLS CRANIALS (Wikipedia Enciclopedia Libre 2020)



## 6. Anatomia funcional del cervell

Podem dividir l'escorça cerebral en 47 àrees diferenciades entre si. Anomenem a aquest sistema de diferenciació “mapa de referència de Brodmann” (figura 18). A la figura 18 podem veure les “àrees d'associació unimodals”, les quals tenen una funció exclusiva. Diferenciem entre aquestes les àrees motores, encarregades d'enviar instruccions als músculs, tintades de vermell i les sensibles, que recullen la informació dels sentits, tintades de blau. La resta de parts que trobem les anomenem “àrees de funció multimodal” ja que tenen funcions de diferents grups.

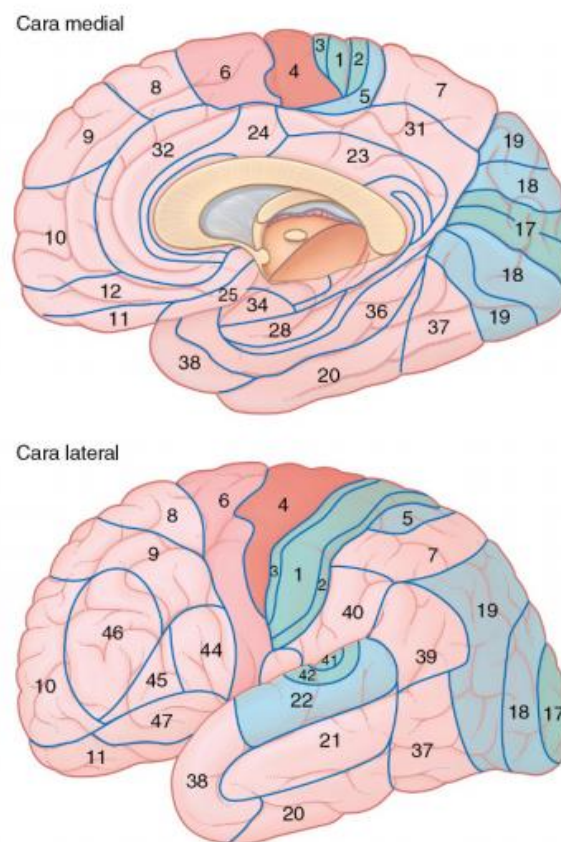


FIGURA 19. MAPA DE REFERÈNCIA DE BRODMANN (FITZERALD 2012)

Algunes d'aquestes parts són les encarregades del llenguatge, per tant una lesió que les afectés podria provocar diferents tipus d'alteracions en el llenguatge del pacient.

En les persones dretanes, un 99% dels components del llenguatge es localitzen a l'hemisferi dominant, per tant l'esquerra. En canvi, en les persones esquerranes, un 70%



es localitza a l'hemisferi esquerre, un 15% al dret i un altre 15% repartit entre els dos hemisferis. Considerant que la majoria de la població és dretana, denominem que la zona del llenguatge i els seus components es situen a l'hemisferi esquerre.

## 6.1 ÀREES FUNCIONALS DEL LENGUATGE

Hi ha diferents àrees que participen en el sistema funcional del llenguatge. S'ha de tenir en compte, que aquestes àrees correspondrien a un subjecte dretà, adult i que sap llegir i escriure. Si no fos així, la localització i fins i tot la funció de les àrees variaria.

### ÀREA DE BROCA

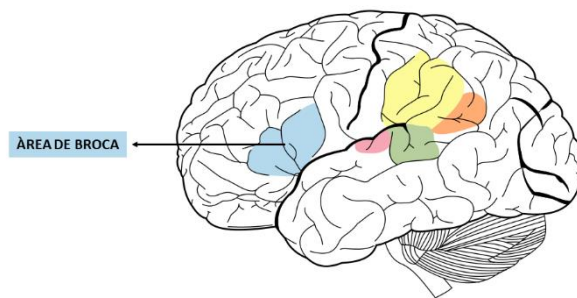


FIGURA 20. ÀREA DE BROCA (Wikipedia Enciclopedia Libre 2020, Editada)

Està situada al lòbul frontal i rep el número 44 i part del 45 del mapa de referència de Brodmann (figura 19.). Aquesta àrea és una de les més importants del sistema ja que és l'encarregada de la formulació verbal, l'expressió i comprensió d'estructures sintàctiques i el processament de verbs. Una lesió en aquesta àrea comportaria el que s'anomena Afàsia motora o Afàsia de Broca. Anomenem afàsia a un trastorn del llenguatge provocat per un dany cerebral. Les conseqüències d'aquesta serien que el pacient entendria tot el que se l'hi diu però no seria capaç d'articular paraules, només d'emetre sorolls incomprensibles.

En el nostre cas aquesta àrea és molt important ja que el pacient que veurem més endavant tenia un tumor que la comprimava.

## ÀREA DE WERNICKE

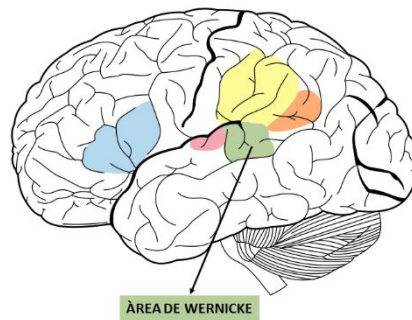


FIGURA 21. ÀREA DE WERNICKE (Wikipedia Enciclopedia Libre 2020, Editada)

Localitzem l'àrea de Wernicke al lòbul temporal i correspon a les àrees 22 i 42 del mapa de Brodmann (figura 19). És l'encarregada de la comprensió auditiva i la selecció del lèxic. Una lesió en aquesta àrea, podria comportar, com en el cas de la de Broca una afàsia. En aquest cas l'anomenaríem Afàsia sensitiva o Afàsia de Wernicke i al contrari de la de Broca (figura 20), en aquesta afecció, el pacient no entendria res del que se li diu però si que tindria la capacitat de parlar, tot i que de manera molt poc informativa i amb errors.

## CIRCUMVAL·LACIÓ SUPRAMARGINAL

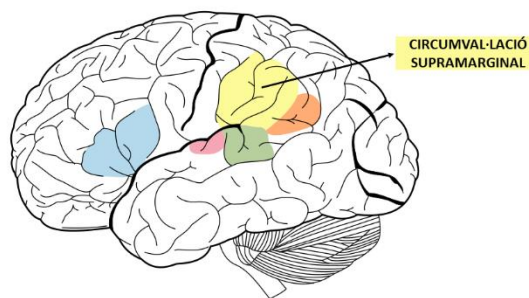


FIGURA 22. CIRCUMVAL·LACIÓ SUPRAMARGINAL (Wikipedia Enciclopedia Libre 2020, Editada)

Podem localitzar la circumval·lació supramarginal en el lòbul parietal i a la secció 40 del mapa de Brodmann (figura 19.). És encarregada de el processament de fonemes i de l'escriptura.

## CIRCUMVAL·LCIÓ ANGULAR

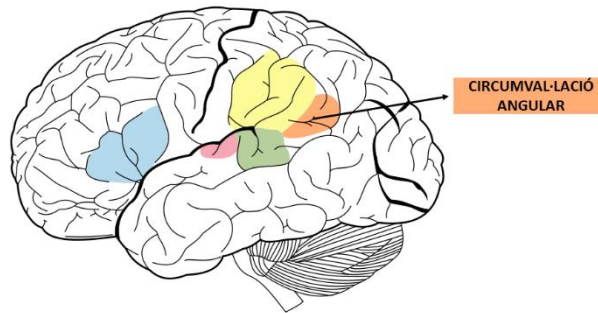


FIGURA 23. **CIRCUMVAL·LCIÓ ANGULAR** (Wikipedia Enciclopèdia Libre 2020, Editada)

La circumval·lació angular localitza en el lòbul parietal (figura 15), al costat de la circumval·lació supramarginal. Correspondria a l'àrea 39 del mapa de Brodmann (figura 19.). S'encarrega del càlcul, l'escriptura, la lectura i el processament semàntic.

## 6.2 FASCICLES

Totes les àrees estan connectades per fascicles, formats de substància blanca, axons neuronals. Els fascicles transporten la informació a les diferents àrees per acabar formant una frase correcta tant semàntica com fonèticament.

Aquests fascicles es troben als dos hemisferis. Tot i així, a l'hemisferi dominant tenen una representació i una funció més gran.

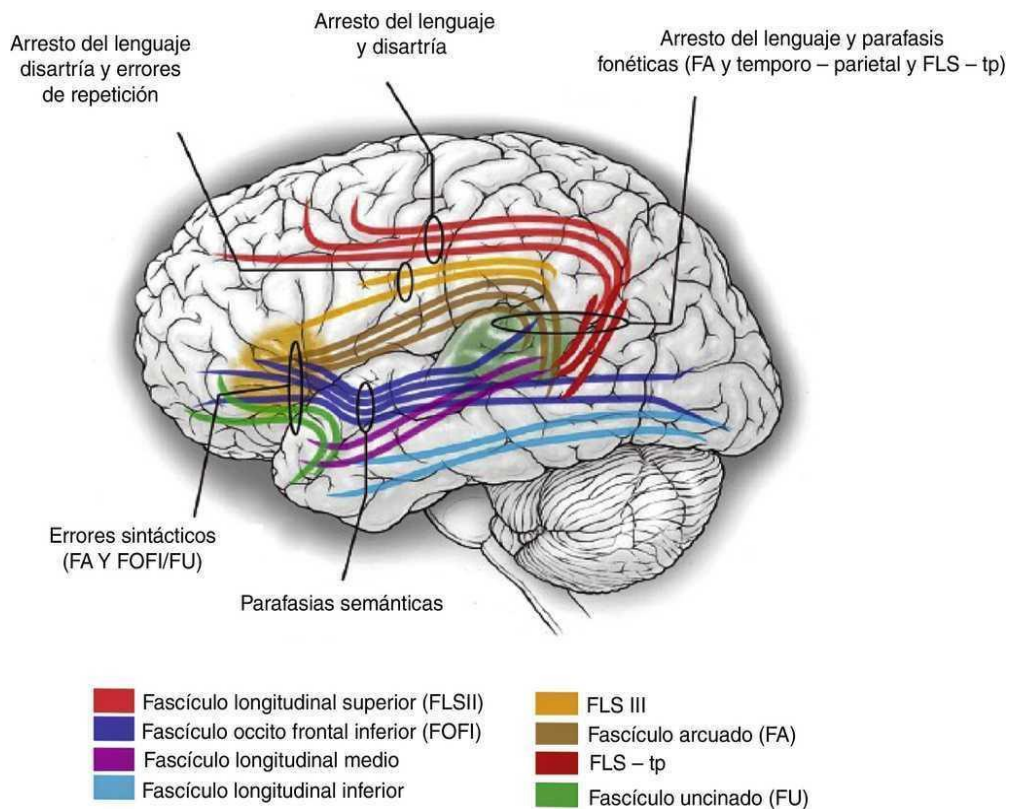


FIGURA 24. FASCICLES (Repertorio de Medicina y Cirugía Elsevier, Edward F. Chang)

### FASCICLE LONGITUDINAL SUPERIOR

Està compost per 5 parts.

- Fascicle Longitudinal Superior I
- Fascicle Longitudinal Superior II
- Fascicle Longitudinal Superior III

- Fascicle Longitudinal Superior VI o Fascicle Arquejat:  
Aquest connecta l'àrea de Broca amb la de Wernicke i conté una connexió bidireccional. És molt important en la repetició de paraules i enunciats. També és necessari en l'aprenentatge del llenguatge i en l'expressió d'aquest.
- Fascicle Longitudinal Superior V

### FASCICLE UNCLINAT

S'encarrega de la nominació de noms propis i la comprensió auditiva. Aquest connecta la zona del lòbul temporal amb el lòbul frontal.

### FASCICLE LONGITUDINAL INFERIOR

Uneix la regió occipital amb el lòbul temporal i té una funció crucial en la denominació d'objectes i la lectura.

### FASCICLE FRONTO-OCCIPITAL INFERIOR

La funció d'aquest a dia d'avui encara és poc coneguda. Tot i així es creu que participa en la lectura, l'atenció i el processament visual. Connecta el lòbul occipital amb la regió orbito-frontal.

### 6.3 FORMULACIÓ D'UNA ORACIÓ

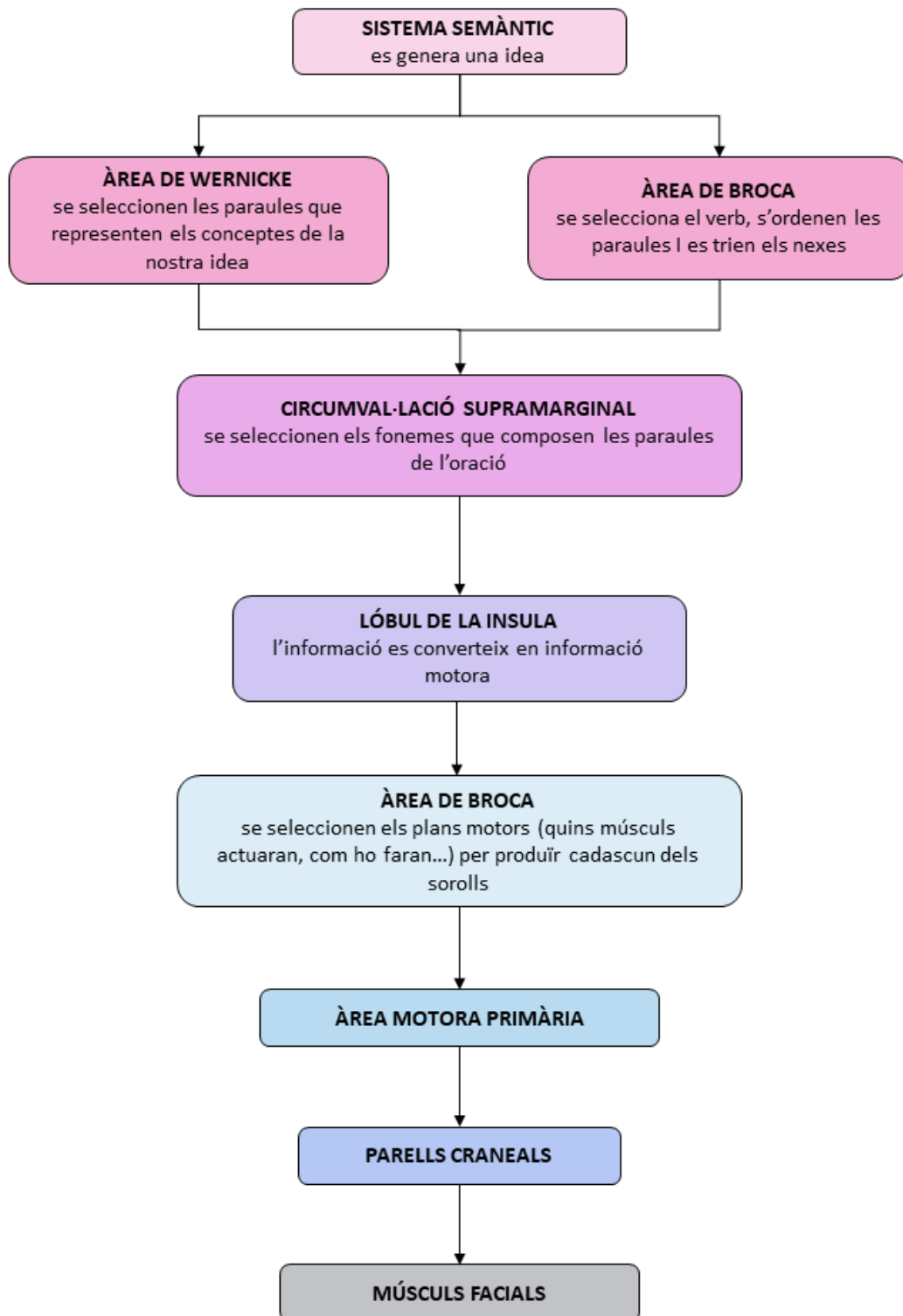


FIGURA 25. PASSOS AL FORMULAR UNA ORACIÓ (esquema fet per mi)

## 8. El càncer

El càncer és una malaltia en que unes cèl·lules de l'organisme deixen de fer la seva funció habitual i es comencen a dividir sense control afectant als teixits que tenen al voltant (figura 26). Les masses que formen aquestes cèl·lules que es multipliquen ràpidament s'anomenen tumors.

Aquests tumors però, no han de ser dolents per força, pel que els dividim entre:

- TUMORS MALIGNES: s'estenen als teixits que tenen al voltant i els poden envair. Algunes cèl·lules d'aquests tumors poden moure's a altres localitzacions del cos per mitjà de la sang i formar nous tumors en altres teixits. Al extirpar-se, aquests poden tornar a créixer. Aquest tipus de tumor es considera Càncer.
- TUMORS BENIGNES: Ni s'estenen ni envaeixen teixits del seu voltant. Solen ser bastant grans i tot i que al extirpar-se no solen tornar a créixer, un tumor benigne al cervell pot arribar a posar la vida de l'individu en perill si comprimeix àrees importants.

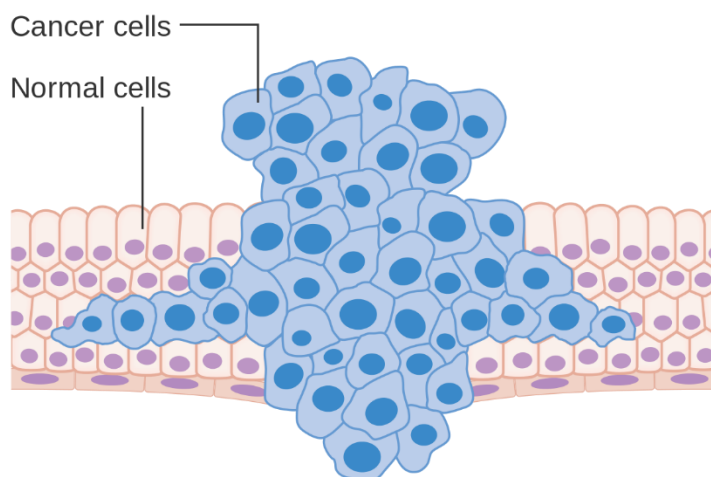


FIGURA 26. CÈL·LULES CANCEROSSES AFECTANT UN TEIXIT SA (Pngwing)

Segons la Societat Espanyola d'Oncologia Mèdica (SEOM), els tumors més freqüentment diagnosticats van ser el de mama (11.7% del total de càncers), seguit per el de pulmó (11.4% del total de càncers), colon i recte (10% del total de càncers), pròstata (7.3% del total de càncers) i estomac (5.6% del total de càncers).

En els homes el més freqüent és el de pròstata i en les dones el de mama.

## **8.1. TIPUS DE TUMORS CEREBRALS**

Diferenciem els tumors cerebrals en base el tipus de cèl·lula a partir de la qual s'origina el tumor i l'agressivitat d'aquest. Els principals tipus de tumors cerebrals en una persona adulta són:

- **ASTROCITOMES O GLIOMES:** neixen en els astròcits, segons l'escala de la OMS i el seu comportament els classifiquem en 4 graus.
  - **GLIOBLASTOMA:** és el més freqüent dels astrocitomes. Són tumors de creixement ràpid pel que provoquen un augment de la pressió intracraneal i símptomes al pacient.
- **CRANEOFARINGIOMA:** és un tumor benigne i poc freqüent. Es troben a prop de la glàndula pituïtària<sup>12</sup>.
- **EPENDIMOMA:** es localitzen a prop o dins del sistema ventricular<sup>13</sup>. Es divideixen entre 4 tipus segons el grau.
- **MEDULOBLASTOMA:** es localitzen sempre en el cerebel i tenen la capacitat d'estendre's a altres parts del sistema nerviós central.
- **MENINGIOMA:** neixen a les meninges i són molt comuns. La majoria són benignes i de creixement lent.
- **METASTÀSICS:** són tumors que neixen fora el cervell però que presenten metàstasis<sup>14</sup> en el cervell. Els tumors que solen causar metàstasis al cervell son els de pulmó i mama tot i que no son els únics que poden fer-ho.
- **OLIGOASTROCITOMES:** es componen de astròcits i oligodendròcits i són molt poc freqüents.
- **OLIGODENDROGLIOMES:** estan compostos per oligodendròcits i també són tumors molt poc freqüents.



## **8.2. FACTORS DE RISC**

Els tumors cerebrals, a diferència de molts altres, per exemple el càncer de pulmó, no té unes causes marcades però si podem trobar uns factors els quals incrementen les possibilitats de que l'individu generi un tumor cerebral en algun moment de la seva vida, són els anomenats: factors de risc.

- Factors genètics: es creu que és possible que la predisposició genètica tingui un paper en el desenvolupament dels tumors cerebrals però actualment encara no hi ha dades clares suficients com per considerar que aquests tumors siguin hereditaris. Respecte els gliomes<sup>12</sup>, es creu que el fet de que algun antecedent familiar de glioma, pot duplicar les possibilitats de patir-ne un.
- Exposició a les radiacions: les persones que han estat sotmeses a grans dosis de radiació ionitzant (radioteràpia utilitzada per tractar el càncer, radiació causada per bombes atòmiques), tenen més risc de tenir en algun moment de la seva vida un tumor cerebral. No s'ha demostrat però que les formes més comunes de radiació com la radiació per radiofreqüència del microones o els camps electromagnètics provinents dels mòbils puguin incrementar el risc.
- Altres factors de risc: el tumors cerebrals són més freqüents en els homes que en les dones, en les races blanques i en els nens.

## **8.3. INCIDÈNCIA EN LA POBLACIÓ**

Els tumors del sistema nerviós representen aproximadament l' 1.4% del total de càncers i causen el 2.6% de les morts per càncer. Aquests tenen una implicació clínica més gran en la població infantil, ja que del 20% al 30% dels nens que es moren de càncer ho fan a causa d'un tumor cerebral. En pacients majors de 40 anys són dels tumors menys freqüents.

El meningiomes són els tumors cerebrals més comuns en els adults (13-37%) acompanyats dels gliomes, que són els segons més freqüents i corresponen al 24% dels tumors cerebrals.

El 50% d'aquests gliomes, són glioblastomes, el tractament estàndard dels pacients amb glioblastoma és la cirurgia (figura 27), seguida de radiació.

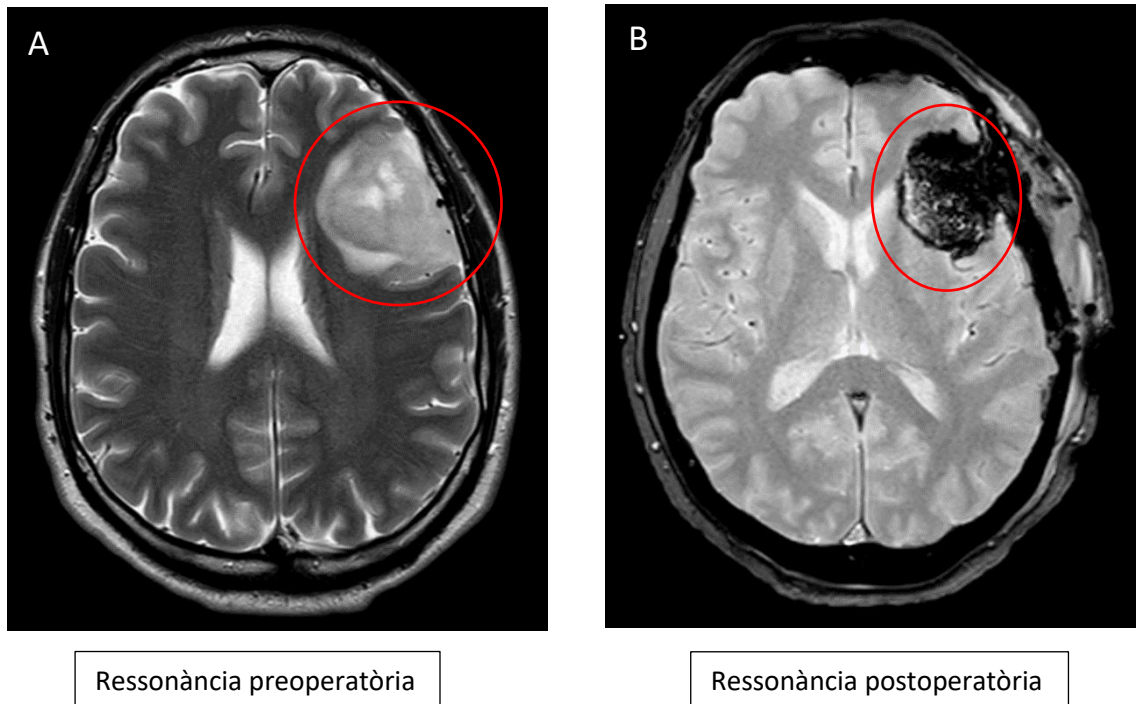


FIGURA 27. **RESSONÀNCIA MAGNÈTICA PRE I POST OPERATÒRIA** “Ressonància magnètica d’un pacient amb un glioma de baix grau abans (figura A) i després (figura B) de la cirurgia de mapping cerebral. En les que es pot veure una resecció quasi completa (del 98%) del tumor..” (Ressonància Magnètica feta a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment del pacient i de l’equip mèdic)

## 9. Què és i com es fa el mapping cerebral

En el tractament quirúrgic del càncer l'objectiu principal és extirpar tot el tumor, això però, moltes vegades no és possible quan parlem de tumors cerebrals ja que extirpar tot el tumor comportaria extirpar també àrees importants del cervell ocasionant seqüeles funcionals molt greus. És per aquest motiu que és molt important disposar d'un "mapa funcional" del cervell que guiarà al cirurgià durant l'operació permetent que pugui treure el màxim de tumor possible sense danyar les àrees funcionals essencials (les dites àrees eloqüents). Quan l'àrea que volem avaluar és la del llenguatge, per fer el mapa es necessita que el pacient estigui despert i parli durant la cirurgia, d'aquesta manera estimulant el cervell mentre el pacient parla podrem detectar les zones del llenguatge i evitar-les. Anomenem a tot aquest procés Mapping Cerebral.

L'estimulació elèctrica directa cortico-subcortical intraperatòria ha resultat ser la més precisa i fiable per elaborar els mapes funcionals. Aquesta es realitza a temps real i permet localitzar les funcions cognitives durant la cirurgia. L'estimulació elèctrica directa consisteix en l'aplicació d'estímuls elèctrics directes al cervell. S'apliquen mitjançant un Electrode bipolar de 5mm amb corrent bifàsica. Aquest té una freqüència de 60Hz i emet estímuls amb una duració de entre 1 i 2 segons. Aquests poden generar una resposta tant positiva com negativa, pel que és important que es facin en coordinació amb els test neuropsicològics. Els estímuls s'inicien a baixa intensitat i aquesta s'augmenta gradualment fins a obtenir un efecte o crisis.

Com podem veure a la figura 28, durant els episodis de crisis podem veure diferents tipus de reaccions en la parla del pacient:

- Speech arrest: el pacient talla el discurs sobtadament, deixant de parlar.
- Parafàsies semàntiques: l'individu canvia el nom d'una paraula
- Parafàsies fonètiques: el pacient canvia els fonemes d'una paraula
- "Switching": succeeix un canvi sobtat d'idioma
- Trastorn de comprensió: l'individu no entén el que se li diu
- Confusió
- Disàrtria: el pacient no vocalitza be



ESTÍMUL	RESPOSTA
Nen abraça a la nena	El nen dona coces a la nena... Vull dir, l'està abraçant
Nena estira al nen	.... la nena es perseguida pel nen
Nen gronxa nena	(...) La nena...està bromejant...Està...apretant al nen
Nena renta nen	...la nena està banyant-se

FIGURA 28. **CRISIS A CAUSA D'ESTÍMULS** "Exemples de crisis al estimular una zona essencial en una operació de mapping cerebral. (exemples registrats durant una operació a l'hospital Josep Trueta i utilitzats amb el consentiment del pacient i de l'equip mèdic)

A partir de diferents estudis s'ha demostrat que aquesta tècnica permet una reducció dels dèficits neurològics permanents tot i realitzar reseccions<sup>22</sup> més amples (figura 29). Amb això aconseguim una millora considerable de la qualitat de vida del pacient.

	ISM	NO ISM
DEFICIT NEUROLÒGIC PERMANENT	3,4 %	8,2%
RESECCIÓ COMPLETA	75%	58%

FIGURA 2. **INCIDÈNCIA DE DEFICIT NEUROLÒGIC PERMANENT I DE RESECCIÓ UTILITZANT DIFERENTS MÈTODES DURANT L'OPERACIÓ** "Incidència de dèficit neurològic i de resecció en operacions on es du a terme el mapping cerebral (ISM) i en operacions en que el mapping cerebral no es du a terme (NO ISM)" (J. Clin Oncol. 2021 – Impact of Intraoperative Simulation Brain Mapping on Glioma Surgery Outcome: A Meta-Analysis.)

Tot i així l'operació consta d'unes limitacions o inconvenients. El mapeig pot perllongar el temps operatori, pel que hi ha un risc de generar crisis epilèptiques intraoperatories.

Com totes les operacions és una tècnica invasiva. Requereix la col·laboració del pacient, pel que els dèficits “preoperatoris” d’aquest han de ser mot lleus o pràcticament nuls. Això també fa que es requereixi d’una preparació prèvia del pacient.

## **9.1 ANESTÈSIA**

En les operacions de mapping l’anestèsia té un paper molt important ja que s’ha d’anar variant per permetre que el pacient estigui dormit en segons quines parts de l’operació i despert en les parts que es requereixi de la seva col·laboració.

Es comença l’operació amb anestèsia general, com que amb l’anestèsia general s’utilitzen fàrmacs que seden i relaxen la musculatura cal controlar mecànicament la respiració del pacient, això es pot fer amb intubació oro traqueal (IOT) (figura 28.) o amb mascareta laríngia. Si s’utilitza la intubació oro traqueal, quan sigui el moment no es podrà tallar la duramàter fins que el pacient estigui despert. Això és degut a que al retirar el tub oro traqueal, el pacient podria tenir tos i al estossegar el cervell podria xocar contra el forat d’os i danyar-se. En el cas de la mascareta laríngia no hi ha aquest problema ja que al treure aquesta no pot provocar tos.

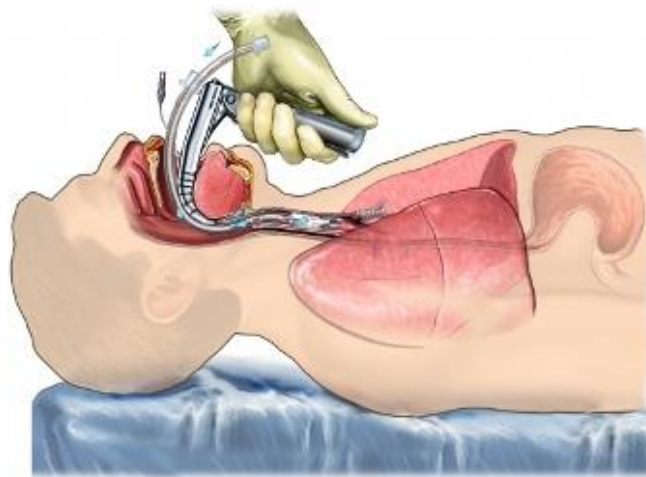


FIGURA 30. INTUBACIÓ ORO TRAQUEAL (Nucleus Medical Media, Inc.)

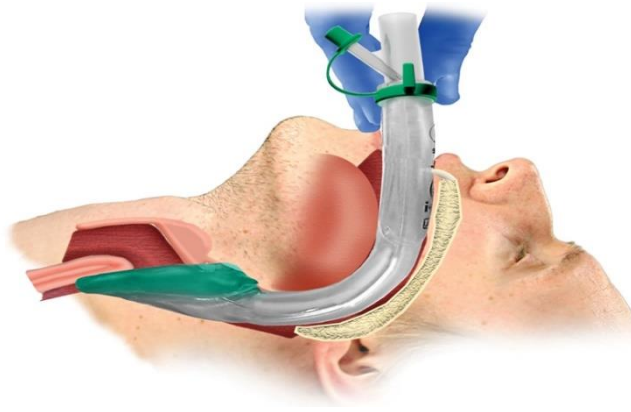


FIGURA 31. MASCARETA LARÍNGEA (OTEC Innovares)

Al mateix temps s'administra anestèsia local per adormir el cuir cabellut a les zones on es posaran els claus que fixaran el crani del pacient. A més a més també se subministra anestèsia local a la zona on es farà la craniotomia<sup>19</sup> ja que tot i que el cervell no té sensibilitat el periosti<sup>15</sup>, la dermis ( cuir cabellut) i el múscul (situat entre el periosti i la dermis) sí.

Al despertar al pacient es talla el subministrament de Propofol (sedant) que s'utilitza per ajudar al pacient a relaxar-se, i el Remifentanil (analgèsic) que s'utilitza per tractar o prevenir el dolor durant i després d'una cirurgia. La Dexmedetomidina que té un efecte sedant i analgèsic sobre el pacient, es manté en baixes dosis, pel que l'individu està conscient.

Un cop fet el mapping, es torna a l'anestèsia general amb mascareta laríngia o IOT fins al final de la cirurgia.

## **PART PRÀCTICA**

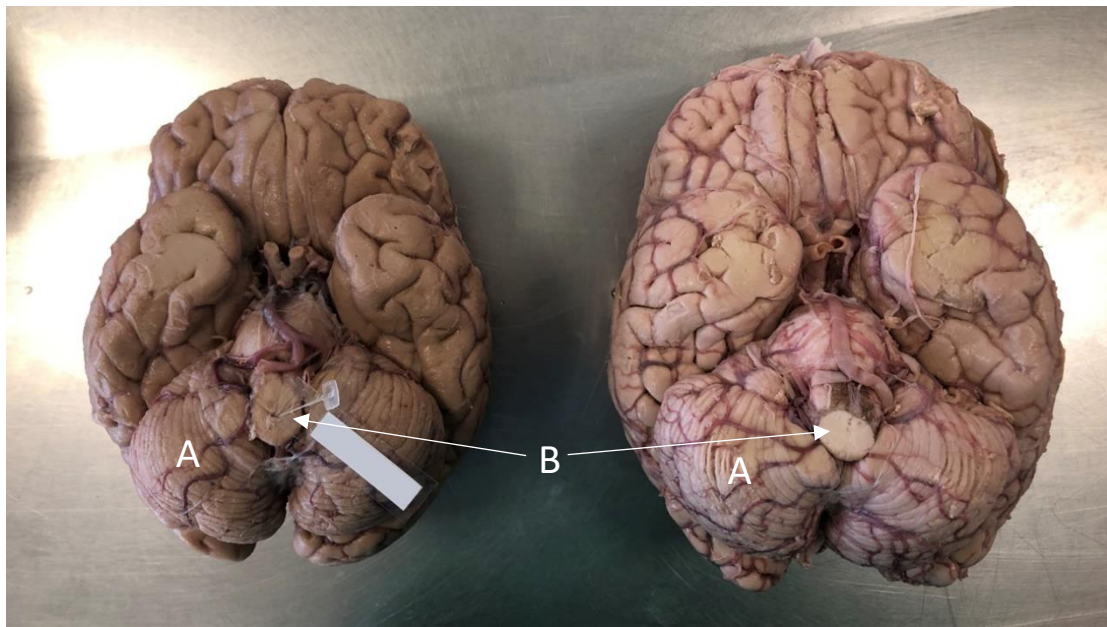
### **10. VISITA AL DEPARTAMENT D'ANATOMIA**

L'anatomia ha estat una de les parts que més m'ha agradat des del començament del treball. És per això, que mentrestant estudiava la part d'anatomia de l'encèfal i la medul·la espinal, cansada de tenir només llibres de referència, imatges i dibuixos, vaig començar a pensar una alternativa que em permetés veure en primera persona i poder experimentar amb el que portava estudiant feia dies. Em vaig posar en contacte amb el Dr. Francisco Reina i la Dra. Anna Carreras, els quals em van obrir les portes al departament d'anatomia de la facultat de Medicina de la Universitat de Girona.

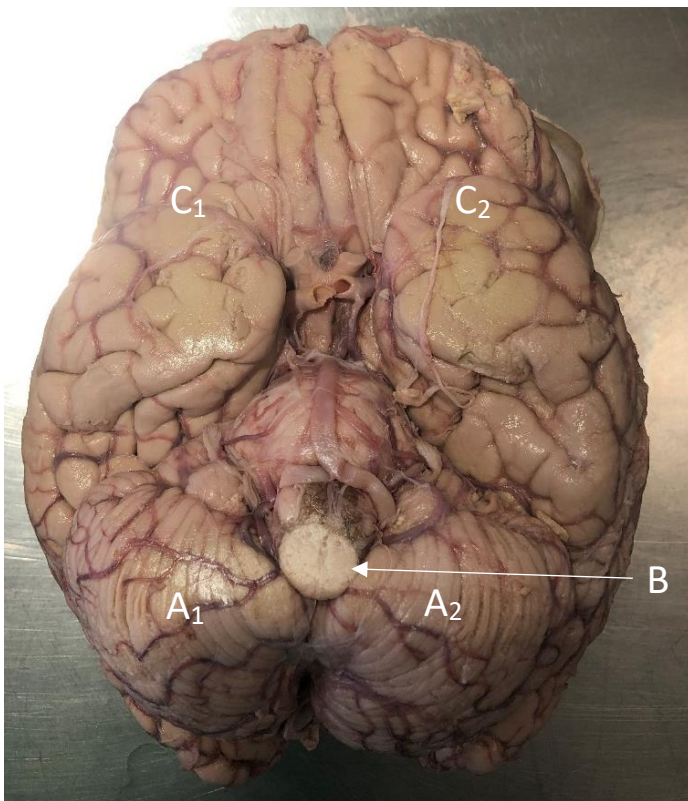
El 12 de juliol, al matí vaig dirigir-me a la UdG, on em va rebre la Míriam Hidalgo. Al arribar estava preparant un cadàver, el qual tenia una incisió a l'esquena que permetia veure les ramificacions del nervi espinal (figura 17). Em va ensenyar les instal·lacions, on hi havia diferents estudiants de medicina que hi havien anat a fer disseccions, i després, vam anar a la sala on tenien les preparacions. Vam agafar uns tancs omplerts amb formol on hi havia diferents mostres d'encèfals. Amb l'ajuda de la Míriam, els vam treure i els vam posar en una palangana que vam omplir d'aigua per treure l'excés de formol. Al cap d'una estona en remull, vam agafar els encèfals i els vaig poder mirar i tocar amb un llibre d'anatomia davant, fent això vaig poder situar molt millor les parts de l'encèfal i les àrees del llenguatge.

Les fotos de les preparacions:

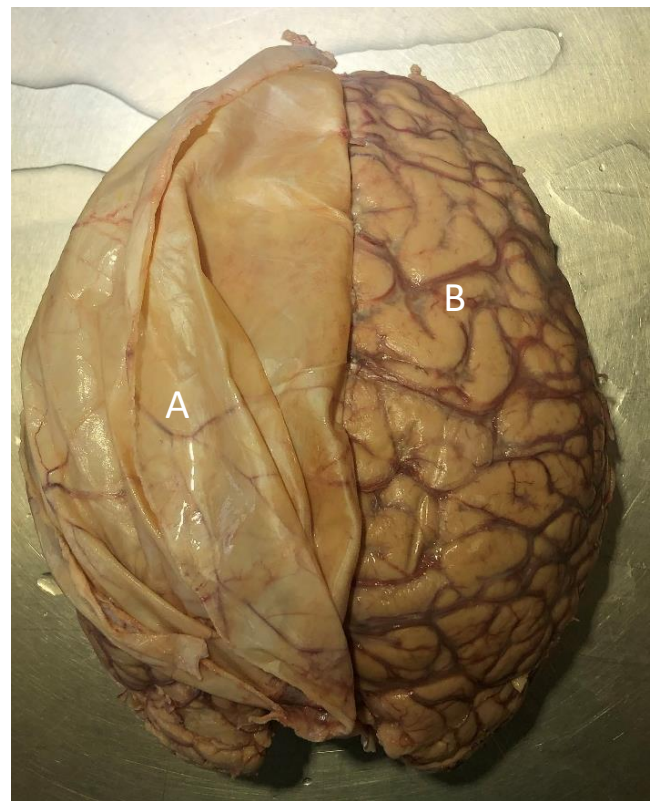




**FIGURA 32. VISTA INFERIOR DE DOS ENCÈFALS** “Vista inferior de dos encèfals en els quals es pot diferenciar el Cerebel (A), el començament del Tronc encefàlic (B) i podem diferenciar els dos hemisferis cerebrals. (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d’Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).



**FIGURA 33. VISTA INFERIOR D’UN ENCÈFAL**  
 “Fotografia d’un encèfal des de una vista inferior en la que podem diferenciar els dos hemisferis cerebel·losos del Cerebel (A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub>), el començament del Tronc Encefàlic (B) i es poden diferenciar els dos hemisferis del Cerebel (C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub>).  
 (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d’Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

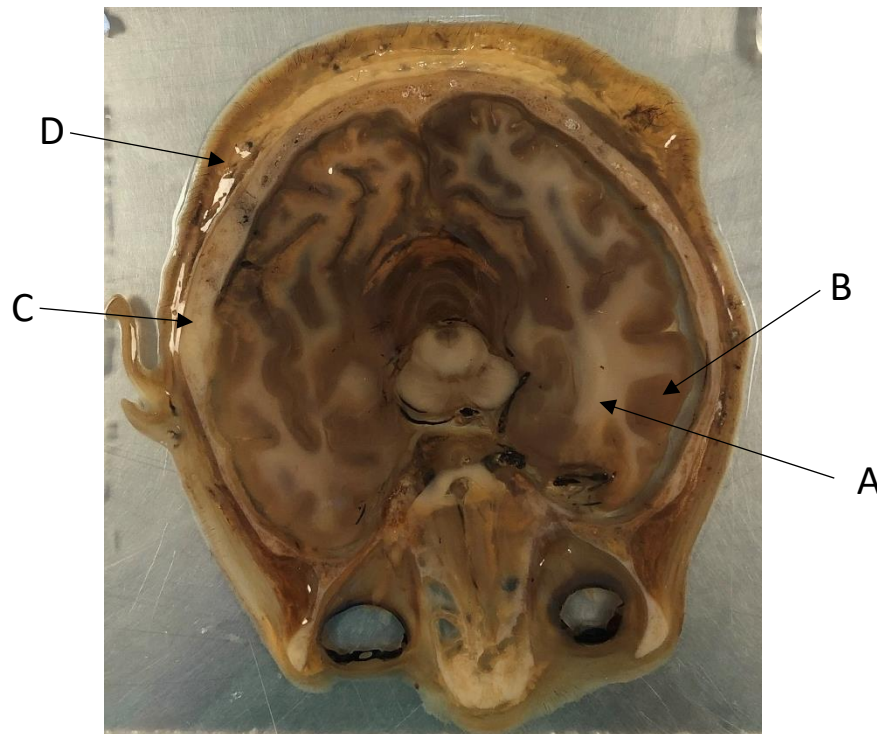


**FIGURA 34. VISTA SUPERIOR D’UN ENCÈFAL**  
 “Fotografia feta des d’una vista superior a un Encèfal que encara conserva la Duramàter (A). A la fotografia es pot veure l’hemisferi esquerre del Cerebel (B). (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d’Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).



Amb l'ajuda de la Dra. Anna Carreras i el Dr. Francisco Reina vaig aconseguir localitzar les parts ja estudiades i entendre el funcionament i la relació d'aquestes.

A més a més vaig poder veure preparacions que tenien ja fetes en làmines, en les que vaig poder veure molt clarament la substància blanca i la substància gris (figura 35). En una d'aquestes es podia veure un hemisferi més petit probablement a causa d'una malaltia neurodegenerativa (figura 37).



**FIGURA 35. LÀMINA D'UNA SECCIÓ AXIAL CRANIAL** "Fotografia en la que es pot veure una secció axial d'un crani i que ens permet diferenciar molt fàcilment la substància blanca (A) i la substància gris (B) que en aquest cas es veu d'un color marronós. També es poden veure l'os (C) i el Cuir cabellut (D) diferenciats. (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

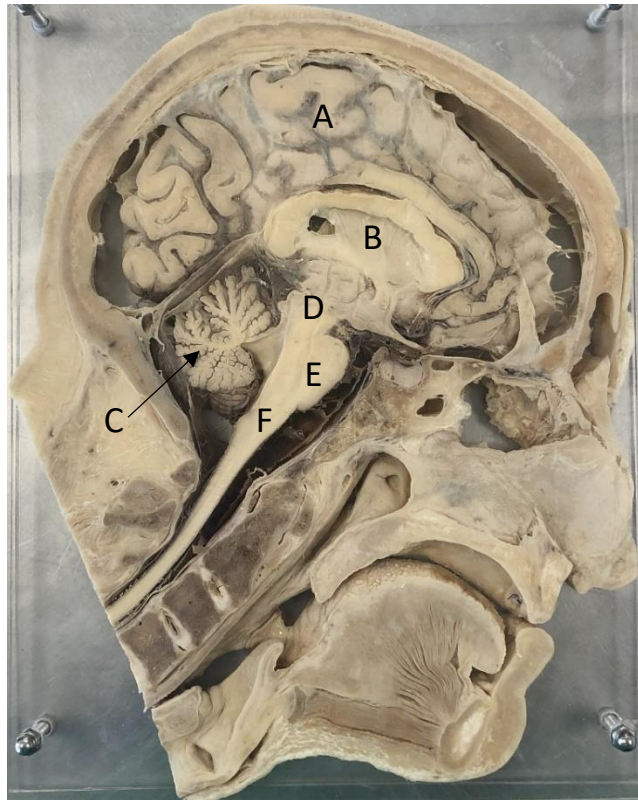


FIGURA 36. LÀMINA D'UNA SECCIÓ TRANSVERSAL CRANIAL “Fotografia en la que es pot veure un crani tallat transversalment i que ens permet veure l'Escorça Cerebral (A), el Diencèfal (B), el Cerebel (C), el Mesencèfal (D), la Protuberància (E) i el Bulb raquídi (F). (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

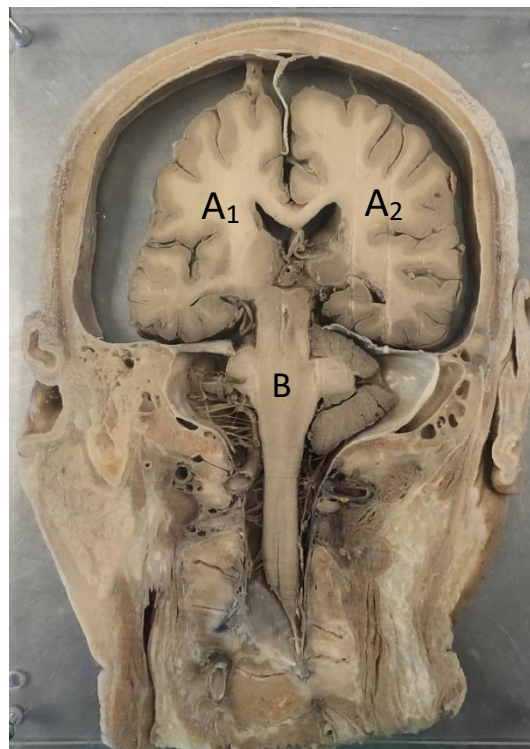


FIGURA 37. LÀMINA D'UNA SECCIÓ FRONTAL CRANIAL “En la fotografia podem veure la secció frontal d'un crani en el que es pot diferenciar el cervell i els seus dos hemisferis (A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub>). Un dels hemisferis (A<sub>1</sub>) és més petit, segurament a causa d'una malaltia neurodegenerativa. També podem veure el Tronc encefàlic (B). (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

També vaig poder veure preparacions de seccions cranials per poder entendre la col·locació dels diferents òrgans dintre el crani.



FIGURA 38. SECCIÓ SAGITAL D'UN CRANI "Fotografia en la que veiem una secció sagital d'un crani la qual ens permet diferenciar i veure la col·locació de l'Escorça cerebral (A), el Diencèfal (B), el Cerebel (C), el Mesencèfal (D), la Protuberància (E) i el Bulb Raquídi (F). (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

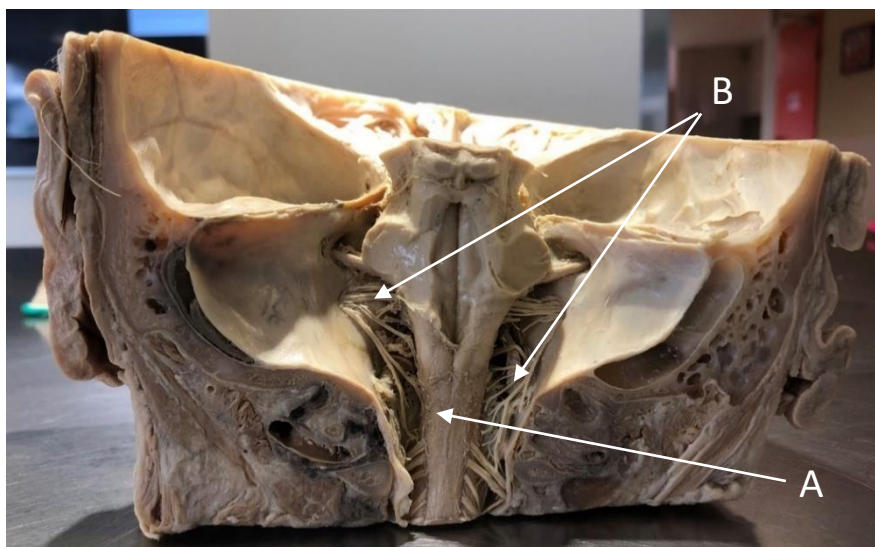


FIGURA 39. SECCIÓ DE LA PART INFERIOR DEL CRANI "Secció en que es pot veure la Medul·la espinal (A) i les ramificacions que surten d'aquesta (B). (Fotografia feta per mi durant la visita al Departament d'Anatomia de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona i utilitzada amb el consentiment del Departament).

Posteriorment, també vaig poder observar i parlar amb alguns estudiants que estaven allà fent disseccions tant de mans, com de pulmons, com d'embrions.

Va ser una experiència molt enriquidora tant personalment com de cara al treball, ja que vaig poder veure materialitzats tots els conceptes que tenia al cap.

## 11. ESTADA A L'HOSPITAL

Al acabar la part teòrica vaig anar a l'hospital Josep Trueta de Girona a fer el seguiment d'un pacient amb un tumor cerebral a l'hemisferi esquerre, que afectava a les àrees de la parla.

### 11.1. CAS CLÍNIC DEL PACIENT

#### Motiu de consulta

Home de 49 anys ingressa per intervenció quirúrgica el dia següent de craniotomia per exèresi glioma frontal esquerre amb mapeig cerebral despert. Presenta cefalàlgia<sup>23</sup>.

#### Antecedents personals

Somàtics:

- No hi ha al·lèrgies medicamentoses conegudes
- Síndrome de còlon irritable
- Crisis epilèptiques parcials complexes en tractament (levetiracetam 500mg/12h)

Tòxics:

1. Tabac: fumador de 15-20 cig/dia, mai abstinent
2. OH: Trastorn per ús d'alcohol d'anys d'evolució. Abstinència des d'Abril 2021. 2 anys sense consumir, recaiguda darrers mesos amb ingrés a psiquiatria voluntàriament per deshabitació de nou, actualment sense consum.

Psiquiàtrics:

- Familiars: mare amb trastorn d'ansietat en tractament farmacològic
- Personals: Síndrome ansiós depressiu, trastorn d'ansietat amb crisi de pànic i agorafòbia juntament amb patró de fòbia social. Ha rebut medicacions pel TDAH (Trastorn de dèficit d'atenció e hiperactivitat) i pel TAB (Trastorn afectiu bipolar).

Tractament actual:



- Sertralina 150mg 1-0-0 (antidepressiu)
- Mirtazapina 15mg 0-0-1 (antidepressiu)
- Keppra 500mg 1-0-1 (antiepilèptic)

### Malaltia actual

Arrel d'episodis de desconexió i despersonalització des del CAP se sol·licita Tomografia Computeritzada cranial que informa de lesió cortico-subcortical frontal esquerra aconsellant Resonància Magnètica (RM) per completar estudi.

RM: Lesió frontal esquerra ocupant d'espai que és compatible amb un glioma de baix grau.

Durant l'últim mes 5 episodis de possibles crisis sensorials ja descrites prèviament.

### Exploració física

Hemodinàmicament<sup>20</sup> estable. Orientat. Pupil·les isocòriques<sup>16</sup> i normoreactives. Sense dolor. Es mostra neguitós. Autònom. No presenta afectacions del llenguatge ni dèficits sensitius i motors. Sense dolor.

### Exploració complementària

Ressonància magnètica preoperatòria. ( 31/01/2021):

Estudi RM de crani que mostra una lesió infiltrativa córtico-sucbortical frontal esquerra. Per les seves característiques caldria considerar com a primera opció un tumor glial de grau baix/intermig, sense poder descartar altres opcions.

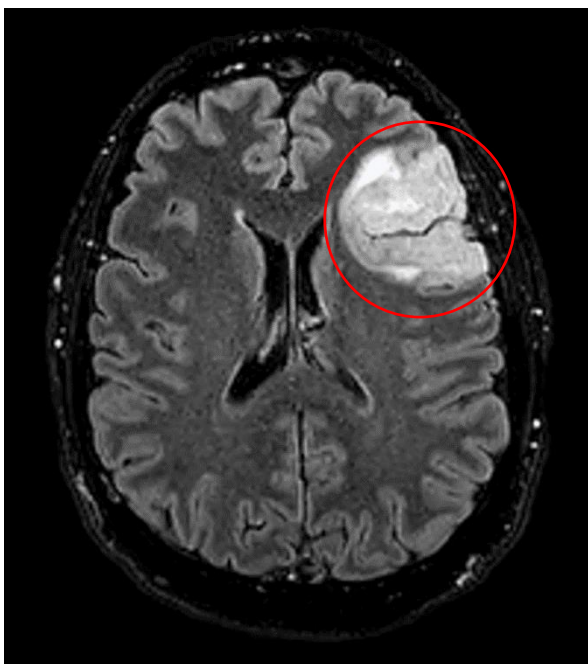


FIGURA 40. **RESSONÀNCIA MAGNÈTICA** “Ressonància Magnètica cranial que mostra un tumor a la zona frontal esquerra”  
(Ressonància Magnètica feta a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment del pacient i de l’equip mèdic)

### Orientació diagnòstica

Possible glioma de baix grau frontal esquerra.

### Evolució

Es considera quirúrgic, entra a llista d’espera per operar amb mapping despert. Es deriva a Neuropsicologia per fer la primera visita control. Es manté medicació amb Levetiracetam.

Valoració del neuropsicòleg :

És dretà però podria tenir cert component ambidextre. Tributari a mapeig cerebral.

## 11.2. ESTADA A L'HOSPITAL

El primer dia que vaig anar a l'hospital, el Dr. Jordi Gich em va explicar com seria l'operació, què faríem i com es duria a terme el mapping. Amb ell és on vaig entendre que el mapping cerebral és un procediment en el qual hi tenen lloc més aspectes a part de l'operació. La clau de l'èxit en aquest tipus d'operacions és una bona selecció del pacient. Per tant, es podria considerar que "l'operació" comença fora del quiròfan, durant la selecció. L'individu ha de passar per una consulta durant la qual el neurocirurgià considera si el tumor és operable basant-se en la zona on es troba i les funcions perjudicades. Si es considera apte es deriva al neuropsicòleg (en aquest cas el Dr. Gich). Aquest, té un paper molt important en aquest tipus d'operacions en que una bona tria del pacient es fonamental. El neuropsicòleg s'encarrega de comprovar que el pacient té un bon domini del llenguatge, una bona comprensió i que no té dèficits lingüístics ni de la parla.

El següent dia que hi vaig anar, el 12 d'Agost, ja vam començar el preoperatori anant a veure el pacient, que acabava d'ingressar aquell mateix dia. Amb el Dr.Gich, li vam realitzar els tests que li faríem durant la cirurgia per assegurar-nos que no cometia errors.

Els tests han de ser assequibles per a tot tipus de persones, independentment dels estudis que tinguin. L'hi vam realitzar 3 tests:

- A. Test DO 80 (Fet per el Dr.Duffau): Es tracta d'un test en que s'han d'anomenar coses de la vida quotidiana com un sofà, una pinta o una poma. Aquest test es fa en l'idioma matern i social del pacient. En cas que siguin diferents, com podria ser Català i Castellà, es fa en els dos idiomes.



FIGURA 41. **DO80** "Exemple d'una de les 80 pantalles del test DO 80" (Test fet per el Dr.Duffau)



B. Anomenar animals, esports, grups de música....: Es demana al pacient que vagi enllistant noms del tema escollit.

TEMA					
esports	atletisme	tennis	futbol	basquet	golf

C. Nom/verb: Es diu un nom a l'individu i aquest ha de relacionar-ho amb un verb.

<b>NOM</b>	llapis	pilota	got	samarreta	cadira	llibre
<b>VERB</b>	dibuixar	xutar	beure	vestir-se	seure	llegir

El pacient no mostrava símptomes de disàrtria<sup>24</sup> ni cometia parafàsies fonètiques<sup>25</sup> ni semàntiques<sup>26</sup>.

També vam explicar al pacient la seqüència d'esdeveniments que tindrien lloc durant l'operació perquè se sentís més còmode i segur. És normal que en aquest punt (el dia abans de l'operació), el pacient se senti insegur i tingui por o respecte pel que passarà el dia següent. Durant la visita, el pacient va mostrar molt interès i va demanar molts dubtes que tenia, com si s'enrecordaria de la cirurgia posteriorment, si podria fumar després d'aquesta o quant de temps s'hauria de passar a l'hospital.

El dia 13 d'Agost, vaig arribar a l'hospital molt d'hora, ja que era el dia de l'operació. Em va rebre el Dr. Pablo Benito i a les 9am ens vam dirigir cap a quiròfan. El pacient ja estava allà i els anestesistes l'estaven intubant. Amb el Dr. Benito vam fer un repàs de l'operació per tal que jo pogués estar atenta i entendre què feien en cada moment.

L'operació en si, constava de quatre fases diferents, en dues d'aquestes el pacient estava despert i en les altres dues adormit.

Quan vam entrar al quiròfan, els neurocirurgians, amb l'ajuda dels anestesistes, les infermeres i els zeladors, van col·locar el pacient, ja adormit. Cada pacient es col·loca diferents segons la zona on hi hagi el tumor. En aquest cas, al ser a l'hemisferi esquerre s'havia de posar de costat. Cal buscar una posició còmoda pel pacient ja que és important que estigui tant còmode com sigui possible quan es desperti. Si fos una operació en que el pacient estigues adormit tota l'estona, buscar una posició còmode no seria tan necessari.

Al tenir al pacient ben col·locat van començar a immobilitzar el cap. És important aquest pas ja que sinó el pacient podria espantar-se i moure's al despertar i provocar danys molt greus al cervell. Van fixar el cap amb una estructura, la qual es clavava al crani amb tres claus. En la zona on anaven aquests clavats, l'anestesia hi va subministrar anestèsia local, perquè el pacient no els notés al despertar-se.

A partir d'aquest punt es van diferenciar dues zones separades per un plàstic:



FIGURA 42. **ZONES EN EL QUIROFAN** “El quiròfan està dividit en dues zones. A la zona estèril hi podem veure els neurocirurgians i la infermera instrumentista. A la zona no estèril hi veiem el neuropsicòleg, agafant la mà del pacient i parlant amb ell”. (Fotografia feta per mi durant l'operació de mapping cerebral a l'hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l'equip mèdic i del pacient)

- L'estèril: En aquesta zona s'hi posicionen els cirurgians i la infermera instrumentista. Tots els estris d'aquesta zona havien estat prèviament esterilitzats, ja que serien els que estarien en contacte amb la zona de la ferida. És molt important que ningú entri o toqui cap cosa d'aquella zona ja que s'ha de preservar l'esterilització.
- La no estèril: S'hi col·loquen els anestesisistes, els quals estaran presents durant tota la cirurgia, les infermeres, els zeladors, que s'encarregaran de moure al pacient a l'hora de despertar-se si no està còmode i el neuropsicòleg, en el camp de vista del pacient.

El Dr. Benito va començar marcant el cap del pacient amb el Neuronavegador, una màquina que redimensiona les ressonàncies magnètiques fetes anteriorment per saber exactament en quina zona hi ha el tumor. El navegador també disposa d'una pantalla on marca exactament el punt del crani que s'està tocant en aquell moment. És molt útil en òrgans com el cervell, en que els teixits no es poden diferenciar del tumor a ull nu.

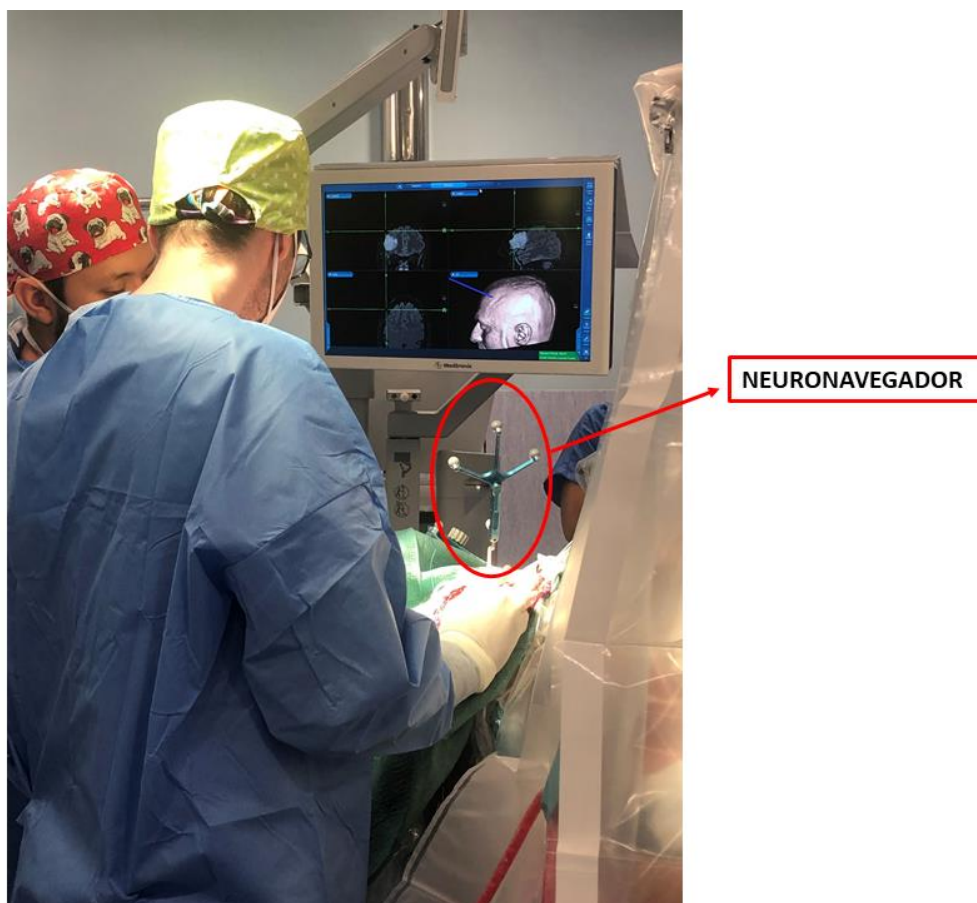


FIGURA 43. **NEURONAVEGADOR** “A la fotografia es pot veure el Dr. Pablo Benito utilitzant el Neuronavegador per marcar saber la zona aproximada on està el tumor i poder començar amb el marcatge abans de fer la craniotomia. (Fotografia feta per mi durant l’operació de mapping cerebral a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l’equip mèdic i del pacient)

Al tenir clar on estava localitzat el tumor, el neurocirurgià, va rapar la zona on estava i va marcar la posició aproximada del tumor amb un retolador. Seguint aquesta guia, va començar a tallar el cuir cabellut, uns centímetres a la perifèria de la marca ja que necessitava un bon camp de visió a l’operar. Utilitzant un bisturí va començar a tallar la capa de dermis, seguida pel múscul fins arribar a l’os. En aquest moment va canviar el bisturí per una eina especial per tallar l’os, ja que tenia una consistència molt més dura. Al treure el segment d’os tallat va quedar a la vista la duramàter.

Com que s'havia intubat al pacient oro traquealment (IOT)(figura 30), el cirurgià no va tallar la duramàter amb l'objectiu de protegir el cervell, ja que al despertar el pacient i per tant, extreure el tub de la intubació, hi havia la possibilitat de que el pacient patís un atac de tos i com a conseqüència el cervell xoqués contra el forat fet a l'os. Al deixar la duramàter intacta, aquesta protegiria el cervell de danys en cas de que això passés. Si el pacient hagués estat intubat amb mascareta laríngia (figura 31), no hauria calgut preservar la duramàter ja que no hi hauria el perill que el pacient estossegués.

En aquest punt van entrar en acció els anestesistes, que tenien un paper molt important en aquesta operació, sobretot en aquell pas. Van començar a despertar al pacient. Prèviament, havien posat anestèsia local als llocs on el pacient podria sentir dolor com la pell, el múscul i el periosti<sup>15</sup>. No va ser necessari subministrar anestèsia a l'os ni al cervell ja que no contenen receptors del dolor, i per tant el pacient no podria tenir cap tipus de molèstia en aquelles zones.

El pacient va tardar més o menys 15 minuts en despertar-se durant els quals va arribar el Dr. Jordi Gich, que s'encarregaria de dur a terme els tests que ja havíem fet abans amb el pacient.

El Dr. Gich va començar a cridar al pacient pel seu nom i a proporcionar-li estímuls per fer més ràpida la tornada a la consciència després de l'anestèsia. En aquest punt, com és normal, el pacient es va despertar desorientat i confós, fins i tot va arribar a demanar on era i si estava mort.

Al no tenir la intubació oro traqueal, el Dr. Benito va poder tallar i extreure la duramàter per deixar a la vista el cervell.



**FIGURA 44. DURAMÀTER JA TALLADA**

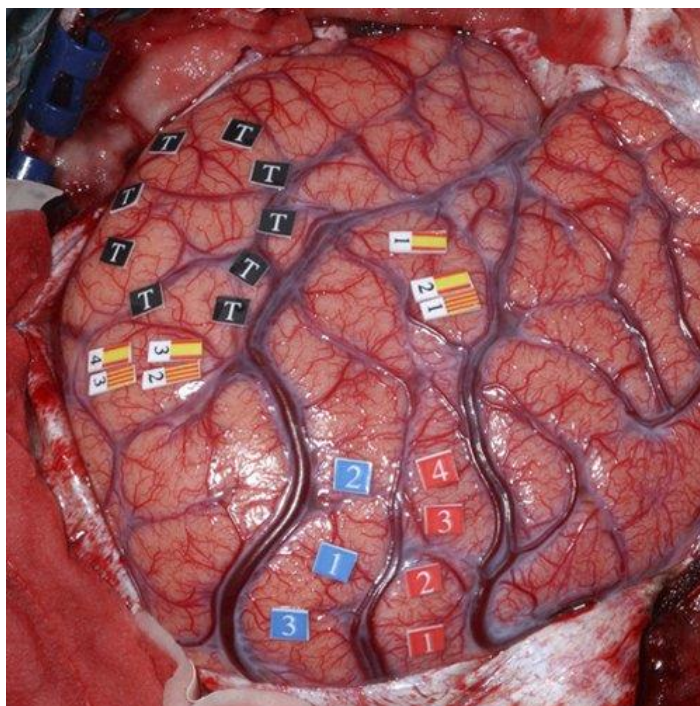
“En la fotografia es pot veure el moment posterior a que el Dr. Pablo Benito tallés la duramàter, pel que es veu el cervell al descobert i apunt per començar amb el mapping. (Fotografia feta per mi durant l'operació de mapping cerebral a l'hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l'equip mèdic i del pacient)



Aquí és on va començar el mappig. El Dr. Gich, en comunicació constant amb el Dr. Benito va començar a dur a terme els tests fets anteriorment. Durant aquests test hi va haver petites crisis (Veure Annex 2).

En les operacions se sol començar buscant la crisi, pel que es dona una descàrrega en una zona en la que estiguem segurs que s'ha de produir un canvi en el llenguatge del pacient. Això permet comprovar que la màquina està funcionant correctament. En cas de no fer-ho, podríem pensar que les zones a les que estem donant descarregues són àrees negatives, sense funció i podria ser un error i que fossin àrees essencials però que la descàrrega no s'estigués subministrant bé.

A l'hora que el Dr. Benito subministrava descàrregues elèctriques a diferents punts, el Dr. Gich feia els tests, que ens ajudaven a detectar si hi havia o no una crisi, per tant un canvi a la parla. Amb això detectàvem si estaven en una àrea eloqüent o en una que es podia extirpar. Alhora, el Dr. Benito marcava les zones on hi havia hagut una crisi, ja que més tard, a l'hora de retirar el tumor, ens servirien aquestes guies (figura 45). Normalment s'utilitzen números, lletres o banderes per marcar zones no extirpables que son encarregades de funcions, en aquest cas la parla.



**FIGURA 45. GUIES FETES A TRAVÉS DEL MAPPING** “En la fotografia es poden veure les àrees que s’han marcat com a essencials (números), àrees que pertanyen als idiomes (banderes catalanes i espanyoles) i la zona on hi ha el tumor (marcada amb T). Aquestes guies ens servirán per saber quines parts es poden extirpar i quines no. (Fotografia feta per mi durant l’operació de mapping cerebral a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l’equip mèdic i del pacient)

A l'acabar el mapping i tenir totes les zones marcades, el Dr. Benito va començar amb la resecció del tumor. Per fer-ho va utilitzar un aspirador quirúrgic ultrasònic, el qual desfà el teixit, xucla les restes d'aquest i cauteritza<sup>27</sup> alhora. A poc a poc i tenint molt en compte les zones eloqüents prèviament marcades, va intentar extreure la major part de tumor possible. S'ha de tenir en compte que el tumor es com una teranyina, per tant és important extreure teixit del voltant d'aquest per assegurar-se que no queden restes.

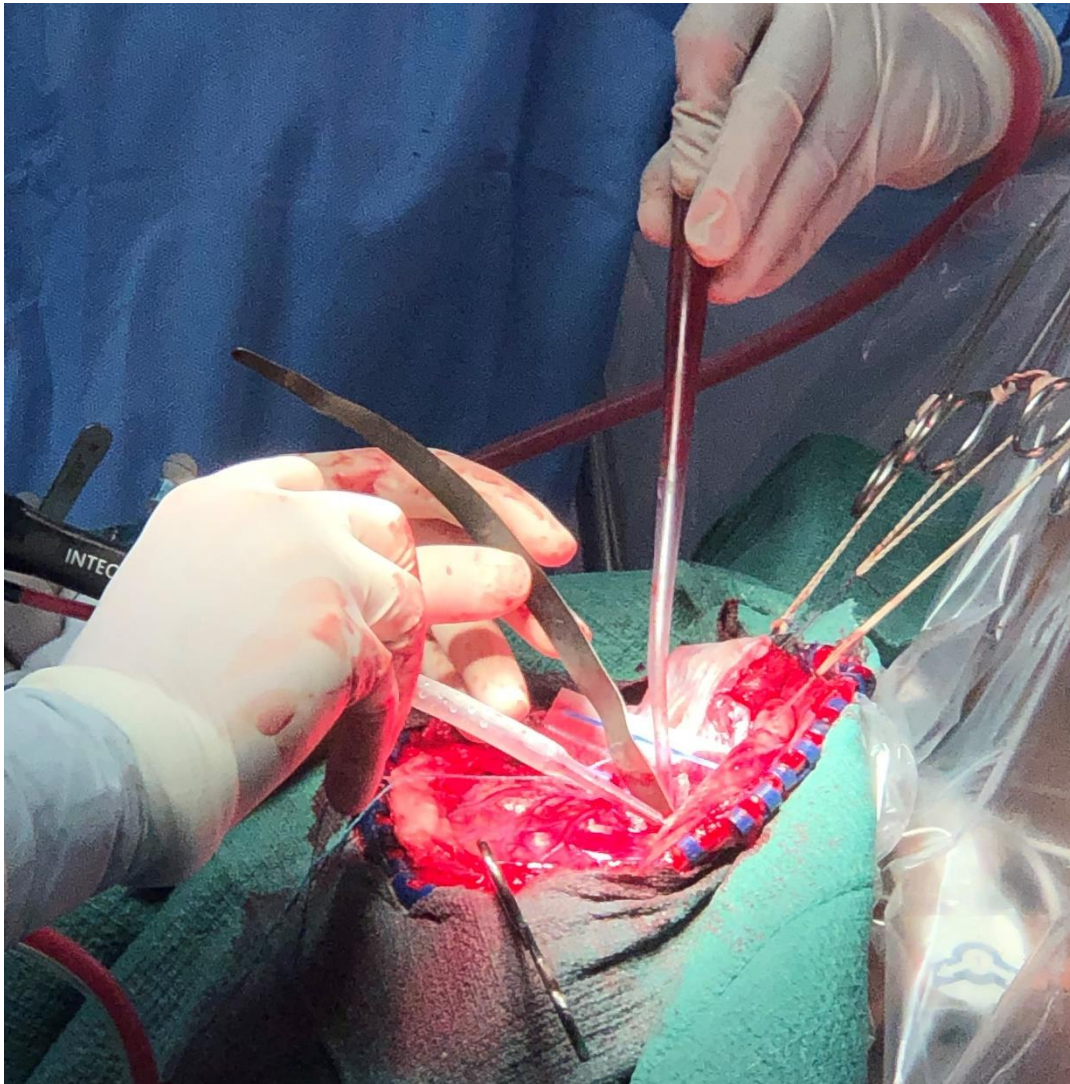


FIGURA 46. **ASPIRADOR QUIRÚGIC ULTRASÒNIC** “En la fotografia es pot veure el Dr. Pablo Benito realitzant la resecció del tumor amb l’aspirador quirúrgic ultrasònic. Ho fa seguint les guies fetes anteriorment (figura 46)”. (Fotografia feta per mi durant l’operació de mapping cerebral a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l’equip mèdic i del pacient)

De tant en tant s’irrigava la zona amb aigua oxigenada, la qual aturava els possibles sagnats que poguessin haver-hi.



A l'acabar d'extirpar tot el tumor i zones adjacents possiblement afectades, el Dr. Benito va començar a tancar la incisió seguint inversament l'ordre d'obertura. Abans d'aquest procés, els anestesisistes van tornar a sedar al pacient.

El Dr. Benito va començar tancant la duramàter, seguida per l'os, el qual va clavar gràcies a unes plaques de metall que va collar en aquest. Va seguir amb el múscul i finalment amb la dermis, que com podem veure a la figura 47 va tancar utilitzant grapes.

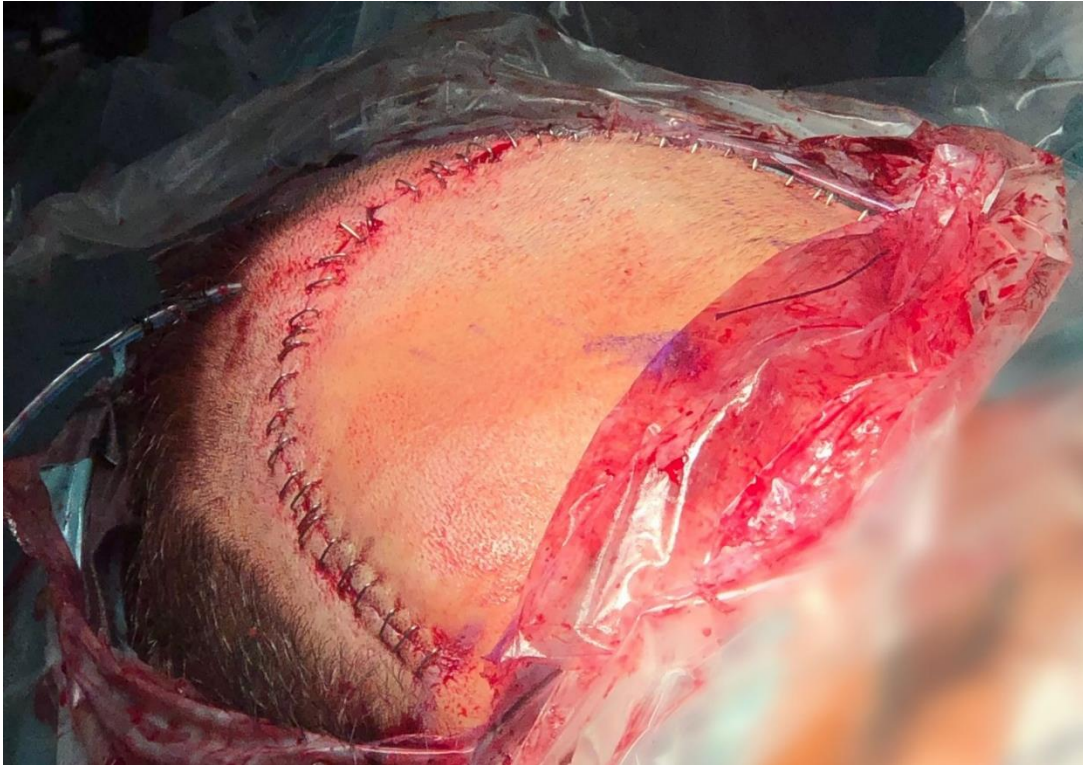


FIGURA 47. **INCISIÓ TANCADA.** “En aquesta fotografia podem veure la incisió ja tancada al final de l’operació. Per tancar-la es van utilitzar 38 grapes”. (Fotografia feta per mi durant l’operació de mapping cerebral a l’hospital Josep Trueta i utilitzada amb el consentiment de l’equip mèdic i del pacient)

Amb el pacient adormit i la ferida tancada, l’equip mèdic va alliberar el cap i curar les petites ferides causades per els claus que el sostenien.

Finalment, vam esperar a que el pacient es despertés per portar-lo a la unitat de reanimació i cures intensives postoperatòries.

En total la operació va durar aproximadament 8 hores.

El 14 d'agost al matí, vaig tornar a anar a l'hospital per anar a veure al pacient amb el Dr. Benito i el Dr. Gich.

Primer, amb el Dr. Benito, vam anar a veure el pacient i a comprovar que no tenia dolors, i que la ferida evolucionava correctament. Se li va fer al pacient una Ressonància Magnètica amb la qual vam veure que el Dr. Benito havia aconseguit retirar el tumor quasi bé en la seva totalitat. També vaig poder anar amb ell a veure altres pacients que estaven ingressats a la unitat de neurocirurgia per altres operacions realitzades.

Més tard vaig tornar a anar a veure el pacient amb el Dr. Gich. Aquest cop vam estar parlant amb ell sobre què recordava de l'operació (molt poquetes coses, només alguns flaixos aleatoris) i com es trobava. Allà l'hi vam tornar a fer els tests que havíem fet prèviament i durant la cirurgia, per comprovar que no hi havia hagut seqüeles en la parla. Amb els tests vam veure que el pacient tenia una bona articulació del llenguatge a l'hora de parlar. També que feia un bon ús de les paraules i dels adjectius, fet que indicava que l'operació havia sortit correctament i no s'havia danyat cap àrea de la parla.

Es va donar l'alta al pacient el 18 d'agost sense seqüeles post operatòries, amb una bona evolució clínica.



## Conclusions

En aquest treball, començant des d'una unitat tant petita com la neurona hem entès l'anatomia i les funcions de les cèl·lules del sistema nerviós. Hem seguit estudiant i entenent la fisiologia del sistema nerviós, tant perifèric com central, per acabar relacionant-ho amb la seva anatomia. Per acabar ens hem endinsat en el món dels càncers i hem entès una de les operacions de resecció d'un tumor cerebral: una operació utilitzant la tècnica del mapping. Acudint a aquesta, hem comprovat que donant petites descàrregues elèctriques a les neurones i contrastant els símptomes que provoquen aquestes descàrregues en el pacient podem fer un marcatge del cervell per determinar les zones o àrees essencials com per exemple les del llenguatge.

Les operacions de Mapping, poden ser un gran avenç a l'hora de extirpar tumors cerebrals ja que permeten una resecció més gran del tumor, amb molts menys efectes secundaris. Crec que seria bo que tots els neurocirurgians es formessin per poder dur a terme aquesta operació i que tots els hospitals disposessin dels instruments necessaris per dur-la a terme per així garantir un millor pronòstic a la gent que malauradament pateix d'un tumor cerebral a prop d'una àrea essencial.

Aquest treball ha estat molt enriquidor a nivell personal ja que m'ha fet guanyar moltíssims coneixements els quals creia impossibles d'entendre. Vull destacar la part pràctica, i com em va captivar la operació, cosa que m'ha reafirmat que em vull dedicar al món de la cirurgia i desitjo poder arribar algun dia a realitzar una cirurgia d'igual magnitud a la que he tingut la sort de veure. També m'ha ajudat molt a creure en mi mateixa ja que m'he demostrat que amb temps, esforç, ordre i paciència es poden aconseguir coses que en un principi veia impossibles.

M'agradaria acabar aquest treball amb una frase de Stanley B. Prusiner (Premi Nobel de Medicina, 1997) ja que crec que descriu molt bé el pensament que tenia abans de començar el treball sobre l'estudi del cervell i que duent a terme aquesta recerca encara s'ha tornat més cert:

*“La neurociència es, por mucho, la rama más excitante de la ciencia, porque el cerebro es el objeto más fascinante del universo. Cada cerebro humano es diferente, el cerebro hace a cada ser humano único y define quién es”*

*Stanley B. Prusiner (Premi Nobel de Medicina, 1997)*

## **Agraïments**

Vull donar les gràcies a \_\_\_\_\_ la meva tutora, que tot i que ha agafat el treball en l'últim moment m'ha ajudat moltíssim a que sortís endavant la millor versió possible d'aquest.

També agrair als Doctors Anna Carreras i Francisco Reina per permetre'm anar al Departament d'Anatomia i veure en primera persona la gran feina que hi fan. I als Doctors Pablo Benito i Jordi Gich, que es van preocupar en tot moment de que em sentís a gust en aquell ambient nou per mi i que no em sentís fora de lloc. Van procurar que entengués tots els passos de la cirurgia resolent-me tots els dubtes i sobretot van fer que gaudís l'experiència al màxim.

Per sobre de tot vull agrair l'ajuda de la meva mare, que ha patit tant o més que jo durant el treball, i que tot i que no era la seva especialitat, s'ha informat tant com ha pogut i m'ha ajudat en tot el que he necessitat, tant en la part teòrica, on hi havia conceptes mèdics molt específics que no hagués entès sense la seva ajuda com en la part pràctica, en la que m'ha facilitat tant com ha pogut la comunicació amb els doctors que m'han ajudat durant el treball i ha fet possible la meva estada a l'hospital.

## **Bibliografia i Webgrafia**

### **BIBLIOGRAFIA**

DE QUINTANA-SCHMIDT, Cristian. LLADÓ-CARBO, Estela. CORTÉS-DOÑATE, Victoria Eugènia. GRUPO DE TRABAJO DE NEURONCOLOGÍA. SOCIEDAD ESPAÑOLA DE NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA. “Opciones de monitorización neurofisiológica en la resección de tumoraciones cerebrales. Documento de consentimiento entre el Grupo de Trabajo de Neurooncología de la Sociedad Española de Neurocirugía y la Sociedad Española de Neurofisiología Clínica” *Sociedad española de neurocirugía*. Elsevier, 29 gener 2018. Pàg. 25-38.

CASSAN, Adolfo. *Atlas bàsic de fisiologia*. Barcelona: Parramón, 2006, tercera edició.

ESCRIBÀ, Gemma. PÉREZ, Pilar. *Ciències de la naturalesa 3r ESO*. Mallorca: Brúixola, 2002.

FERNÁNDEZ, M.Á. Esteban. MINGO, B. Zapatero. RODRÍGUEZ, R. Bernabé. TORRES, M.D. Lobejón. *Biología i geologia 3r d'ESO*. Espanya: Vicens Vives, 2015, primera edició.

FITZGERALD, M.J. Turlough. *Neuroanatomía clínica y neurociencia*. Barcelona: Elsevier, 2012, sisena edició.

GUYTON, Dr. Arthur C. *Tratado de fisiologia mèdica Guyton*. Madrid: Interamericana–McGraw–Hill, 1991, octava edició.

GÓMEZ-VEGA, Carlos. OCAMPO NAVIA, María Isabel. FEO LEE, Oscar. “Epidemiología y caracterización general de los tumores cerebrales primarios en el adulto”. *Universitas Medica Colombia*. Gener-Març 2019.

HAINES, Duane E. *Principios de neurociencia. Aplicaciones básicas y clínicas*. Barcelona: Elsevier, 2014, quarta edició.

LATARJET, Michel. LIARD, A. Ruiz. *Anatomia Humana Tomo I*. Espanya: Editorial mèdica Panamericana, 2007, quarta edició.

NAVARRO-MAIN, Blanca. JIMÉNEZ-ROLDÁN, Luis. GONZÁLES LEON, Pedro. CASTAÑO-LEÓN, Ana M. LAGARES, Alfonso. PÉREZ-NUÑEZ, Ángel. “Protocolo

de intervención neuropsicológica en la cirugía del paciente despierto: experiència de 3 años con tumores gliales”. *Sociedad española de neurocirugía*. Elvèsier, 27.11.2019. Pàg. 279-288.

PALACIOS, Eduardo. CLAVIJO-PRADO, Carlos. “Fascículo longitudinal inferior: una nueva mirada del lenguaje”. *Repertorio de Medicina y Cirugía*. Elvèsier. 07.11.2016. Pàg. 232-234.

ROHKAMM, Reinhard. *Neurología. Texto y Atlas*. Editorial Médica Panamericana, 2021, primera edició.

SOBOTTA, Joannes. Ed. per Jochen Staubesand. *Atlas de anatomia humana. Volumen 1: cabeza, cuello, miembro superior y piel*. Madrid: Editorial médica Panamericana, 1988, dinovena edició.

## WEBGRAFIA

*Propofol.* Drugs.com. 31 agost 2021. [https://www.drugs.com/mtm\\_esp/propofol.html](https://www.drugs.com/mtm_esp/propofol.html)

*Glioma cerebral.* Topdoctors España. <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/glioma-cerebral>

*Glioma.* Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases/conditions/glioma/symptoms-causes/syc-20350251>

*Sistema nervioso central.* Dr. Tango. Medline Plus. 13 maig 2019. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002311.htm>

*Qué es y cómo se estructura el sistema nervioso.* Equipo de la Torre. 21 agost 2021. <https://www.neurocirugiaequipodelatorre.es/que-es-y-como-se-estructura-el-sistema-nervioso>

*Meninges.* Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/meningioma/multimedia/meninges/img-20008665>

*¿Qué es el cáncer?*. Instituto Nacional del Cáncer. 9 febrer 2015. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>

*Tumores cerebrales.* Sociedad Española de Oncología Médica. 18 desembre 2019. <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/tumores-cerebrales?start=3>

*Diccionario médico.* Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/diccionario-medico>

*Abreviaturas utilizadas en informes médicos.* Vithas Hospitales. [https://www.vithas.es/Benalmadena/Vithas\\_Benalmadena/files/2e/2ece8afd-f682-4ee9-87dd-ffb652cadbb4.pdf](https://www.vithas.es/Benalmadena/Vithas_Benalmadena/files/2e/2ece8afd-f682-4ee9-87dd-ffb652cadbb4.pdf)

## **FILMOGRAFIA**

*Corteza cerebral fácil (áreas funcionales).* 2016. Juanse Roríguez MD. <https://youtu.be/M5GdWJLHzG4>

*Genialidades del Sistema Nervioso Parte 1.* 2020. Unani. <https://youtu.be/plreXXuWslw>

*Genialidades del Sistema Nervioso Parte 2.* 2020. Unani. <https://youtu.be/2HTRDF5DeFw>

## **ANNEX 1: GLOSARI**

1. Reticle Endoplasmàtic llis: conjunt de cavitats aplanades, conductes i làmines limitats per una membrana, que omplen una gran part del citoplasma de les cèl·lules eucariotes.
2. Reticle endoplasmàtic rugós: conjunt de cavitats aplanades, conductes i làmines limitats per una membrana, coberta de ribosomes, que omplen una gran part del citoplasma de les cèl·lules eucariotes.
3. Aparell de Golgi: conjunt d'òrgans situats prop del nucli en les les cèl·lules animals i format per unes estructures en forma de bosses o sacs aplanats.
4. Ribosomes: òrgans cel·lulars amb forma de petits granets que podem trobar lliures pel citoplasma o bé enganxats en el reticle endoplasmàtic rugós.
5. Mitocondri: òrganul amb forma allargada que es troba al citoplasma, realitza la respiració cel·lular.
6. Somàtic: que pertany al soma o al cos.
7. Visceral: que pertany a les vísceres.
8. Microtúbuls: Estructura tubular no ramificada i agrupada en feixos que es troba en el citoplasma de les cèl·lules eucariotes.
9. Neurofilaments: tipus de filaments intermedis presents al citoplasma de les neurones, intervenen en el manteniment de la estructura neuronal i el transport axònic.
10. Cèl·lula efectora: cèl·lula que actua com a resposta d'un estímul.
11. Exocitosi: expulsió, per part de les cèl·lules de partícules que a causa de la seva mida no poden passar a través de la membrana cel·lular.
12. Glàndula pituïtària:
13. Sistema ventricular: sistema compost per quatre ventricles que es troba a l'encèfal. Conté el líquid cefalorraquidi i s'encarrega de mantenir, protegir i donar estructura al nostre cervell.
14. Metàstasi: quan un càncer afecta a una part del cos diferent a la que va començar. Ex: "càncer de pulmó amb metàstasi al cervell" un càncer que va començar al pulmó però s'ha estès al cervell.

15. Periosti: capa que cobreix els ossos, conté els vasos sanguinis i els nervis que proporcionen nutrició i sensibilitat a l'os
16. Pupil·les isocòriques: pupil·les que tenen la mateixa mida en els dos ulls.
17. Dehiscència: complicació quirúrgica en que es trenca una ferida al llarg d'una incisió quirúrgica.
18. Acúmul: augment de la quantitat d'una substància que està continguda en una víscera.
19. Craniotomia: incisió en el crani.
20. Hemodinàmia: constants vitals.
21. Mielina: substància que envolta i protegeix els axons de les neurones.
22. Resecció: operació quirúrgica en que s'extreu una part d'un òrgan.
23. Cefalàlgia: mal de cap.
24. Disàrtria: mala vocalització.
25. Parafàsies fonètiques: canviar fonemes d'una paraula.
26. Parafàsies semàntiques: canviar el nom d'una paraula.
27. Cauteritzar: destruir un teixit amb un instrument calent, s'utilitza per tancar vasos sanguinis i parar un sagnat.

