

Corso di Laurea Triennale in

**Tecniche di Radiologia Medica per
Immagini e Radioterapia**

Tesi di Laurea

**Studio dell'encefalo in TC- RM:
Tecniche a confronto**

Candidata
Rosa Gobbi

A.A. 2022/2023

*Alla mia cuginetta Francesca Diletta,
che mi guarda da lassù.
Come Ti avevo promesso, ho imparato
a fare le fotine...
Perché nessun altro bimbo voli in cielo troppo presto
come hai fatto Tu.*

INDICE

INTRODUZIONE.....	pag. 5
CAP. 1 - ANATOMIA DEL DISTRETTO ENCEFALICO.....	pag. 6
1.1 - IL TRONCO ENCEFALICO	pag. 6
1.1.1 - IL BULBO.....	pag. 6
1.1.2 - IL PONTE.....	pag. 7
1.1.3 - IL MESENCEFALO.....	pag. 7
1.2 - IL CERVELLETTO.....	pag. 8
1.3 - IL CERVELLO.....	pag. 10
1.4 - I NUCLEI DELLA BASE.....	pag. 17
1.5 - I VENTRICOLI LATERALI.....	pag. 19
1.6 - LE MENINGI.....	pag. 20
1.7 - LA VASCOLARIZZAZIONE DELL'ENCEFALO.....	pag. 21
2 - STUDIO TC CRANIO.....	pag. 24
2.1 - PRINCIPI FISICI.....	pag. 24
2.2 - IL CONSENSO INFORMATO.....	pag. 29
2.3 - POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE.....	pag. 31
2.4 - ESECUZIONE DELL'ESAME.....	pag. 33
2.5 - STUDIO CON MDC.....	pag. 35
2.5.1 - STUDIO DEL CRANIO CON MDC.....	pag. 36
3 - STUDIO RM ENCEFALO.....	pag. 38
3.1 - PRINCIPI FISICI.....	pag. 38
3.2 - IL SISTEMA A RISONANZA MAGNETICA.....	pag. 41
3.2.1 - IL MAGNETE.....	pag. 42
3.2.2 - IL SISTEMA DEI GRADIENTI DI C. MAGNETICO.....	pag. 43

3.2.3 - LE BOBINE PER GLI IMPULSI RF.....	pag. 43
3.2.4 - IL COMPUTER.....	pag. 43
3.3 - ATTIVITA' PRELIMINARI ALL'ESAME.....	pag. 44
3.4 - PREPARAZIONE DEL PAZIENTE.....	pag. 46
3.5 - POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE.....	pag. 46
3.6 - ESECUZIONE DELL'ESAME.....	pag. 47
3.7 - SEQUENZE E STUDIO ENCEFALO.....	pag. 49
3.7.1 - LA DWI.....	pag. 49
3.7.2 - LA FLAIR.....	pag. 51
3.7.3 - LA SEQUENZA T1.....	pag. 53
3.7.4 - LA SEQUENZA T2.....	pag. 54
3.7.5 - LE SEQUENZE CON SOPPRESSIONE DEL GRASSO.....	pag. 55
3.7.6 - LA SWI.....	pag. 55
3.8 - STUDIO DELL'ENCEFALO CON MDC.....	pag. 58
4 - TC E RM: METODICHE A CONFRONTO.....	pag. 60
4.1 - BASI FISICHE DELLE DUE METODICHE.....	pag. 60
4.2 - CAMPI DI APPLICAZIONE.....	pag. 61
4.2.1 - TC E RM: STUDIO DELL'ENCEFALO.....	pag. 61
4.3 - TC E RM: MEZZI DI CONTRASTO.....	pag. 66
4.4 - TC E RM: TAVOLA SINOTTICA.....	pag. 67
CONCLUSIONI.....	pag. 68
BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA.....	pag. 69
RINGRAZIAMENTI.....	pag. 71

INTRODUZIONE

Le applicazioni neuroradiologiche trovano le proprie origini già agli inizi del secolo scorso quando nel 1927 il dott. Antonio Egas Moniz, medico portoghese, riuscì a visualizzare in vivo tutto il sistema vascolare cerebrale somministrando un mezzo di contrasto endovenoso.

Grazie a due grandi rivoluzioni diagnostiche, prima la Tomografia Computerizzata all'inizio degli anni 70 (grazie ai Beatles e alla loro casa discografica EMI che finanziarono la ricerca) e poi negli anni '80 le prime Risonanze Magnetiche, è stato possibile indagare sempre meglio il sistema nervoso centrale e periferico, il cranio e la colonna vertebrale.

Le applicazioni di entrambe le metodiche sono fondamentali e complementari in molti casi sia per la valutazione della patologia dell'adulto sia per quella pediatrica, ove l'utilizzo di tecniche senza radiazioni ionizzanti assume ancora un ruolo maggiore. Si pensi a patologie come i tumori cerebrali, l'epilessia pediatrica e dell'adulto, la sclerosi a placche, lo stroke ischemico ed emorragico e a tutta la patologia traumatica cranio-spinale, la cui valutazione diagnostica TC e/o RM è ormai divenuta imprescindibile.

Questo lavoro si propone di descrivere lo studio del distretto encefalico attraverso le due diverse metodiche diagnostiche.

Si procederà, pertanto, dopo una breve digressione sull'anatomia dell'encefalo, ad esaminare la TC del cranio, partendo dai principi fisici, fino alla esecuzione dell'esame diagnostico.

Successivamente, sarà illustrata la tecnica di esecuzione della RM dell'encefalo, previa introduzione alla metodica, attraverso i principi fisici, ed elencazione delle maggiori controindicazioni all'esecuzione dell'esame.

Le due tecniche diagnostiche saranno, infine, messe a confronto, sempre con riferimento al distretto encefalico, e saranno evidenziati i casi in cui risulta di maggiore utilità una metodica piuttosto che l'altra.

1. ANATOMIA DEL DISTRETTO ENCEFALICO

L'encefalo, avvolto dalle sue meningi, occupa il neurocranio ed è composto da tre parti: tronco encefalico, cervello e cervelletto.

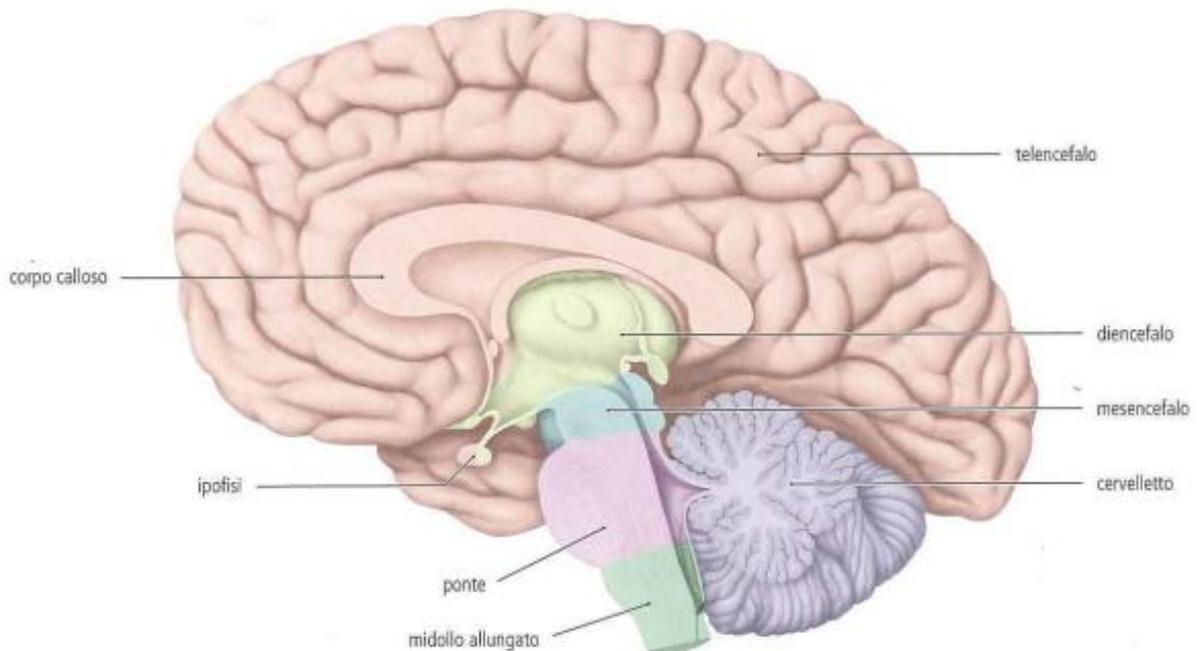


Figura 1- Encefalo in visione laterale

1.1 - IL TRONCO ENCEFALICO

Il tronco encefalico è una formazione assiale che fa seguito al midollo spinale e si prolunga in alto negli emisferi cerebrali.

Il tronco encefalico consta di tre parti: bulbo, ponte e mesencefalo.

1.1.1 - IL BULBO

Il bulbo, situato tra il canale vertebrale e la cavità cranica, collega il midollo spinale con le varie formazioni encefaliche, il suo limite inferiore è dato dalla decussazione delle piramidi, il limite superiore è dato dal ponte di Varolio.

Il bulbo è coperto posteriormente dal cervelletto con cui è connesso mediante i peduncoli cerebellari inferiori, la faccia posteriore del bulbo costituisce il IV ventricolo. La faccia anteriore presenta il solco mediano

anteriore interrotto in basso dalla decussazione delle piramidi e termina con una decussazione detta foro cieco.

A destra e sinistra del solco mediano anteriore si trovano le piramidi anteriori che limitano in fuori il solco preolivare dal quale emergono le fibre del XII nervo cranico (nervo ipoglosso). Le facce laterali del bulbo presentano dall'alto in basso: l'oliva bulbare, nucleo grigio proprio del bulbo delimitata anteriormente dal solco pre-olivare e posteriormente dal solco retro-olivare. Lateralmente si osservano due fossette: la fossetta sopra-olivare e la fossetta laterale da cui emergono il nervo abducente e i nervi faciale ed acustico.

La volta del bulbo è formata superiormente dai peduncoli cerebellari superiori uniti fra loro dalla valvola di Vieussens e in basso dalla membrana tectoria. Su questa volta si estende una lamina vascolare, dipendenza della pia madre, la tela corioidea inferiore con i plessi corioidei deputati all'elaborazione del liquido cerebro-spinale. Il pavimento è delimitato in alto dai due peduncoli cerebrali superiori e in basso dai due peduncoli cerebrali inferiori. Distinguiamo nel pavimento del IV ventricolo un triangolo inferiore o bulbare ed un triangolo superiore o pontino. I due triangoli sono disposti in modo da congiungersi con le loro basi.

1.1.2. - IL PONTE

Il ponte è un rilievo nastriforme che sormonta il bulbo, si connette in alto con il mesencefalo e posteriormente mediante i peduncoli cerebellari medi si connette al cervelletto.

La faccia anteriore del ponte poggia sulla doccia basilare dell'occipitale e presenta una linea mediana nella quale si adagia l'arteria basilare. La faccia posteriore del ponte fa parte del pavimento del IV ventricolo.

1.1.3 - IL MESENCEFALO

Il mesencefalo è situato cranialmente al ponte e si estende fino alla base degli emisferi cerebrali. È costituito ventralmente dai cosiddetti piedi del

peduncolo che sormontano la calotta e dorsalmente dalla lamina quadrigemina. I piedi del peduncolo formano due fasci rotondi che si estendono dal ponte alla faccia inferiore degli emisferi cerebrali. Nello spazio interpeduncolare si osserva una serie di forellini che formano lo spazio perforato posteriore. In questo spazio si rilevano i corpi mammillari, il *tuber cinereum* e lo stelo ipofisario.

I piedi del peduncolo vengono separati dalla calotta mediante uno strato di sostanza grigia chiamato *locus niger*. Sulla linea mediana al di sopra della calotta a confine con la lamina quadrigemina si trova l'acquedotto di Silvio, canale che collega il quarto ventricolo con il terzo ventricolo diencefalico. Nella sostanza grigia che si dispone lateralmente e ventralmente a questo acquedotto troviamo i nuclei del III (nervo oculomotore) e IV (nervo trocleare) paio dei nervi encefalici.

Nel mesencefalo si trovano due importanti nuclei della via extrapiramidale: il nucleo rosso (nella calotta) e il *locus niger* (ai limiti tra calotta e piedi del peduncolo). Il nucleo rosso occupa tutto il tratto mesencefalico anteriore. Il *locus niger* è una lamina grigia al limite tra i due piedi e la calotta del mesencefalo. La faccia superiore del mesencefalo è costituita dai tubercoli quadrigemelli. I tubercoli in numero di quattro costituiscono dei rilievi mammellonati disposti due avanti ed in alto e due in basso e due in basso e posteriormente. Tra i due quadrigemelli anteriori si delimita una depressione che accoglie l'epifisi.

1.2 – IL CERVELLETTO

Il cervelletto è situato dorsalmente al bulbo e al ponte e occupa le fosse cerebellari dell'osso occipitale. Esso è separato dai lobi occipitali del cervello da una lamina di dura madre tesa trasversalmente, il tentorio.

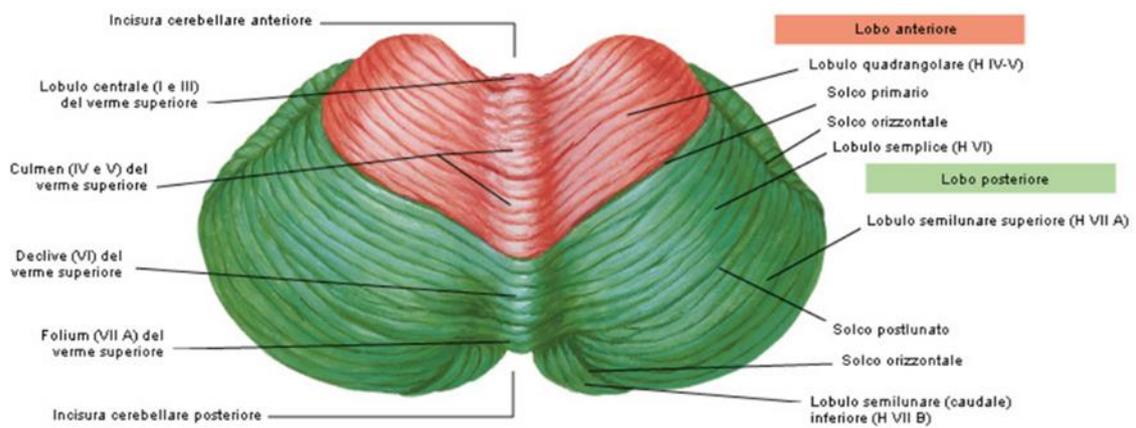


Figura 2 - Cerebelletto - Faccia superiore

La faccia superiore del cerebelletto si rigonfia nel suo mezzo in una salienza longitudinale, detta verme superiore. Da ciascun lato di questo si estende la faccia superiore dei due lobi cerebellari laterali.

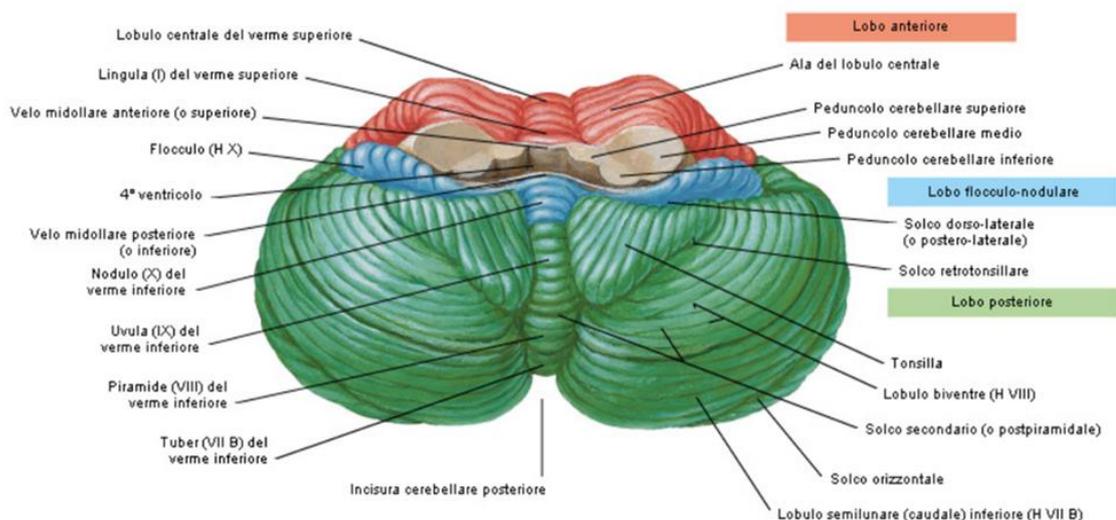


Figura 3 - Cerebelletto - Faccia inferiore

La faccia inferiore presenta un solco profondo e largo, la scissura mediana del cervelletto. Al fondo di questa si rileva una salienza longitudinale, verme inferiore che fa capo con il superiore. La parte anteriore del verme inferiore si proietta verso la cavità del quarto ventricolo.

La superficie cerebellare è formata da una corteccia grigia che è insolcata da tante lamine dotate a loro volta di lamelle più minute. Sia nel verme sia sui lobi laterali sono presenti solchi che determinano lobuli. Nella parte centrale del cervelletto sono presenti masse grigie corrispondenti a nuclei di sostanza nervosa. Si distinguono: i nuclei dentati una per parte nei lobi cerebellari, il nucleo del tetto situato sotto la corteccia del verme superiore e di lato a questo il lobo globoso.

Il cervelletto è legato al bulbo, al ponte e al mesencefalo mediante i peduncoli che si distinguono per la loro disposizione in inferiori, medi e superiori. I peduncoli cerebellari inferiori connettono il cervelletto al bulbo. I peduncoli cerebellari medi legano cervelletto al ponte. I peduncoli cerebellari superiori connettono il cervelletto al mesencefalo. Le principali funzioni del cervelletto consistono nella regolazione dell'equilibrio, del tono muscolare e nella coordinazione dei movimenti.

La corteccia cerebellare possiede una costituzione uniforme e in ciò differisce profondamente da quella cerebrale.

La corteccia cerebellare consta di tre strati: in superficie lo strato molecolare costituito da elementi cellulari, uno strato medio, quello delle fibre di Purkinje i cui cilindrassi rappresentano solo fibre afferenti dalla corteccia del cervelletto, profondamente uno strato granulare interno fatto di cellule e piccoli elementi sinaptici.

1.3 - IL CERVELLO

Il cervello rappresenta la parte più voluminosa dell'encefalo ed occupa gran parte della cavità cranica. Esso ha la forma di un ovoide. Si compone di due

parti: il diencefalo che costituisce la porzione centrale ed il telencefalo che è rappresentato dai due emisferi cerebrali circondanti il diencefalo quasi interamente.

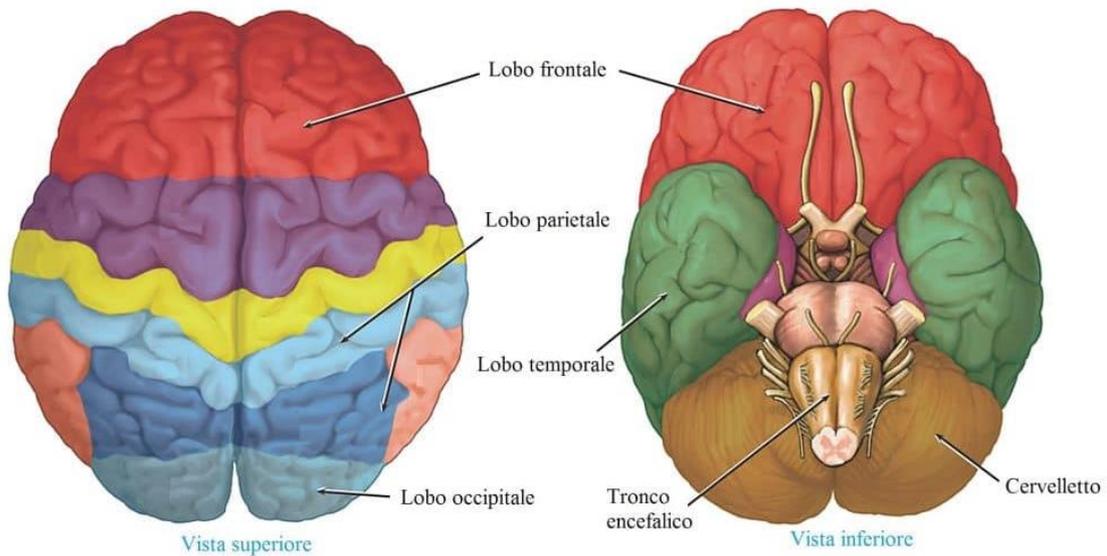


Figura 4 - Anatomia del cervello

Il diencefalo è situato tra mesencefalo e telencefalo, è costituito dal terzo ventricolo, che rappresenta la continuazione dell'acquedotto di Silvio e che comunica con i ventricoli laterali tramite i fori di Monro.

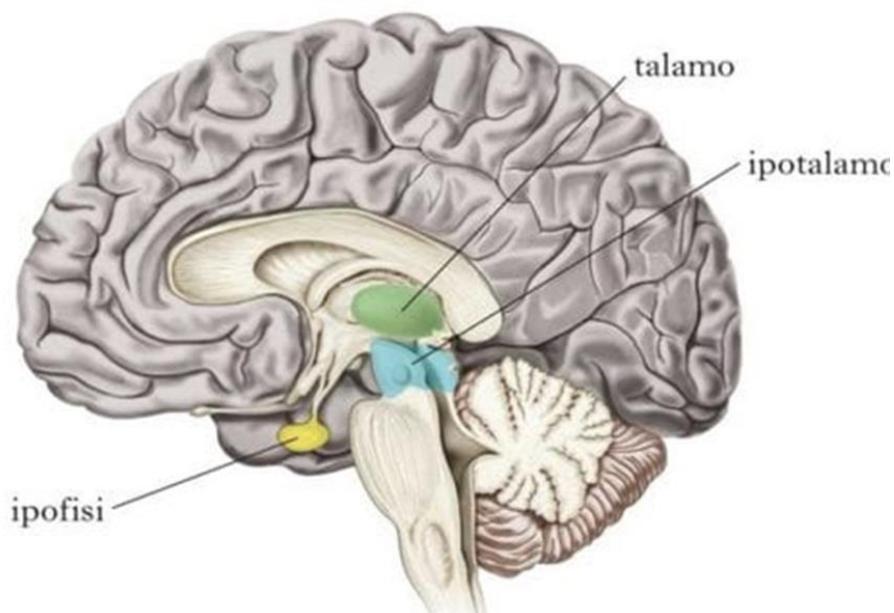


Figura 5 - Diencefalo

Il diencefalo è costituito da: talamo, epitalamo, ipotalamo. Tra queste parti è situato il terzo ventricolo, le cui pareti laterali sono costituite dai due talami, il tetto è rappresentato dalla regione epitalamica e il pavimento da quella ipotalamica.

Il talamo è situato ai lati della cavità del terzo ventricolo, rappresenta uno dei centri più importanti delle vie sensitive cerebrali ed in parte delle vie motrici extrapiramidali.

L'epitalamo forma un tetto incompleto al terzo ventricolo. È rivestito sul lato che guarda questa cavità da epitelio ependimale, dove si forma la tela corioidea, la cui funzione è produrre il liquido cerebro-spinale. L'epitalamo è costituito da due aree triangolari, i triangoli delle abenule, tra i quali si situa l'epifisi.

L'ipotalamo forma le pareti del diverticolo inferiore del terzo ventricolo. Esso presenta diversi segmenti: il *tuber cinereum*. L'ipotalamo è costituito da una serie di centri nervosi, la cui funzione, oltre a quella endocrina è quella di regolare i principali meccanismi della nostra vita vegetativa.

L'ipofisi è legata alla regione ipotalamica mediante lo stelo ipofisario, si compone di una parte anteriore di natura epiteliale (adenipofisi) e una posteriore di natura nervosa (neuroipofisi) ed è situata nella sella turcica dello sfenoide.

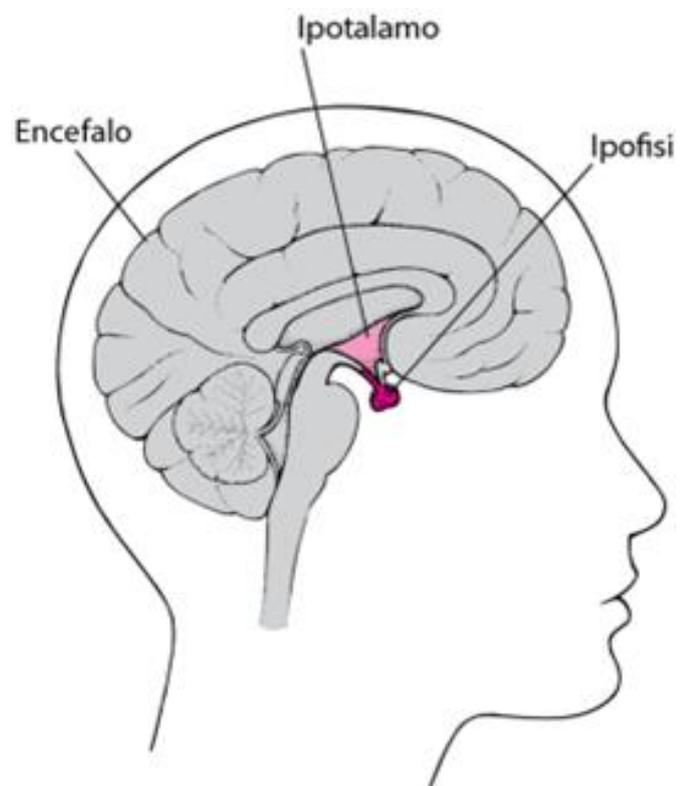


Figura 6 - Ipofisi

Il telencefalo costituisce la vescicola encefalica superiore, vescicola che si divide in due formazioni simmetriche, gli emisferi cerebrali.

Gli emisferi cerebrali occupano la maggior parte della scatola cranica, essi vanno distinti in emisero destro ed emisero sinistro. Ciascun emisfero possiede al suo interno il ventricolo laterale, che comunica per mezzo del forame di Monro con il terzo ventricolo.

In superficie sono costituiti da sostanza grigia (corteccia cerebrale), all'interno si dispone una voluminosa massa di sostanza bianca che rappresenta l'insieme di fibre nervose che ascendono verso la corteccia cerebrale.

La superficie di ciascun emisfero è percorsa da numerosi solchi che delineano le circonvoluzioni.

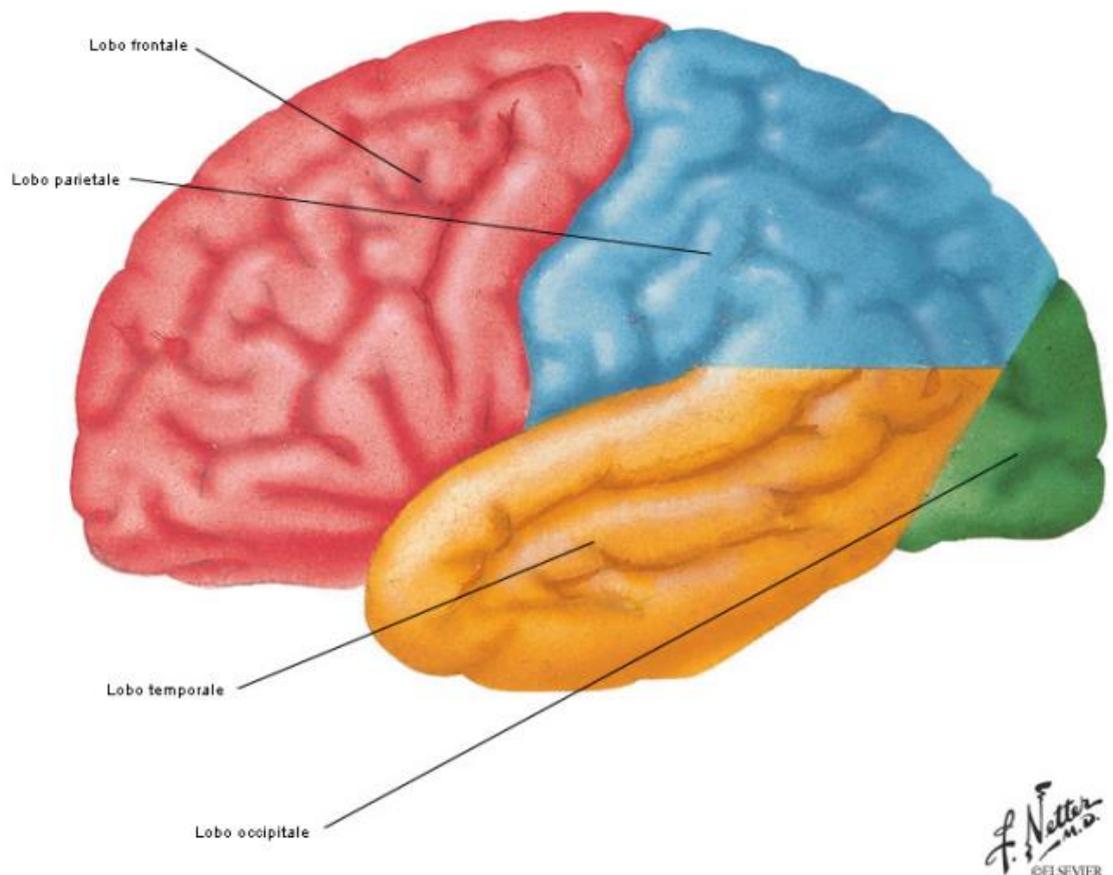


Figura 7 - Lobi dell'emisfero cerebrale

In ciascun emisfero vanno distinte una faccia laterale, una faccia mediale e una faccia inferiore.

La faccia laterale, di ciascun emisfero presenta tre poli: uno anteriore (polo frontale), uno posteriore (polo occipitale) ed uno inferiore (polo temporale) e quattro lobi: frontale, parietale, occipitale e temporale, separati tra loro da scissure.

Il lobo frontale viene separato da quello parietale per mezzo della scissura di Rolando ed in basso, da temporale mediante la scissura di Silvio.

Il lobo parietale è separato posteriormente dal lobo occipitale per mezzo del solco occipito-parietale e dai lobi frontale e temporale rispettivamente dalla scissura di Rolando e da quella di Silvio.

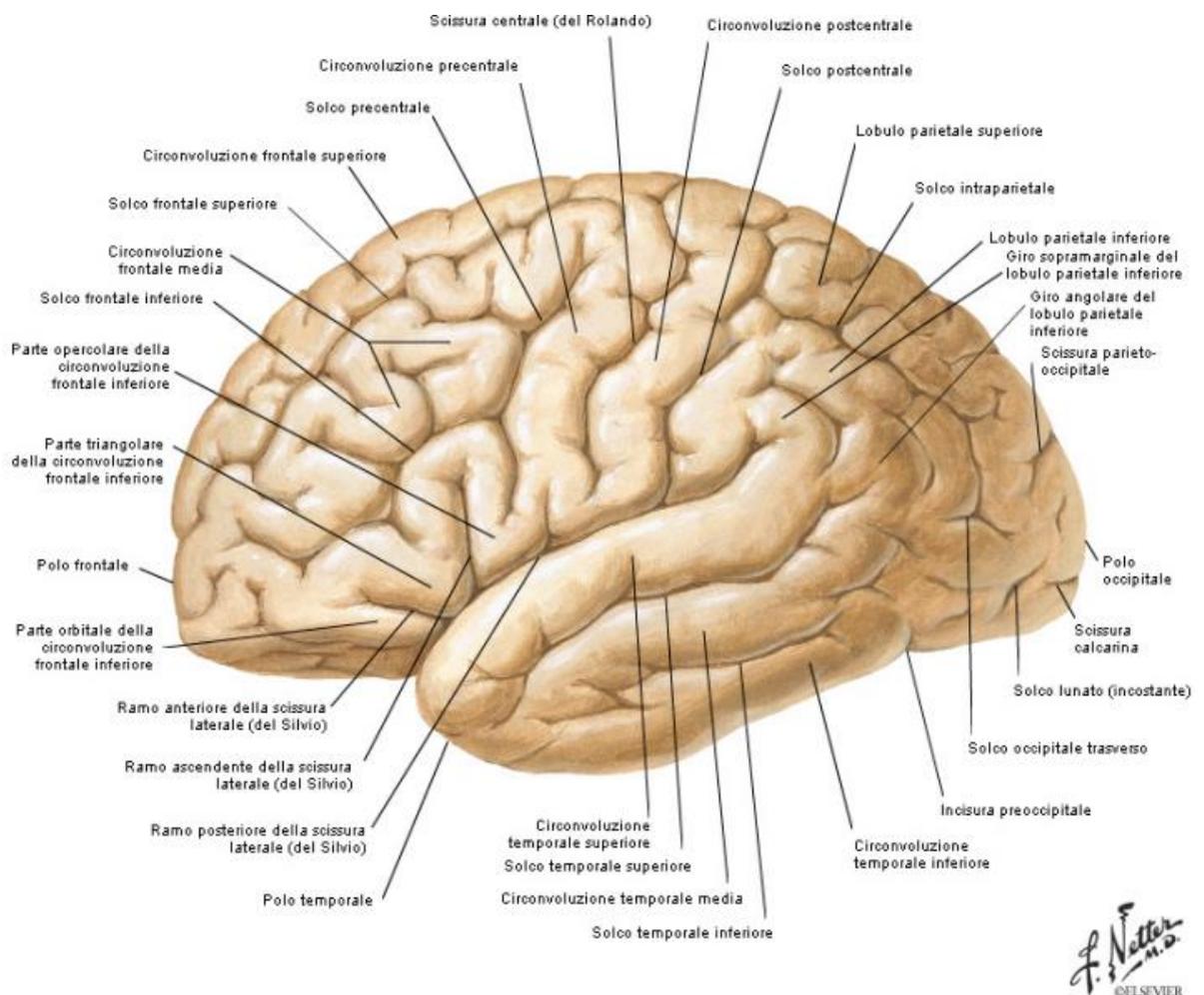


Figura 8 - Circonvoluzioni e solchi dell'emisfero cerebrale

Il lobo frontale è diviso per mezzo di tre solchi in quattro circonvoluzioni; tre orizzontali: circonvoluzione frontale superiore, circonvoluzione frontale

media e circonvoluzione frontale inferiore e una quasi verticale, la circonvoluzione pre-rolandica.

Il lobo parietale è separato, in avanti, dal frontale per mezzo della scissura di Rolando, indietro da quello occipitale per mezzo della scissura perpendicolare esterna, ed in basso dal lobo temporale per mezzo della scissura di Silvio.

Il solco interparietale e il solco post-rolandico delineano due circonvoluzioni distinte in parietale superiore e parietale inferiore ed in una a direzione ascendente, circonvoluzione post-rolandica.

Il lobo occipitale viene separato da quello parietale per mezzo della scissura perpendicolare esterna, e dal lobo temporale a mezzo del solco pre-occipitale.

Il lobo occipitale viene diviso in tre circonvoluzioni: occipitale superiore, media ed inferiore per mezzo di due solchi.

Il lobo temporale viene separato dagli altri tre lobi per mezzo della scissura di Silvio e del solco pre-occipitale. Due solchi, delimitano su questo lobo tre circonvoluzioni: temporale superiore, temporale media e temporale inferiore.

Il lobo dell'insula è situato al fondo della scissura di Silvio ed è visibile solo divaricando i margini dei lobi frontale e temporale della scissura.

La faccia inferiore di ciascun emisfero presenta le seguenti circonvoluzioni: nel lobo frontale si distinguono in senso mediolaterale il giro retto e le circonvoluzioni orbitali, mediale e laterale.

Sulla faccia inferiore del lobo temporale si distingue il lobulo fusiforme che, medialmente confina con la circonvoluzione dell'ippocampo. Andando verso dietro sono presenti il lobulo linguale e la circonvoluzione occipitale inferiore.

La faccia mediale degli emisferi corrisponde alla scissura interemisferica, nella quale scende la grande falce del cervello.

Distinguiamo su questa faccia dall'avanti all'indietro le seguenti circonvoluzioni: la circonvoluzione frontale interna, il lobulo paracentrale, il

lobulo quadrilatero ed il cuneo sopra il corpo calloso, la circonvoluzione sopra-callosa.

Sotto al corpo calloso si osserva la circonvoluzione dell'ippocampo.

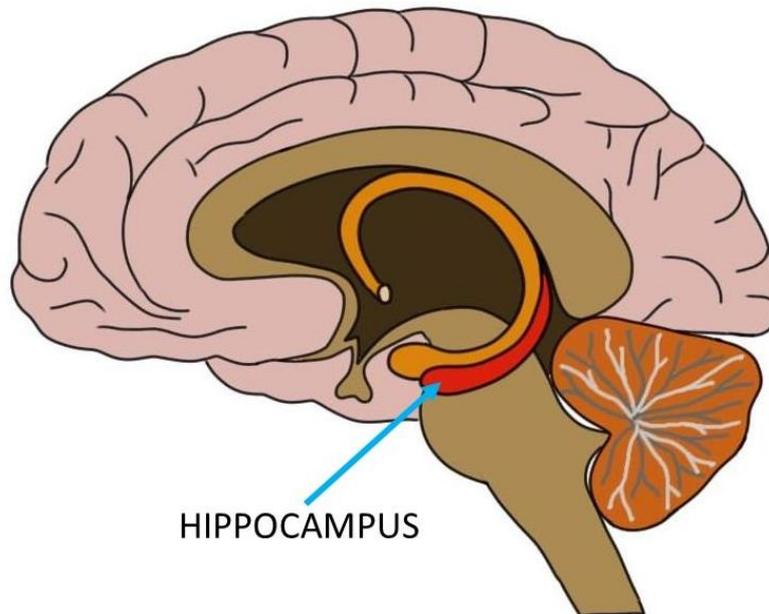


Figura 9 - Ippocampo

Posteriormente, a livello della faccia mediale del lobo occipitale, inferiormente al cuneo si trova la scissura calcarina.

La corteccia cerebrale si compone di sei strati cellulari sovrapposti che partendo dalla superficie avvolta nelle meningi e andando in profondità sono i seguenti: strato molecolare, strato granulare esterno, strato piramidale esterno, strato granulare interno e strato delle cellule fusiformi.

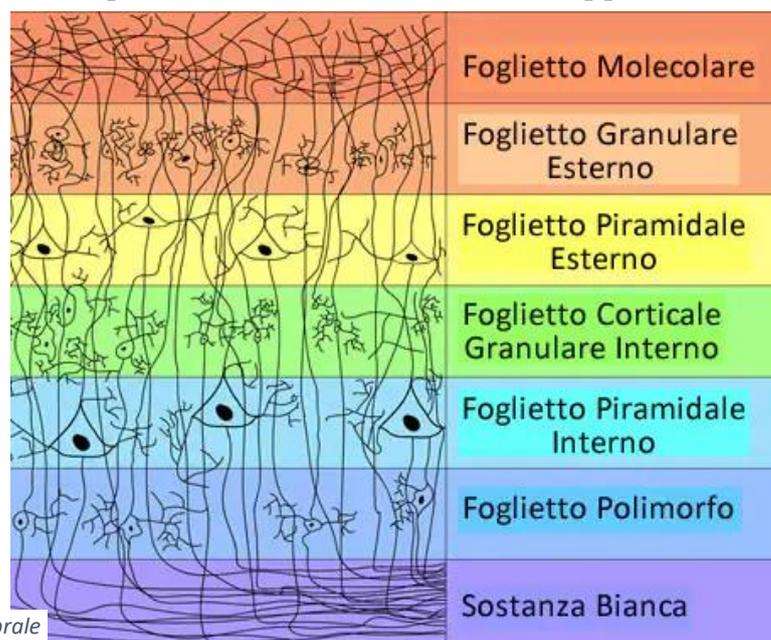


Figura 10 - Stratificazione corteccia cerebrale

I due emisferi cerebrali sono uniti mediante il corpo calloso.

Il corpo calloso è una lamina di sostanza bianca che si distende nel fondo della scissura interemisferica.

È suddiviso in quattro regioni che in senso antero-posteriore sono: rostro, ginocchio, tronco e splenio.

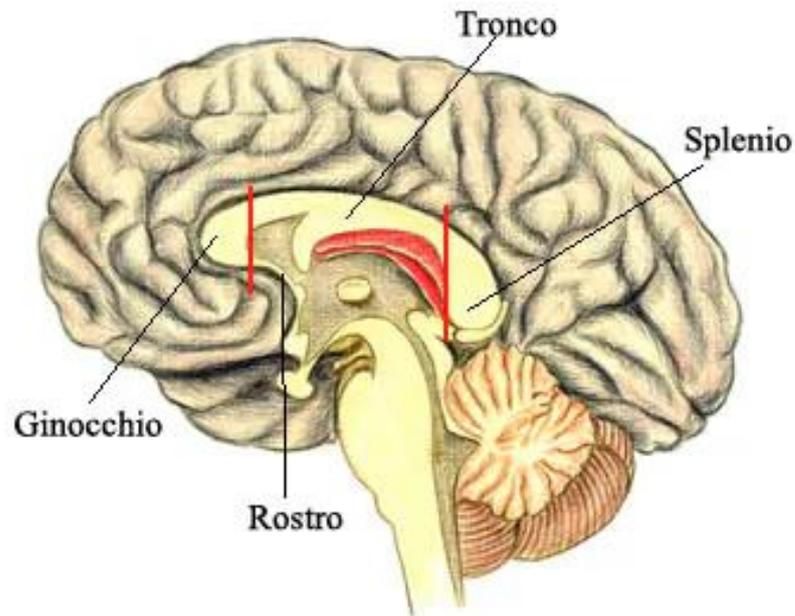


Figura 11 - Corpo calloso

Al di sotto del corpo calloso è situato il fornice, costituito da una lamina bianca appiattita.

Tra il corpo calloso e la parte anteriore del fornice si interpone un sottile setpimento, il setto pellucido che separa i corni frontali dei ventricoli laterali.

1.4 - I NUCLEI DELLA BASE

Nella sostanza bianca della massa telencefalica sono presenti dei nuclei di sostanza grigia, i nuclei del telencefalo, che sono: il corpo striato, il claustrò ed il nucleo amigdaloideo.

Essi, unitamente al pallido ed al talamo costituiscono i nuclei della base situati nella base del telencefalo.

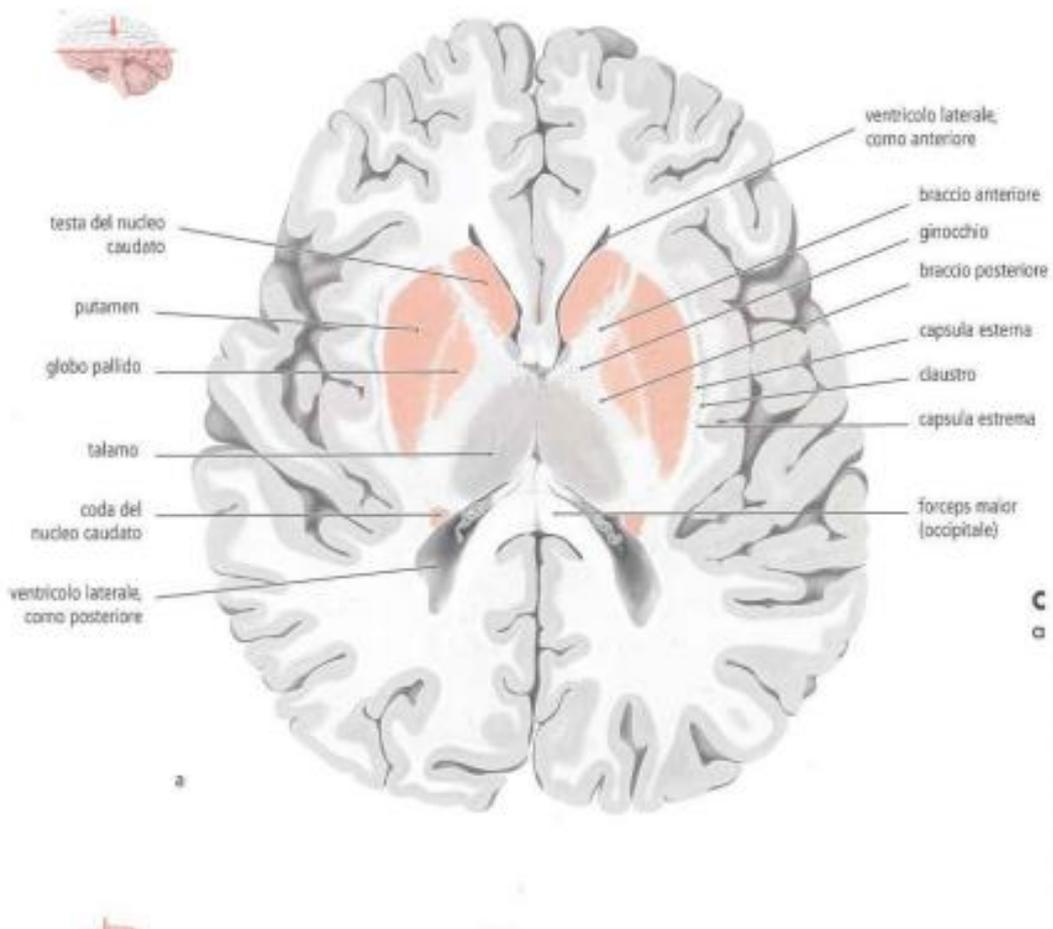


Figura 12 - Nuclei della base

Il corpo striato si compone di due parti: nucleo caudato ed il *putamen*.



Figura 13 - Corpo striato

Il nucleo caudato ha la forma di una grossa virgola, la cui estremità anteriore sporge nel corno frontale dei ventricoli laterali. Il *putamen* è congiunto alla testa del nucleo caudato mediante un ponte di sostanza grigia, è situato sotto e lateralmente al caudato. Il *putamen* consta di una lamina grigia che è applicata contro il pallido. Il *putamen* insieme al pallido costituisce il nucleo lenticolare.

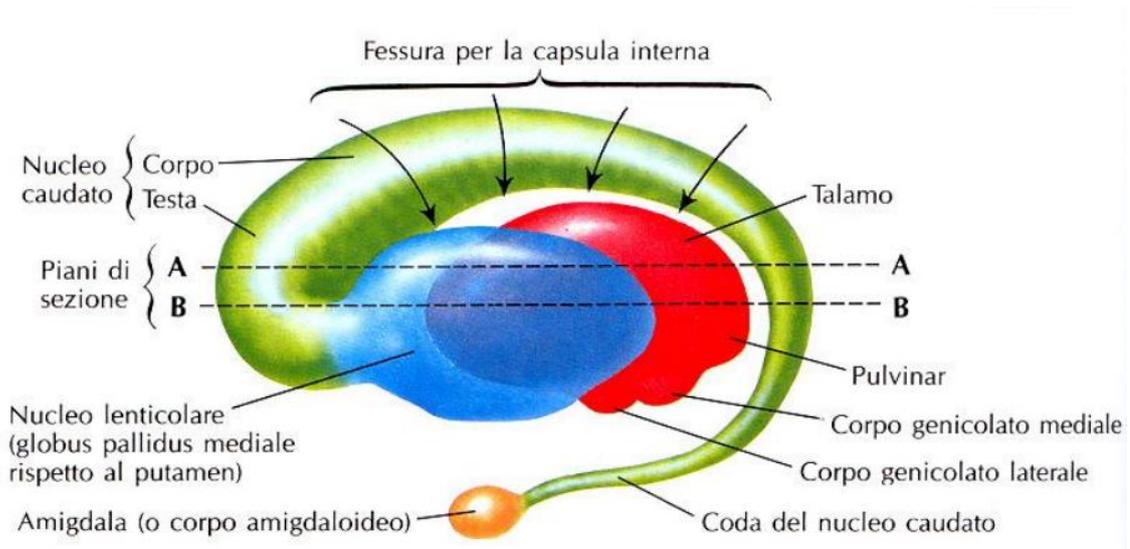


Figura 14 - Nucleo caudato

Tra il nucleo caudato, lenticolare e talamo si interpone la capsula interna. Tra la base del nucleo lenticolare e il claustrum si organizza la capsula esterna. Tra il claustrum e la corteccia dell'insula si delimita la capsula estrema. Nella capsula interna distinguiamo un braccio anteriore, un ginocchio e un braccio posteriore.

Nel braccio anteriore decorrono le fibre che collegano il nucleo caudato con il lenticolare. Nel ginocchio passa il fascio genicolato. Nel braccio posteriore ritroviamo il sistema discendente delle fibre della via piramidale.

1.5 - I VENTRICOLI LATERALI

Gli emisferi cerebrali posseggono al loro interno un sistema di cavità, i ventricoli laterali. Ogni ventricolo laterale presenta una porzione contenuta

nel lobo frontale, il corno frontale, una porzione che si incunea nel lobo occipitale, il corno occipitale ed una porzione che, scendendo al di sotto del talamo, si insinua nel lobo temporale, il corno sfenoidale.

La superficie di questi ventricoli laterali è rivestita da epitelio ependimale. Questo epitelio in alcuni punti si estroflette a rivestire i plessi corioidei. I plessi corioidei hanno la funzione che ritroviamo oltre che nei ventricoli laterali anche nella volta del terzo e quarto ventricolo, è quella di elaborare il liquido cerebro-spinale. Questo liquido percorre le diverse cavità encefaliche ed a livello della volta del quarto ventricolo fuoriesce attraverso il foro di Magendie e i fori di Luschka per decorrere tra la pia meninge e l'aracnoide a costituire il liquido cerebro- spinale esterno.

1.6 - LE MENINGI

Le meningi rappresentano un sistema di membrane che racchiudono e proteggono il nevrasse. Vanno distinte in dura madre, in aracnoide e in pia madre. Quest'ultima aderisce interamente alle formazioni del nevrasse.

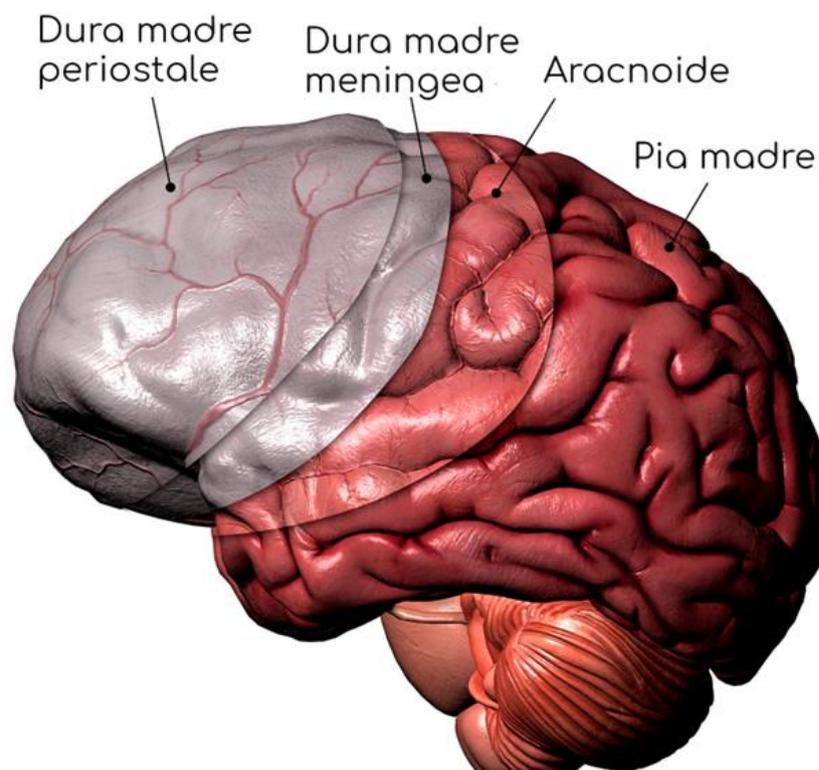


Figura 15 - Meningi

Tra la pia madre e l'aracnoide si trova lo spazio subaracnoideo nel quale decorre il liquido cerebro-spinale esterno, liquor.

Tra l'aracnoide e la dura madre vi è lo spazio sottodurale e lo spazio epidurale in cui decorrono vasi sanguigni arteriosi e venosi.

A livello del cranio la dura madre aderisce al tavolato interno delle ossa della volta cranica.

La dura madre si affossa in corrispondenza della scissura interemisferica a comporre la grande falce cerebrale. Anche a livello della falce superiore del verme cerebellare la dura madre compone un setto teso sagittalmente, la grande falce cerebellare.

A separare i lobi occipitali del cervello ai lobi del cervelletto si estende un sepimento di dura madre, il tentorio.

1.7 - LA VASCOLARIZZAZIONE DELL'ENCEFALO

La vascolarizzazione dell'encefalo proviene dalle due arterie carotidi interne e dalle due arterie vertebrali, rami quest'ultimi della succlavia.

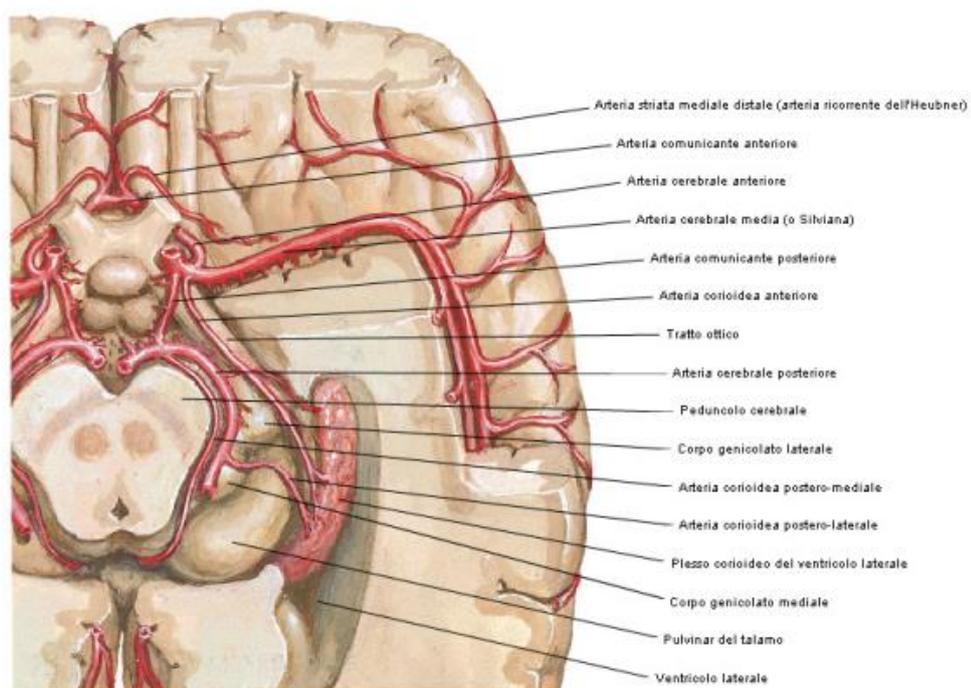


Figura 16 - Arterie dell'encefalo (veduta inferiore)

Le carotidi interne, destra e sinistra, entrano nella scatola cranica attraverso il foro carotideo.

Le arterie vertebrali giungono nel cranio attraverso il grande foro occipitale dopo aver percorso il canale costituito dalla sovrapposizione dei fori intertrasversali delle vertebre cervicali.

Nella scatola cranica le carotidi interne si dividono in una serie di rami deputati alla vascolarizzazione dell'encefalo. Queste arterie comporranno, con rami provenienti dal tronco basilare delle vertebrali, il cosiddetto poligono arterioso di Willis, che, situato ventralmente al cervello, varrà ad assicurare l'irrorazione dei segmenti alti dell'encefalo.

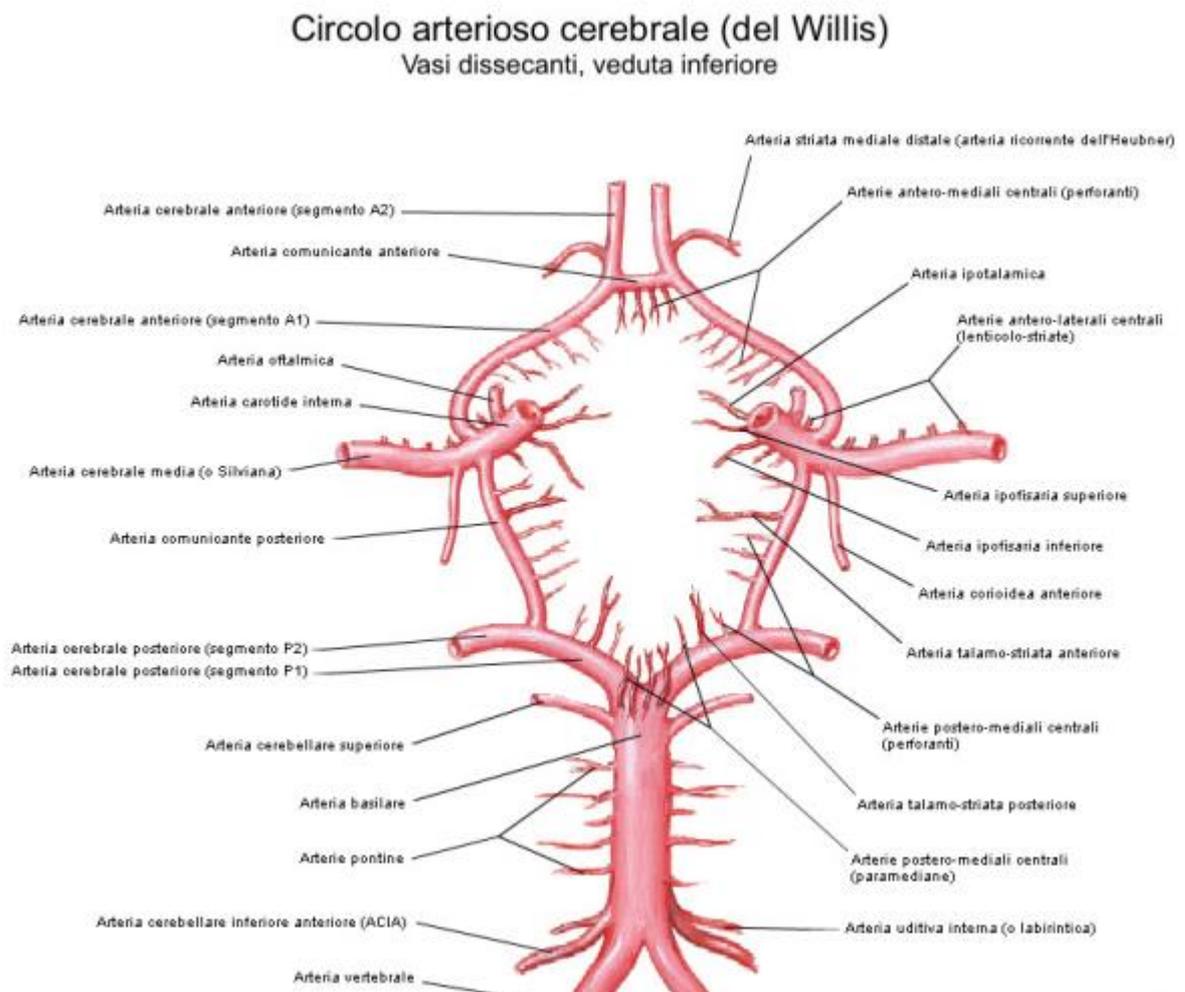


Figura 17 - Poligono di Willis – Vasi dissecanti, veduta inferiore

Il poligono di Willis è composto dalle seguenti arterie: in avanti dalle due cerebrali anteriori, unite tra loro mediante il ramo comunicante anteriore; sui lati, dalle arterie comunicanti posteriori. Questi rami derivano dall'arteria cerebrale media o direttamente dalla carotide interna. Il poligono viene chiuso posteriormente dalle due arterie cerebrali posteriori, che si originano dall'arteria basilare, troco arterioso che si è formato dalla riunione delle due arterie vertebrali, una volta entrate nel cranio.

Dal poligono di Willis si dipartono numerosi rami destinati ai segmenti alti dell'encefalo, mentre la vascolarizzazione dei segmenti inferiori (mesencefalo, ponte, cervelletto e bulbo) viene assicurata dai rami provenienti dal tronco basilare.

Il sangue venoso refluo dalla circolazione encefalica viene ricondotto nel circolo generale attraverso varie vie, delle quali le più importanti sono rappresentate dal sistema dei seni venosi della dura madre. Questi seni convogliano il sangue nelle vene giugulari interne, che a loro volta, attraverso il tronco anonimo e la vena cava superiore, lo riportano all'atrio destro del cuore.

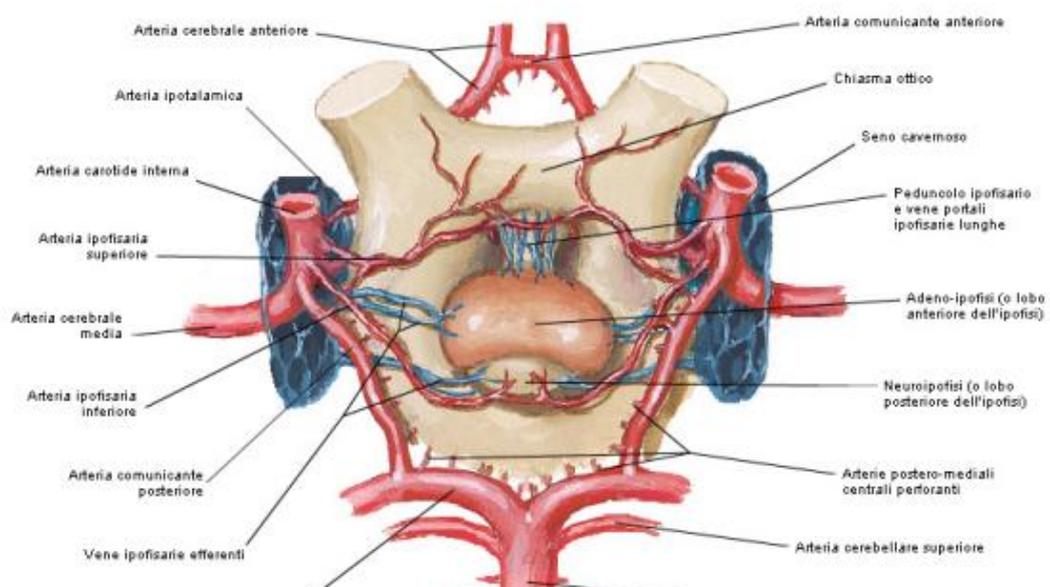


Figura 18 - Poligono di Willis - Vasi in situ, veduta inferiore

2. STUDIO TC DEL CRANIO

La tomografia computerizzata (TC o, in inglese, Computer Tomography) è una metodica diagnostica per immagini, che sfruttando delle radiazioni ionizzanti (i raggi X) consente la riproduzione di sezioni e strati corporei del paziente esaminato.

2.1 - PRINCIPI FISICI

L'acquisizione delle immagini TC, effettuata misurando la differenza fra i raggi X assorbiti dai tessuti del corpo rispetto e quelli emessi, è realizzabile secondo due modalità: l'assiale (in Figura 19, a sinistra) o la spirale (o volumetrica, in Figura 19 a destra)

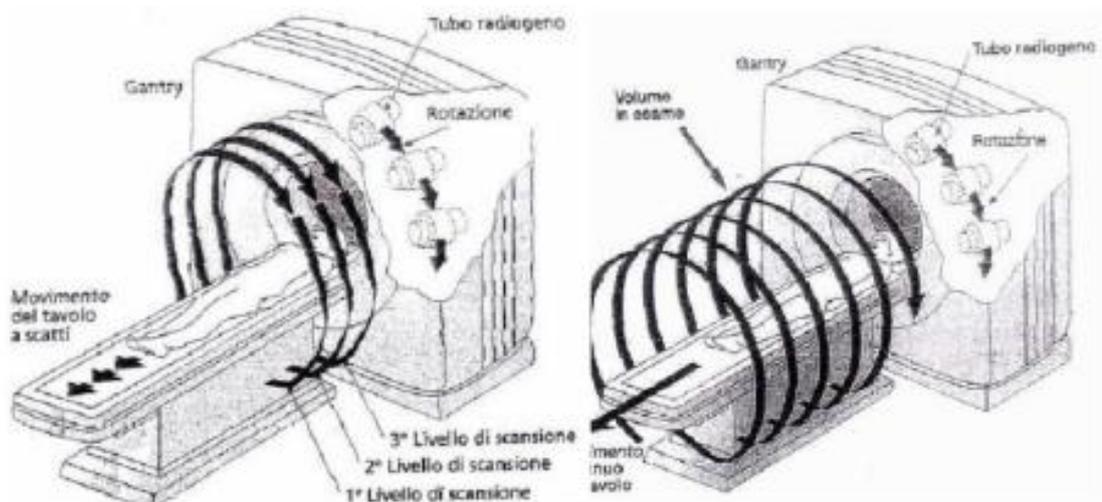


Figura 19 -Tecnica di acquisizione assiale - volumetrica

Il principio di funzionamento della TC consiste nell'irradiare il corpo del paziente con un fascio di raggi X (RX) che vengono dosati in base alle esigenze d'indagine e alle caratteristiche del paziente. I RX vengono emessi dal "Tubo radiogeno" (Figura 20) e, dopo aver attraversato il corpo del paziente, ciò che rimane di loro (ovvero un fascio di RX a energia minore, in quanto si è

attenuato in seguito al passaggio nei tessuti) viene raccolto da una schiera di detectori in grado acquisire la radiazione impattata su di essi.

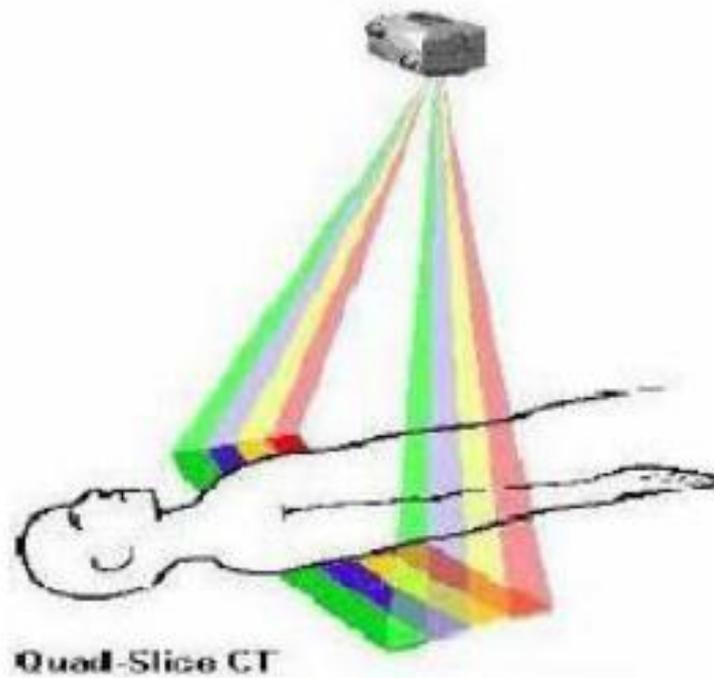


Figura 20 - Emissione di RX dal tubo radiogeno

Ciò che distingue le due modalità di scansione è lo spostamento verticale (ovvero in direzione dell'asse z) del lettino porta paziente.

In caso di scansione assiale il lettino si muove ad intervalli di tempo regolari: durante l'acquisizione (e quindi la rotazione del *gantry*) rimane fermo, mentre una volta terminata la scansione di una fetta (*slice*, una sezione del volume che si sta esaminando), il lettino si sposta sulla slice successiva. I dati ottenuti riguardano quindi una serie di singole slice, che possono essere confinanti o sovrapposte (a seconda del passo di avanzamento del lettino, avremo una diversa distanza fra una slice e la successiva) e che vengono rilevate a distanza di un certo periodo di tempo che corrisponde a quello impiegato dal lettino per spostarsi.

Nel caso della scansione a spirale, invece, il lettino si muove a velocità costante e l'acquisizione dei dati viene effettuata in modo continuo. Il

complesso tubo radiogenodetettori disegna una sorta di spirale intorno al paziente e acquisisce i dati relativi all'intero volume senza discontinuità spaziotemporali.

Indipendentemente dalla modalità di scansione utilizzata, l'attenuazione subita dai raggi X varia in modo proporzionale alla densità elettronica dei tessuti attraversati: tanto più il tessuto attraversato dalla radiazione è denso, tanto più si oppone al suo passaggio.

Di conseguenza, mentre i tessuti ossei che hanno elevata densità attenuano molto la radiazione, gli organi ricchi d'aria come i polmoni la lasceranno passare più inalterata.

La misura dell'intensità della radiazione (quindi dell'attenuazione causata dai tessuti) avviene in Unità Hounsfield (UH, o in inglese Hounsfield Unit - HU), la cui scala comprende 2001 diverse tonalità di grigio, che vanno dal nero (per rappresentare tessuti a bassa densità, come l'aria) al bianco (per rappresentare tessuti ad elevata densità, come l'osso).

Attraverso complessi algoritmi matematici e tecniche di ricostruzione delle immagini, dai parametri d'attenuazione rilevati è possibile generare immagini delle sezioni esaminate. Poiché le immagini prodotte sono di tipo digitale, il tessuto studiato viene suddiviso in una serie discreta di elementi di volume (voxel), ai quali corrisponde un unico elemento d'immagine (pixel), visualizzato in opportune scale di grigio in base all'attenuazione sopra menzionata. Le dimensioni di una singola immagine sono normalmente di 512×512 pixel, per una profondità di 16 bit/pixel (in Figura 21).

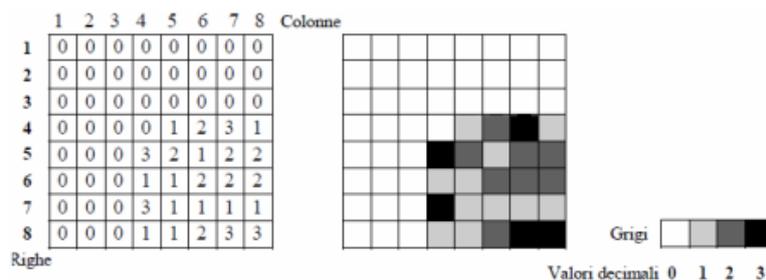


Figura 21 - Esempio di matrice 8x8

Queste immagini vengono successivamente visualizzate a monitor, permettendo al personale medico di analizzare i tessuti del paziente in modo non invasivo.

L'HU è l'unità di misura di alcune grandezze come "Radiodensity" e "Radioopacità".

Per "Radiodensity" si intende l'incapacità delle radiazioni (in tal caso di raggi X) di attraversare un corpo o tessuto (nota come attenuazione). È possibile dividere i tessuti irradiati in due gruppi: tessuti "radio densi", che si oppongono maggiormente al passaggio della radiazione; tessuti "radio trasparenti", che invece non mostrano grande opposizione al passaggio delle radiazioni.

Le HU prendono il nome dall'ingegnere Godfrey Newbold Hounsfield, inventore e realizzatore della metodica circolare alla base della TC. Secondo una scala lineare, si rappresentano i coefficienti di attenuazione dei tessuti a seconda della diversa radiodensità/radioopacità. Come valori di riferimento si hanno quello dell'acqua distillata (0 HU) e quello dell'aria alle medesime condizioni (-1000 HU), a pressione e temperatura standard 16. La scala è quindi composta da 2000 valori di HU (o tonalità di grigio), che vanno dal nero dei tessuti a bassa densità (quale l'aria, -1000) al bianco per i tessuti ad alta densità (come l'osso, +1000) (in Figura 22 è rappresentata la scala di grigi, mentre in Figura 23 c'è un esempio di scala delle densità in numeri HU)

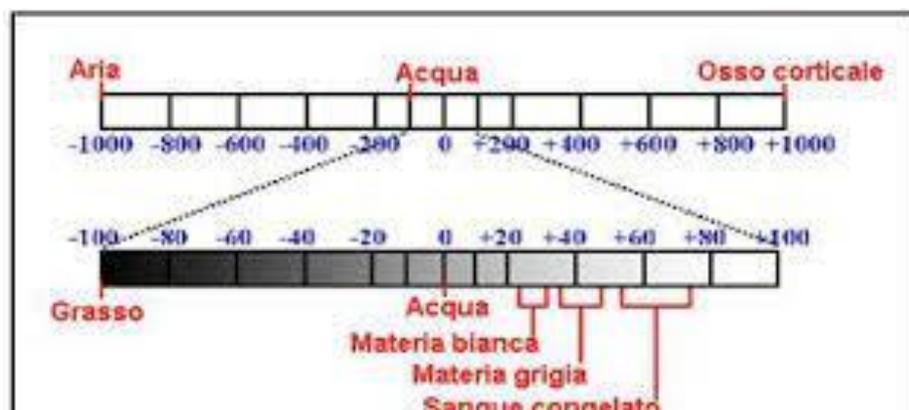


Figura 22 - Scala di grigi

In CT l'unità di misura è chiamata **HU** o Hounsfield Unit .

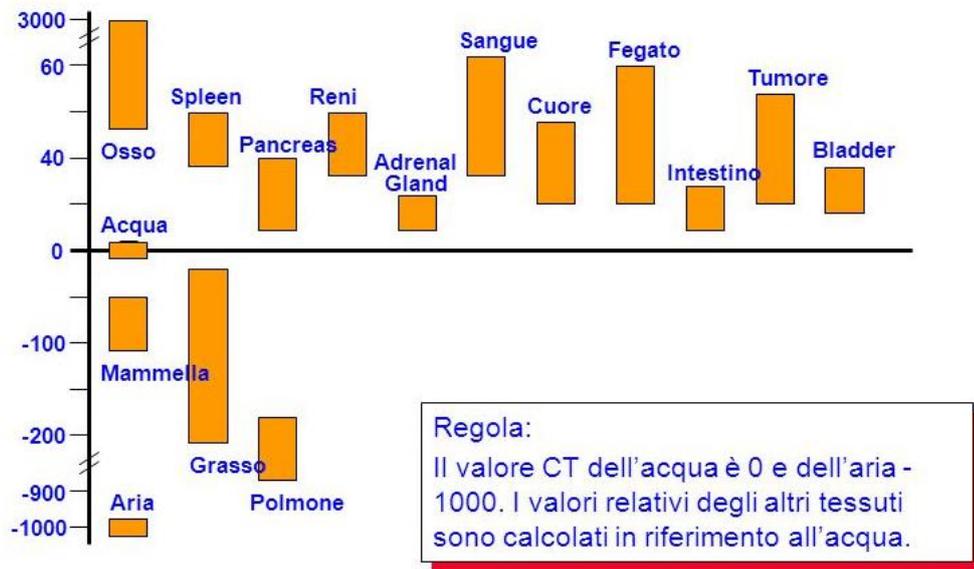


Figura 23 - Scala di densità

Nella tabella che segue vengono riportati alcuni valori di radiodensità, espressi in HU, per i tessuti e le sostanze più comuni nelle indagini TC e TCp. I loro valori (ad eccezione per i riferimenti di aria e acqua) non sono fissi, ma dipendono dai parametri energetici (come kV, mAs) del fascio radiante e dalla concentrazione del bolo di MdC iniettato.

Sostanza	HU
Aria	-1000
Grasso	-120
Acqua	0
Sangue	30-45
Muscolo	40
Contrasto	130
Osso	400 o più

2.2 - IL CONSENSO INFORMATO

Il consenso informato è la manifestazione della volontà del paziente, di esprimersi liberamente, quindi di scegliere, accettare o anche rifiutare un trattamento sanitario, dopo essere stato informato sulla diagnosi, il decorso previsto dalla malattia, tutti i possibili rischi ad essa correlati e sulle alternative terapeutiche e la loro conseguenza.

La legislazione ad esso connesso si basa nell'osservanza dei principi di alcune norme costituzionali, articoli 2, 13 e 32 e degli articoli 1, 2 e 3 della carta dei diritti fondamentali dell'Unione Europea.

Nel documento SIRM "Atto medico Radiologico" si afferma che il consenso all'effettuazione dell'esame radiologico, giuridicamente valido, deve essere informato.

L'informazione corretta e completa deve essere:

- a) semplice, perché il paziente non è esperto di medicina. Personalizzata in base alla cultura e alla comprensione dell'assistito, esauriente, perché l'informazione deve esplicitare i rischi prevedibili e veritiera, ma emotivamente equilibrata;
- b) esplicita. Non può mai essere desunta o implicita ma deve rispettare le modalità previste. La forma scritta non è sempre obbligatoria ma è prova certa dell'avvenuta informazione e può rappresentare un momento utile di riflessione per il paziente;
- c) libera. Non è valida su coercizione o acquisita con inganno o errore;
- d) personale. Deve essere rilasciata esclusivamente al diretto interessato, salvo eccezioni. Nel caso di minore o di soggetto malato di mente o incapace di intendere e di volere il consenso, per essere valido, dovrà essere prestato da chi ne esercita la potestà: i genitori o il tutore legalmente designato, ovvero il rappresentante legale (tutore o curatore) dell'incapace.

- e) consapevole e manifesta. Ottenuta dopo un'informazione corretta e completa dal paziente capace di intendere e di volere nel momento in cui viene espresso;
- f) preventiva. Deve precedere l'intervento sanitario restando suscettibile di revoca;
- g) specifica. Deve essere riferita unicamente alla prestazione, diagnostica e/o interventistica, che viene prospettata al paziente, salvo nei casi in cui si può configurare uno stato di necessità.

La raccolta del CI deve essere quindi effettuata da uno dei medici dell'area radiologica che concorre alla conduzione dell'esame. L'approvazione fornita dal paziente tramite sottoscrizione del CI potrà essere revocata in qualsiasi momento sino all'effettiva esecuzione dell'esame, in conformità al DPCM 22 febbraio 2013 (art. 57 c. 1, lettera h).



AZIENDA OSPEDALIERA DI RILIEVO NAZIONALE E DI ALTA SPECIALIZZAZIONE
"SANT'ANNA E SAN SEBASTIANO"
CASERTA

U.O.C. DIAGNOSTICA PER IMMAGINI

Direttore Dott. Paolo D'Andrea
radiologia@ospedale.caserta.it

**CONSENSO INFORMATO PER L'ESAME DI TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA (TC)
con MEZZO DI CONTRASTO (MDC)**

Scheda clinico-anamnestica

Per la corretta valutazione clinico-anamnestica è indispensabile conoscere dati relativi a:

Comprovato Rischio Allergico	SI	NO
Se sì, specificare:		
Insufficienza Renale	SI	NO
Insufficienza Epatica Grave	SI	NO
Insufficienza Cardio-Vascolare Grave	SI	NO
Diabete	SI	NO
Anamnesi per mieloma	SI	NO
Beta-bloccanti, FANS, Metformina	SI	NO
Se sì, specificare:		
Trattamento in corso con Farmaci	SI	NO
Assunzione di Alcool, Droghe	SI	NO

Data ___/___/___ Firma del Medico Richiedente _____

DICHIARAZIONE DI CONSENSO INFORMATO

Nome e Cognome del Paziente: _____ nato/a a _____
_____ il _____

- dichiara di essere stato/a informato/a dal Dr./Dr.ssa _____ riguardo alle indagini e/o terapie proposte, sulle indicazioni e sugli eventuali rischi che da essa possono derivare;
- conferma di aver ricevuto l'informativa e di aver ben compreso le spiegazioni che gli sono state fornite e pertanto **acconsente** a sottoporsi a questa procedura;
- accetta** inoltre di sottoporsi alle eventuali procedure d'urgenza che si rendessero indispensabili.

- Dati identificativi dei genitori (se minore d'età) _____

- Dati del legale rappresentante (se soggetto privo in parte/del tutto di autonomia decisionale) _____

Data ___/___/___ Firma del Paziente _____

Firma del Medico Operatore _____

Presentarsi il giorno dell'esame a digiuno da almeno 6 ore

Figura 24 - Modulo consenso informato AORN Caserta

2.3 - POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE

I pazienti che devono sottoporsi a un esame TC dell'encefalo senza l'utilizzo del mezzo di contrasto non necessitano di alcuna preparazione, in quanto non esistono controindicazioni, salvo rare eccezioni legate all'utilizzo delle radiazioni ionizzanti.

In caso di necessità di somministrazione endovena di mezzo di contrasto iodato, bisogna sempre valutare possibili controindicazioni legate ad allergia o a disturbi della funzionalità renale¹.

Una volta identificato correttamente il paziente, lo si accompagna nello spogliatoio e gli si chiede di rimuovere tutti gli oggetti metallici e non, presenti nella regione testa-collo (come, per esempio, protesi dentali removibili, orecchini, piercing, apparecchi acustici, collane e fermagli per capelli), che potrebbero limitare la qualità dell'esame.

Mentre il paziente si prepara, è buona norma impostare lo scanner, selezionando il protocollo, al fine di ridurre i tempi morti. Prima di procedere con il centraggio è fondamentale istruire il paziente per la corretta esecuzione dell'esame, informandolo sul fatto che l'esame è assolutamente indolore e di breve durata, nonché sulla necessità che egli rimanga immobile.

Il paziente viene posizionato in decubito supino, con la testa nell'apposito poggiatesta. È molto importante utilizzare i presidi in dotazione per immobilizzare la testa del paziente, al fine di evitare movimenti di flesso estensione e/o di rotazione durante la scansione TC.

Il centraggio del capo viene eseguito servendosi dei tre laser, orientati nei tre diversi piani dello spazio. Il laser sagittale dev'essere parallelo e sovrapposto alla linea mediana, quello coronale 1-2 cm anteriormente al meato acustico esterno e quello assiale passante per due strutture simmetriche come le orbite.

¹ Cfr. paragrafo 2.5



Figura 25 - Centratra mediante laser luminosi

Può essere necessaria l'iperestensione del capo per ottenere che il laser assiale passi per il canto esterno dell'orbita e del meato acustico esterno (piano orbitomeatale); inoltre, l'iperestensione del capo permette di limitare il volume di

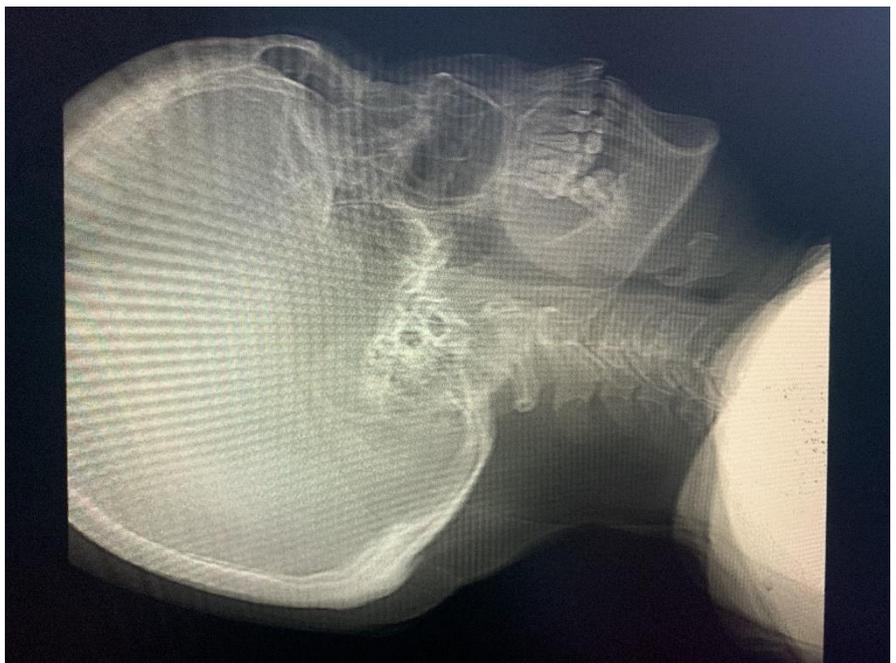


Figura 26 - Localizer

scansione, con conseguente risparmio di dose al paziente.

È comunque necessaria la verifica del corretto posizionamento del paziente, controllando nello scanogramma in laterale la perfetta simmetria di scansione che si raggiunge quando le strutture pari della testa in proiezione laterale risultano sovrapposte (tetti delle orbite, rami e condili mandibolari, meati acustici esterni).

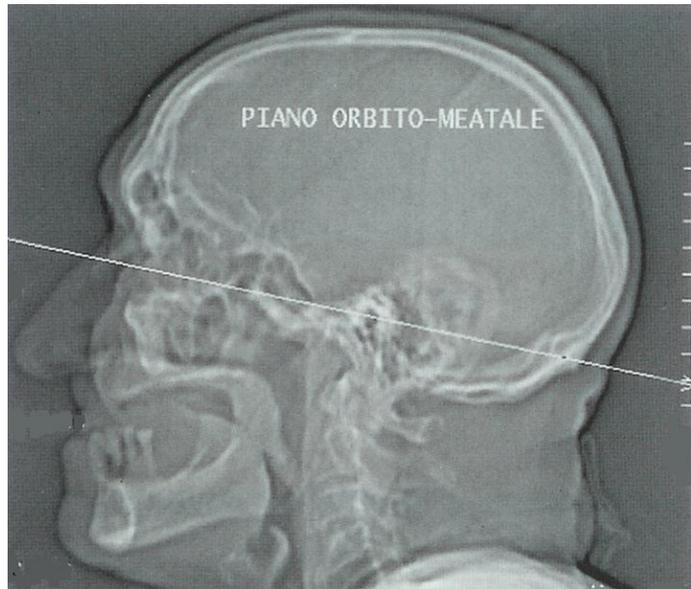


Figura 27 - Scannogramma laterale

2. 4 - ESECUZIONE DELL'ESAME

Sullo scanogramma iniziale viene impostato il volume di acquisizione TC che solitamente si estende dal forame magno al vertice comprendendo anche le strutture ossee.

Il pacchetto viene acquisito a 0.5 mm e ricostruito su un piano assiale con uno spessore che varia tra 3 e 4 mm e possibilmente a strati contigui, inclinati parallelamente al



Figura 28 - Posizionamento Pacchetto

piano orbitomeatale formato dalla giunzione interna e/o esterna delle due palpebre al meato acustico esterno.

Quando l'esame è finito si eseguono delle ricostruzioni con algoritmo di ricostruzione MPR, cioè multiplanar reconstruction, ricostruzioni multiplanari, si acquisisce un volume e si avrà sui 3 piani dello spazio un'immagine rielaborata.

A questo punto si può correttamente allineare il cranio, anche se il paziente aveva il cranio ruotato, si procede poi a fare l'inclinazione orbito - meatale.



Figura 29 - TC cranio dopo acquisizione

2.5 - STUDIO CON MDC

Il mezzo di contrasto è una soluzione iodata che ha assunto un ruolo importante nel campo della Diagnostica Radiologica, nella Risonanza Magnetica dinamica (DCEMR) e nell'Ecografia (DCE-US).

I mezzi di contrasto che sono stati messi a punto sono delle sostanze in grado di aumentare o diminuire l'attenuazione dei raggi X; andando ad alterare il contrasto dell'organo-lesione in esame, si evidenziano dettagli e particolari che rimarrebbero altrimenti insignificanti (si riesce ad ottenere distinzione del sangue contenuto nei vasi capillari - vene - arterie in esame rispetto agli altri).

È possibile ottenere la massimizzazione di enhancement (presa di contrasto da parte dei tessuti), in base a:

- concentrazione di iodio;
- volume con cui è iniettato nel condotto venoso;
- portata con cui si inietta (prestando attenzione alla pressione, misurata in psi, che si va ad esercitare nel condotto).

In tal modo si ottengono i massimi benefici nella quantificazione della qualità dell'immagine.



Figura 30 - Iniettore MDC

Per la somministrazione del mezzo di contrasto si deve scegliere un accesso venoso adeguato che garantisca la portata dell'iniezione.

È possibile regolare l'alto quantitativo di grammatura di iodio in 2 modi:

- diminuendo la concentrazione, e aumentando la portata;
- aumentando la concentrazione, e mantenendo costante la portata.

Piu è alta la concentrazione, minore sarà la portata con cui viene iniettato (Es: 1.2grammi iodio/sec, possono usare [300] a 4 ml/sec oppure [600] a 3ml/sec).

2.5.1 - STUDIO DEL CRANIO CON MDC

Per eseguire lo studio TC del cranio con mezzo di contrasto, bisogna tener conto del fatto che nella scatola cranica ci sono la dura madre e l'ectomeninge, costituita da aracnoide e pia madre.

Aracnoide e pia madre costituiscono la barriera emato-encefalica; essa consente di poter discriminare le sostanze che scorrono nel tetto vascolare arterioso e di consentire il passaggio solo alle strutture che hanno un calibro minore dei poli di barriera. Il mezzo di contrasto, quindi, così come i farmaci e le sostanze tossiche che possono essere in circolo, non raggiungono il tessuto cerebrale, grazie

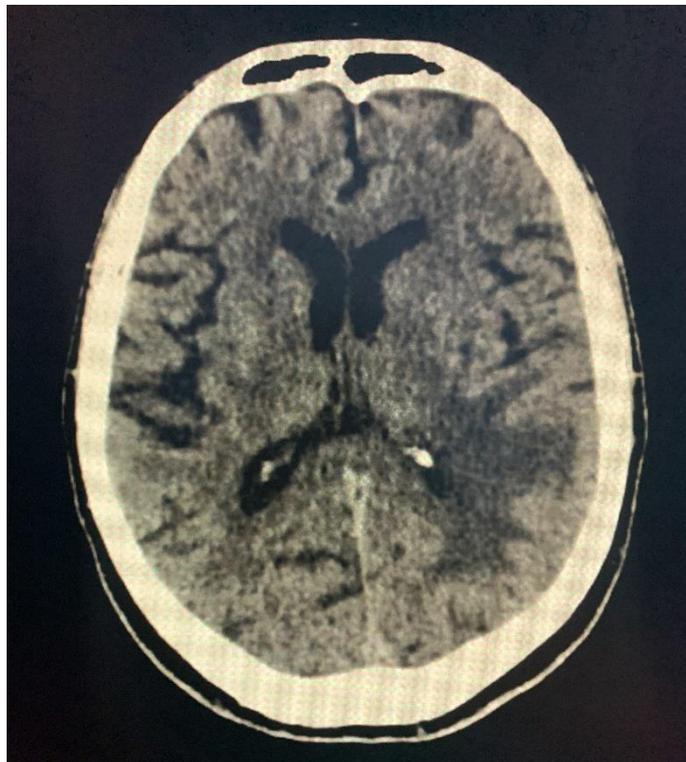


Figura 31 - TAC cranio con MDC

proprio alle meningi che con questa barriera tengono al di fuori del cervello i farmaci e le sostanze tossiche.

Il paziente che deve eseguire un esame con MdC deve sottoporsi ad una serie di esami preliminari, quali: RX torace, ECG, prelievi ematici (creatininemia, al fine di monitorare la funzionalità renale).

Prima di effettuare l'esame, il paziente - digiuno da almeno sei ore - viene preparato ed istruito dal personale infermieristico e tecnico sulla procedura che dovrà seguire durante le varie fasi dello stesso e sulle possibili sensazioni (bruciore e fastidio) provocate dall'immissione del mezzo di contrasto.

Normalmente, al paziente viene applicato un accesso venoso da 16/18 Gauge che consente una portata del MdC fino a 5-7 ml/sec.

Successivamente, il paziente viene fatto accomodare sul lettino della TC in modalità 'supino head first' (con la pancia rivolta verso l'alto).

La procedura standard da eseguire viene indicata di seguito:

- 1) viene eseguito uno scanogramma comprendente l'intera sezione del corpo interessata per l'indagine;
- 2) il tecnico programma l'iniettore del MdC (di solito si inietta 1.5-2 ml/mol pro chilo);
- 3) si attendono 3 minuti in modo da garantire al mezzo di contrasto di entrare in circolo e trovare punti nei quali la barriera ematoencefalica è danneggiata e quindi poter attraversare la lesione;
- 4) trascorsi i 3 minuti si procede a una nuova acquisizione identica a quella eseguita pre-contrasto.

3. STUDIO RM DELL'ENCEFALO

La Risonanza magnetica (RM) è una tecnica che usa potenti magneti e radioonde per analizzare le strutture interne del corpo. Essa combina i vantaggi delle altre tecniche di Imaging esistenti, senza tuttavia spartirne gli svantaggi. Come la Tomografia Computerizzata fornisce immagini tomografiche ed è dotato di eccellente risoluzione spaziale e di contrasto, come l'Ecotomografia non usa radiazioni ionizzanti e produce immagini multiplanari, come la Medicina Nucleare infine è in grado di fornire informazioni sui processi metabolici a livello tissutale.

3.1 - PRINCIPI FISICI

L'immagine RM si basa sullo studio delle proprietà magnetiche del nucleo dell'idrogeno o protone. L'idrogeno, infatti, rispetto agli altri elementi utilizzabili in RM è il più abbondante nell'organismo, ed è quello che produce segnale più intenso.

In assenza di alcun campo magnetico esterno, i momenti magnetici dei singoli protoni o nuclei di idrogeno sono orientati casualmente, nello stato di massimo disordine: pertanto la loro somma, magnetizzazione risultante (M), è praticamente nulla. Se l'insieme dei nuclei viene posto in un campo magnetico

omogeneo di forte intensità (B_0), essi si possono orientare secondo la direzione del campo B_0 , con verso parallelo o antiparallelo (Fig. 32).

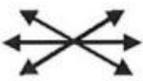
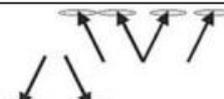
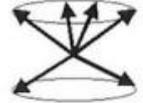
	Orientamento dei dipoli magnetici nucleari	Schema per la somma vettoriale dei dipoli	MM risultante
In assenza di B_0			nessuna
In presenza di B_0			
In presenza di B_0 e RF 90°			

Figura 32 - Tabella riassuntiva dei vettori di mm e MM

Precisamente, per il nucleo di idrogeno, per il quale sono possibili solo due livelli energetici quantici, poco più della metà dei momenti magnetici si orienta nello stesso verso di B_0 (orientamento parallelo), poco meno della metà si orienta invece con il verso opposto (orientamento antiparallelo).

Le casuali interazioni termodinamiche che intercorrono tra dipoli magnetici e macromolecole che li circondano determinano continua modificazione dell'orientamento degli spin, che quindi oscillano tra la situazione a minore energia e quella a energia più alta. Inoltre, sempre per effetto di B_0 il momento magnetico di ciascun protone comincia a ruotare, cioè a precedere attorno alla direzione di B_0 . Il movimento di precessione di ogni elemento si caratterizza per una velocità e per una frequenza definite. Quest'ultima è funzione solamente dell'intensità del campo magnetico statico B_0 .

Lo stato di equilibrio può essere alterato mediante l'applicazione di onde elettromagnetiche la cui frequenza sia uguale a quella della precessione nucleare (frequenza di Larmor). Solo in tali condizioni si verifica il fenomeno di Risonanza Magnetica, con passaggio di energia dalla radiazione elettromagnetica al sistema di nuclei.

La radiazione elettromagnetica usata per provocare la Risonanza Magnetica dei nuclei di idrogeno viene comunemente denominata radiofrequenza (RF). Nel campo di imaging la RF viene applicata per tempi molto brevi (dell'ordine di microsecondi) per cui si parla di impulsi RF.

L'applicazione di RF equivale all'applicazione di un secondo campo magnetico perpendicolare a B_0 , detto B_1 , ha un'intensità molto minore a B_0 ruota nel piano x,y perpendicolare a B_0 , ad una frequenza uguale a quella della precessione nucleare, inducendo così il fenomeno di Risonanza Magnetica Nucleare.

La stimolazione RF, in condizioni di Risonanza provoca due fenomeni simultanei. In primo luogo, i nuclei di idrogeno tendono a precedere oltre che

intorno a B_0 anche intorno a B_1 ed in fase con esso; di conseguenza tutti i nuclei non solo hanno la stessa frequenza, ma anche la stessa fase di precessione (Fig. 33).

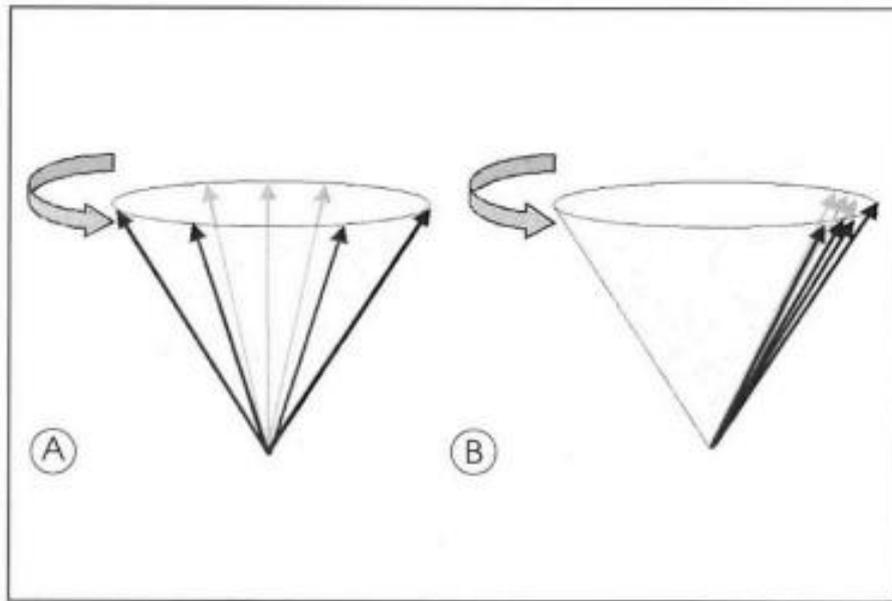


Figura 33- Precessione libera (A) e in coerenza di fase (B)

In secondo luogo, alcuni protoni passano dal livello energetico basso al livello energetico alto. Questi due fenomeni spostano la Magnetizzazione risultante (M) dal suo allineamento con B_0 . M si allontana dall'asse z seguendo la precessione nucleare; compie pertanto una traiettoria a spirale. Più intenso e prolungato è l'impulso RF, maggiore è l'angolo con cui M si allontana dall'asse z . A questa situazione corrisponde la scomparsa di M sul piano longitudinale (ML) e la creazione di una magnetizzazione trasversale (MT), rotante sul piano xy , ortogonale a z .

Questo processo si verifica per impulsi a 90° , che consistono nell'invio di un'onda radio alla frequenza di Larmor con ampiezza e durata tali da mutare la Magnetizzazione longitudinale dalla sua posizione originaria fino al piano trasverso xy (Fig.34).

Il sistema di spin, al finire dello stimolo esterno, tende a ripristinare le condizioni iniziali, energeticamente più favorevoli (rilassamento). Tale riassetto

nucleare comporta la cessione di energia e, quindi, una variazione in Magnetizzazione Trasversa che, in quanto campo magnetico variabile nello spazio, genera una forza elettromotrice (fem) in una bobina opportunamente orientata, solitamente la stessa che ha inviato l'impulso, posta alternativamente in condizione di trasmissione e di ricezione. La fem indotta nella bobina rappresenta la base del segnale, che viene chiamato Free Induction Decay (FID).

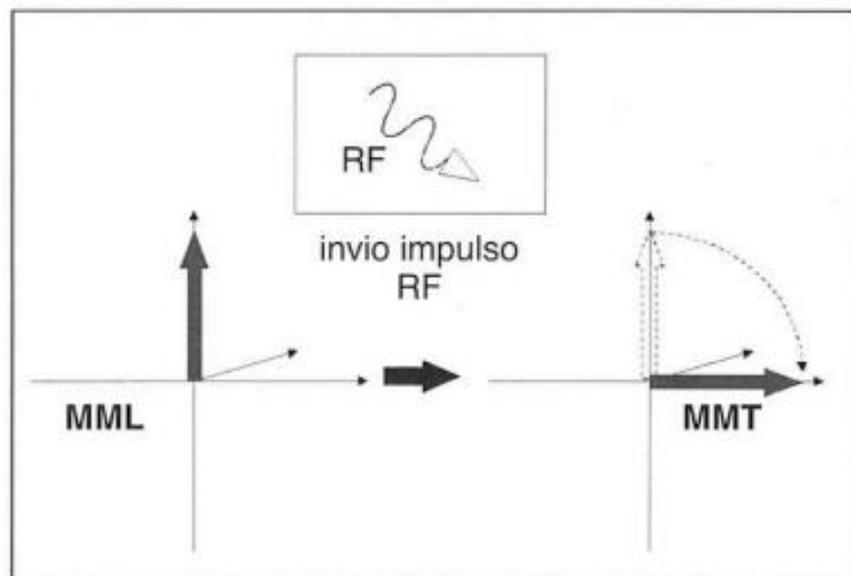


Figura 34- Invio dell'impulso RF e creazione della MMT

Solo la Magnetizzazione Trasversa attraversa l'antenna ricevente e vi genera la FID, potendo così essere rilevata e misurata, al contrario la Magnetizzazione Longitudinale non genera alcun segnale e non è pertanto misurabile direttamente.

3.2 - IL SISTEMA A RISONANZA MAGNETICA

Il tomografo RM si configura come un sistema estremamente complesso. La formazione dell'immagine in Risonanza Magnetica richiede un potente campo magnetico, che sia anche uniforme e stabile, per magnetizzare l'oggetto in esame. Sono inoltre richiesti gradienti magnetici, di più debole intensità e rapidamente variabili nel tempo; un sistema per la trasmissione/ricezione della

radiofrequenza; ed un sistema di elaborazione dati. Le apparecchiature che provvedono a ciascuna di queste esigenze possono essere considerate come sottosistemi, integrati nell'unità RM. L'impianto di RM deve inoltre essere ospitato all'interno di un sito idoneo a contenere il campo magnetico generato.



Figura 35 - Tomografo RM

Le componenti del tomografo sono essenzialmente suddivise in quattro gruppi funzionali:

- Magnete
- Sistema di gradienti
- Bobine RF
- Computer

3.2.1 - IL MAGNETE

Il magnete ha il compito di generare il campo magnetico statico, o principale, caratterizzato da intensità, omogeneità e stabilità temporale. L'intensità di campo è misurata in Tesla (1 T= 10000 Gauss) e varia nei sistemi di imaging attualmente disponibili tra 0,2 e 3 T, con larga diffusione della

fascia media (da 1,5 a 3 T), giudicata la più valida alla formazione di immagini di buona qualità ed elevato contenuto diagnostico.

3.2.2 - IL SISTEMA DEI GRADIENTI DI CAMPO MAGNETICO

Il sistema di gradienti ha lo scopo di aggiungere al campo magnetico statico un campo magnetico variabile, crescente in modo lineare nelle tre direzioni dello spazio, cosicché a ciascun voxel corrisponda costantemente una frequenza caratteristica di risonanza e, quindi, di emissione.

I gradienti di campo vengono generati e opportunamente attivati dalle bobine resistive, allocate nel tunnel del magnete principale, e introducono variazioni di fase e di frequenza nel moto degli spin, consentendo la codificazione spaziale del segnale di risonanza proveniente dai singoli voxel, ordinati per righe e colonne.

Ciascun gradiente è generato da una coppia di bobine, di varia forma, disposte una di fronte all'altra, in ciascuna delle quali circola corrente con direzione opposta. Nello spazio compreso tra le bobine si genera così un gradiente magnetico.

3.2.3 - LE BOBINE PER GLI IMPULSI RF

Le bobine per gli impulsi RF sono i componenti di un tomografo RM necessari a trasmettere l'energia d'eccitazione ai nuclei in esame, deviandoli dal loro stato d'equilibrio allineato al campo magnetico principale (B_0). Agiscono in coordinazione con il sistema dei gradienti e sono delle vere e proprie antenne che cedono energia alla frequenza di risonanza agli spin nucleari (trasmissione) e rivelano il segnale di FID (ricezione).

3.2.4 - IL COMPUTER

Il computer costituisce la parte centrale del sistema RM e controlla, tramite apposite interfacce, tutte le operazioni eseguite. Il computer organizza tutte le

fasi dell'esame e i successivi passaggi, quali sintonizzazione delle bobine, digitalizzazione dei segnali analogici ricevuti, effettuazione della Trasformata di Fourier, ricostruzione e visualizzazione delle immagini.

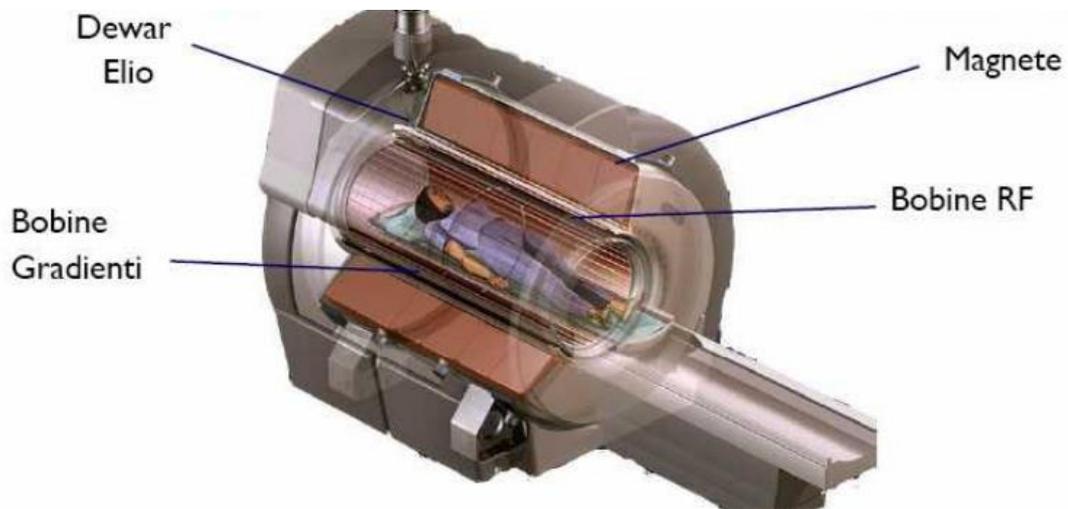


Figura 36 – Componenti tomografo RM

3.3 – ATTIVITA' PRELIMINARI ALL'ESAME

Prima di procedere alla esecuzione dell'esame, il paziente viene reso edotto dei rischi correlati alla esecuzione dello stesso, attraverso la sottoscrizione del modulo del consenso informato, di cui si è già parlato nel paragrafo 2.2².

Il paziente, inoltre, dovrà compilare e sottoscrivere il questionario di accertamento per rilevare eventuali controindicazioni assolute o relative allo svolgimento di un'indagine RM.

Il documento SIRM del 14/01/2021 stabilisce che il questionario anamnestico deve prevedere i quesiti allo stato dell'arte delle conoscenze relativi alle possibili controindicazioni all'esecuzione dell'esame RM, e va eventualmente integrato sulla base delle scelte che competono al medico

² Cfr. pag.27

responsabile della sicurezza clinica e dell'efficacia diagnostica dell'apparecchiatura RM.

Altra importante novità introdotta dal DM del 14/01/21 riguarda la possibilità di eseguire esami RM su pazienti portatori di dispositivi impiantabili (pace-maker ecc.) non permessa in precedenza da quanto contenuto nell'allegato 1 del DM 2 agosto 1991, secondo il quale: *“debbono essere esclusi da analisi RM persone portatrici di pacemaker cardiaco; altre protesi dotate di circuiti elettronici; preparati metallici intracranici o comunque posizionati in prossimità di strutture anatomiche vitali; clips vascolari o schegge in materiale ferromagnetico”*.

La gestione dell'accesso dei pazienti portatori di dispositivi impiantabili attivi deve essere comunque gestita con attenzione, tenendo conto della corretta giustificazione dell'esame e, nel caso di portatori di pace-maker, con la realizzazione di protocolli con il concorso del medico cardiologo. Tale aspetto riguarda anche persone che per motivi di lavoro entrano nel sito RM.

L'accesso al sito RM di persone portatrici di dispositivi impiantabili o di altri materiali o preparati dovrà essere valutato con la massima attenzione caso per caso.

L'esigenza di informare adeguatamente il paziente viene garantita anche attraverso l'affissione nei locali in cui viene eseguito l'esame di apposita segnaletica (Figura 37).



Figura 37 - Pittogrammi

3.4 - PREPARAZIONE DEL PAZIENTE

Il paziente, prima di essere condotto allo spogliatoio e accedere successivamente all'interno della sala magnete, deve depositare negli appositi armadietti tutti gli oggetti metallici, ferromagnetici e di supporto magnetico in proprio possesso (telefoni cellulari, orologi, anelli, collane, orecchini, gioielli, fermagli, monete, carte di credito, tessere magnetiche, etc).

Una volta accompagnato allo spogliatoio, è invitato sia a depositare tutti gli oggetti che costituiscano controindicazione all'accesso alla sala magnete, nonchè a togliere le scarpe e tutti gli indumenti ad eccezione di quelli intimi. Il paziente deve indossare solamente gli indumenti forniti o autorizzati dal personale di servizio e preferibilmente non deve indossare indumenti di tessuto in materiale sintetico. Dovrà inoltre rimuovere eventuali cosmetici dal viso e piercing presenti sul corpo.

Il paziente, prima di accedere alla sala magnete, deve togliere eventuali apparecchi per l'udito, dentiere, protesi dentarie mobili, occhiali o lenti a contatto.

Le donne portatrici di spirale devono essere informate del fatto che la spirale, pur non rappresentando una controindicazione all'esame di RM, necessita di essere poi controllata dallo specialista, che dovrà verificarne il corretto posizionamento.

I soggetti con estesi tatuaggi devono essere informati sulla possibilità che alcuni colori possono contenere dei pigmenti costituiti da piccole particelle metalliche che potrebbero in alcuni casi surriscaldarsi e provocarne in casi più gravi delle vere e proprie ustioni.

3.5 - POSIZIONAMENTO DEL PAZIENTE

Il paziente viene fatto distendere sul lettino in decubito supino con accesso al gantry craniale; viene fatta assumere una posizione comoda per consentire una agevole permanenza all'interno del gantry.

Al fine di evitare anche i più piccoli movimenti, si posizionano dei cuscinetti contenitivi di gomma piuma ai lati del cranio.

Vengono date al paziente delle cuffie per proteggere le orecchie dai forti rumori provocati dalla risonanza magnetica.

Il cranio viene posizionato in modo tale che il piano orizzontale tedesco sia perpendicolare al piano d'appoggio; l'intero cranio deve essere all'interno del campo di vista della bobina utilizzata e la centratura viene effettuata alla glabella.

Al paziente correttamente posizionato e informato su come verrà condotto l'esame viene dato, prima di essere introdotto nel gantry della risonanza magnetica, un campanello di allarme da usare in caso di necessità.

3.6 - ESECUZIONE DELL'ESAME

Per l'esecuzione dell'esame di risonanza magnetica dell'encefalo è necessario un campo magnetico minimo di 1,5 T. Per lo studio dell'encefalo sono disponibili bobine di tipo Head coil. Queste bobine sono trasmettenti e riceventi a singolo canale; trasmettono, quindi, gli impulsi di radiofrequenza e ricevono il segnale dai tessuti. Vengono definite a "gabbia d'uccello" (Bird Cage) per la loro particolare geometria costruttiva.



Figura 38 - Bobina Head coil

Per l'esecuzione dell'esame dell'encefalo viene eseguita una sequenza veloce di localizzazione generalmente sui 3 piani, sagittale, assiale e coronale chiamata a seconda delle varie case costruttrici, 3 plane o survey o localizer.

Il piano **assiale** viene posizionato dal piano sagittale obliquandolo secondo la linea bicallosale o bicommissurale.

Il pacchetto di acquisizione deve cominciare dal forame magno e finire alla convessità. Il pacchetto ha il suo centro in corrispondenza del corpo calloso e la sua inclinazione deve essere fatta in modo tale da avere la slice centrale tangente al rostro, ginocchio anteriore e splenio.



Figura 39 - Posizionamento del pacchetto in assiale

Il piano **sagittale** viene posizionato dal piano coronale e dal piano assiale seguendo la scissura interemisferica e il rachide.

La slice va inclinata perfettamente mediana.

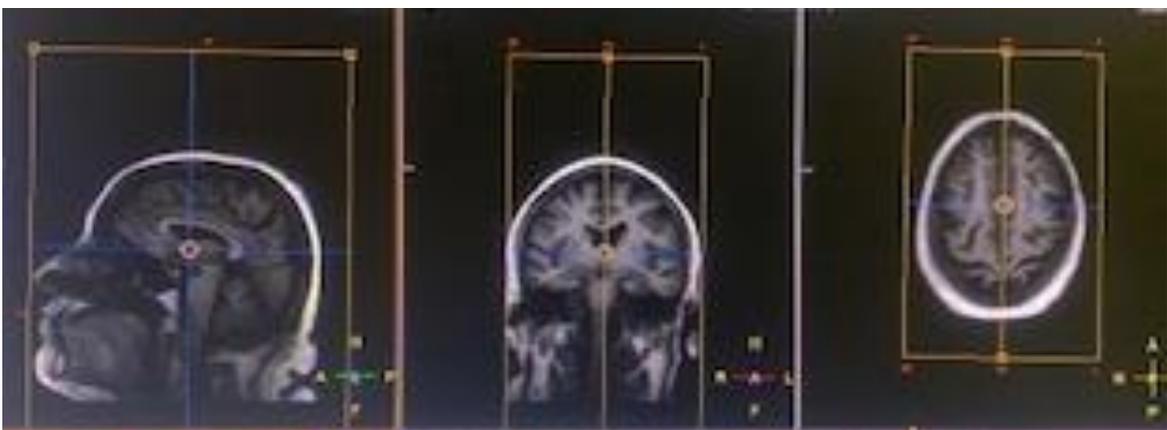


Figura 40 - Posizionamento del pacchetto in sagittale

Il piano **coronale** viene posizionato dal piano sagittale e dal piano assiale con obliquità tangente l'asse bulbo ponte.

Il pacchetto deve coprire tutta la scatola cranica dalla fossa cranica anteriore fino all'occipite .

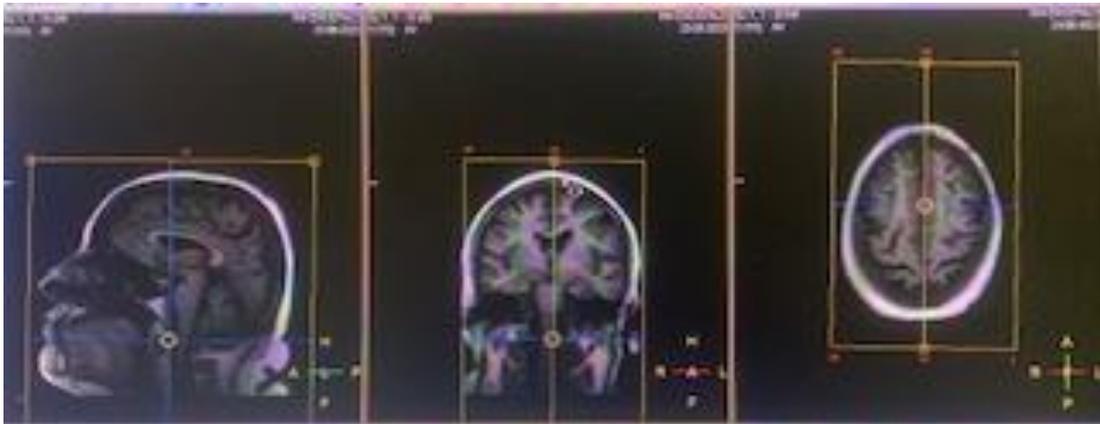


Figura 41 - Posizionamento del pacchetto in coronale

3.7 - LE SEQUENZE PER LO STUDIO ENCEFALICO

3.7.1 - LA DWI

Le sequenze **Diffusion-Weighted (DWI)** sono in grado di fornire un contrasto dipendente dal moto delle molecole di acqua nei tessuti.

Il contrasto dipendente dal moto delle molecole di acqua nei tessuti è ottenuto attraverso l'uso di due impulsi di gradiente applicati in successione, uguali in intensità e direzione, ma con verso opposto. Per esempio, se si vuole misurare il movimento delle molecole nella direzione x , questi due gradienti sono applicati con uguale intensità, ma con verso opposto, in tutti i punti con la stessa coordinata x . Per questo motivo, se un voxel di tessuto contiene acqua che non si muove lungo la direzione x , gli effetti dei due gradienti applicati si annulleranno vicendevolmente. Se, invece, vi sono delle molecole di acqua che presentano un movimento lungo la direzione x , per esempio il movimento dovuto alla diffusione, esse saranno soggette al primo impulso di gradiente in

una posizione precisa dell'asse x, e al secondo impulso in un punto diverso. Per queste molecole, l'intensità dei due gradienti applicati in successione non sarà più la stessa e, quindi, non si avrà più una compensazione dei loro effetti.

La differenza di intensità di gradiente cui è sottoposta la molecola di acqua sarà, dunque, proporzionale al suo spostamento lungo l'asse x che essa ha compiuto nell'intervallo di tempo che separa le applicazioni dei due gradienti successivi. Pertanto, i protoni delle molecole che si muovono più rapidamente saranno sottoposti a un defasamento di maggiore entità.

Nel cervello, la diffusività apparente delle molecole non è isotropa, non è, cioè, identica in ogni direzione dello spazio, perché la struttura dei distretti anatomici esaminati fa sì che esistano direzioni preferenziali di diffusione, ad esempio lungo le fibre nervose della materia bianca.

La natura anisotropa della diffusione in ambito encefalico può essere evidenziata confrontando le immagini DWI ottenute applicando i gradienti lungo le tre direzioni ortogonali dello spazio. Ciascuna delle immagini così ottenute contiene, pertanto, informazioni sul valore di ADC relativo alla direzione considerata. Per ottenere un'immagine dipendente solo dall'intensità totale di ADC, le tre immagini ottenute per le tre direzioni possono essere ricombinate, effettuando una media. In particolare, si tratta di una media geometrica, estraendo la radice cubica del prodotto tra le tre immagini.

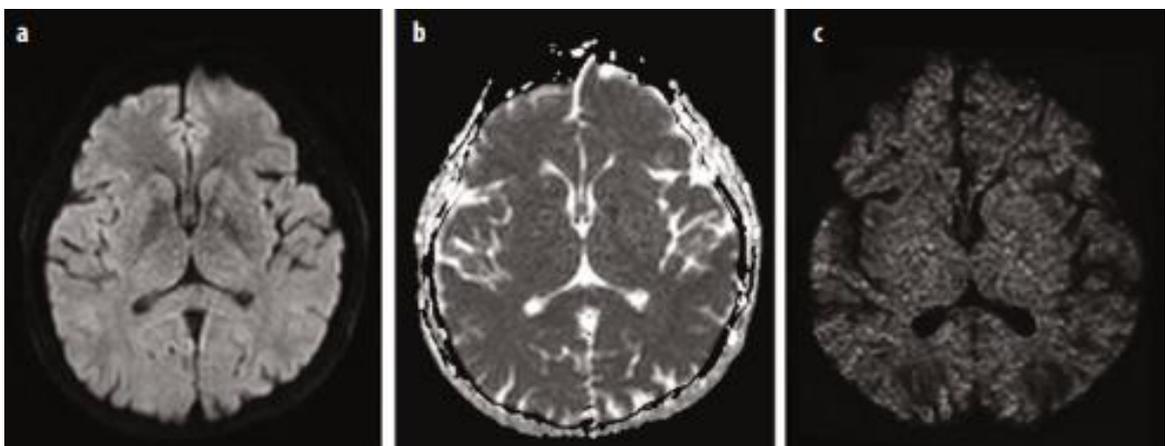


Figura 42 - DWI Encefalo

Le immagini pesate in diffusione consentono di avere informazioni migliori di quelle ottenute in RM riguardo a traumi cranici in fase acuta o subacuta (si riescono a rivelare meglio lesioni di minore entità), tumori (si riescono a distinguere, in caso di lesioni neoplastiche, le componenti cistiche e/o necrotiche da quelle solide), sclerosi multipla (si riescono ad evidenziare aspetti particolari della malattia), processi di mielinizzazione.

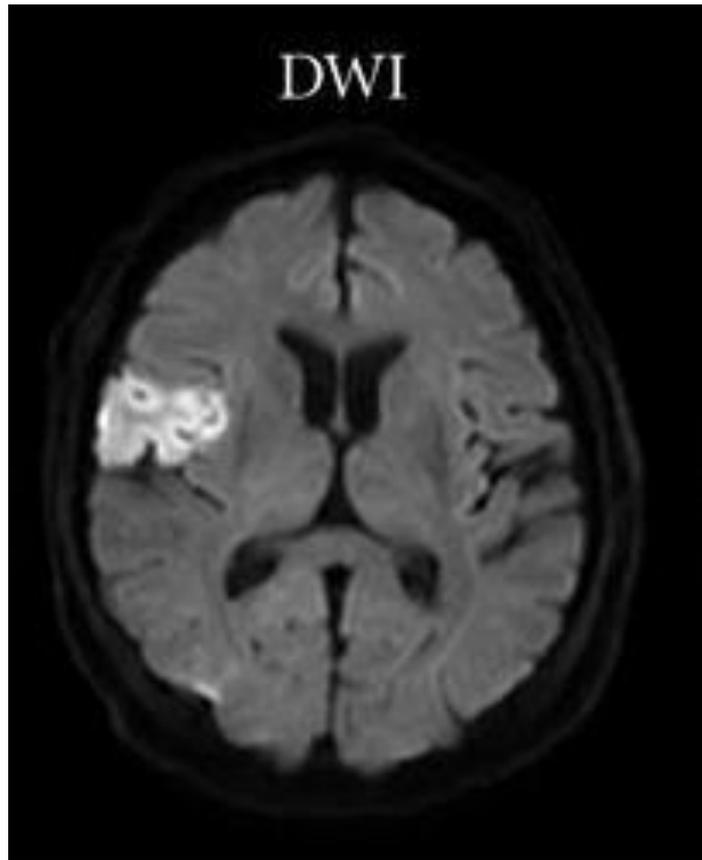


Figura 43 - DWI encefalo

3.7.2 - LA FLAIR

Le sequenze **Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR)** sono delle sequenze inversion recovery.

La sequenza inversion recovery si fonda sul preliminare invio di un impulso a 180° seguito, dopo un tempo variabile detto tempo di inversione (TI), dalla normale sequenza spin eco 90-180°.

Nel caso della sequenza FLAIR il tempo di inversione viene scelto in modo da abbattere il segnale del liquido.

Per annullare il segnale dal fluido, il tempo di inversione (TI) della sequenza di impulsi FLAIR viene regolato in modo tale che all'equilibrio non vi sia magnetizzazione trasversale netta del fluido. Questo rimuove il segnale dal liquido cerebrospinale nelle immagini risultanti.

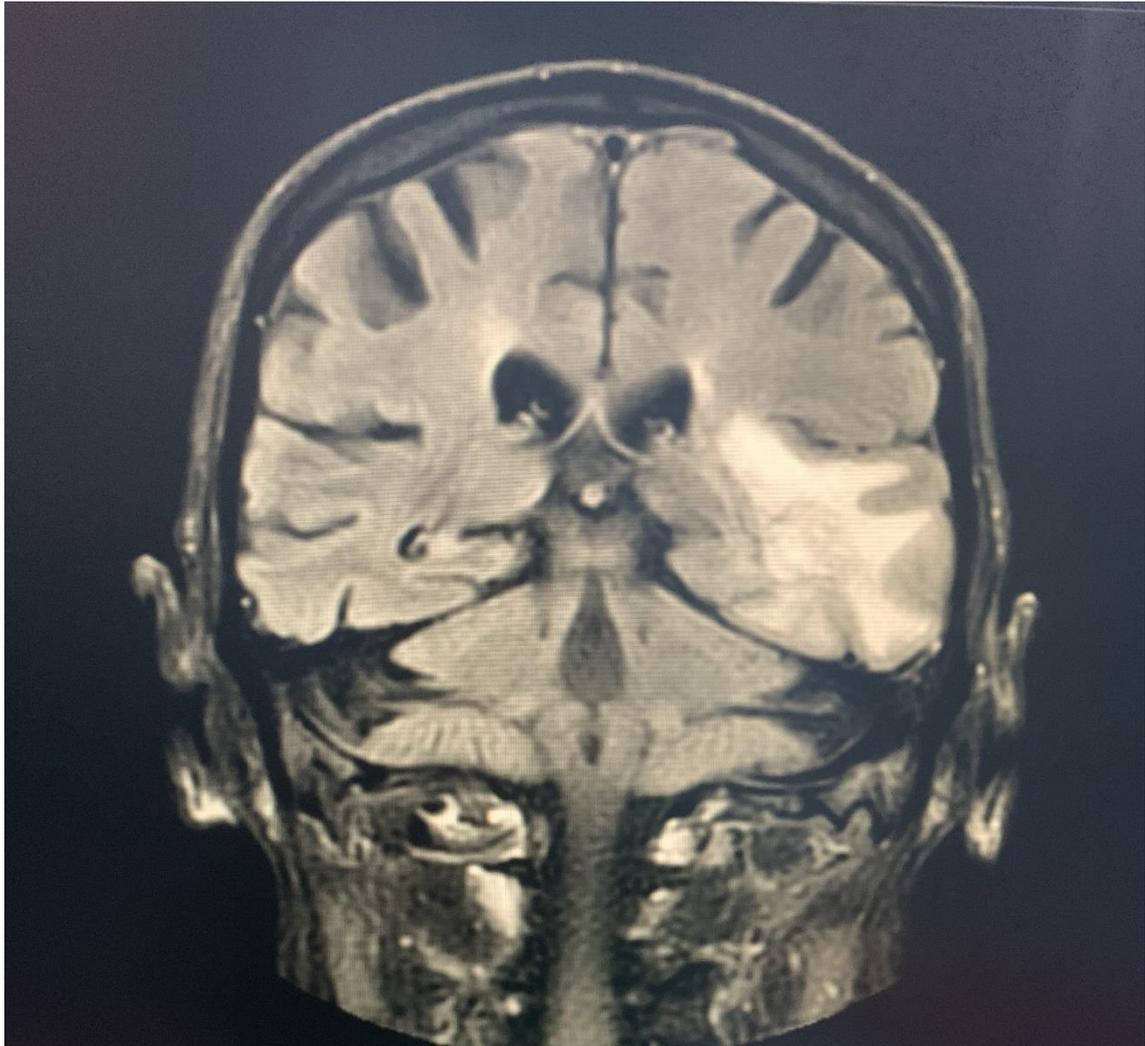


Figura 44 - FLAIR

Il tessuto cerebrale sulle immagini FLAIR appare simile alle immagini pesate T2 con materia grigia più luminosa della materia bianca, ma il liquor è scuro anziché luminoso. Per annullare il segnale dal fluido, il tempo di inversione (TI) della sequenza di impulsi FLAIR viene regolato in modo tale che all'equilibrio non vi sia magnetizzazione trasversale netta del fluido.

La sequenza FLAIR fa parte di quasi tutti i protocolli per l'imaging del cervello, particolarmente utile nella rilevazione di sottili cambiamenti alla periferia degli emisferi e nella regione periventricolare vicino al liquido cerebrospinale.

L'utilità delle sequenze FLAIR è stata valutata in molte malattie del sistema nervoso centrale:

- infarto
- sclerosi multipla
- emorragia subaracnoidea
- lesioni alla testa

3.7.3 - LA SEQUENZA T1

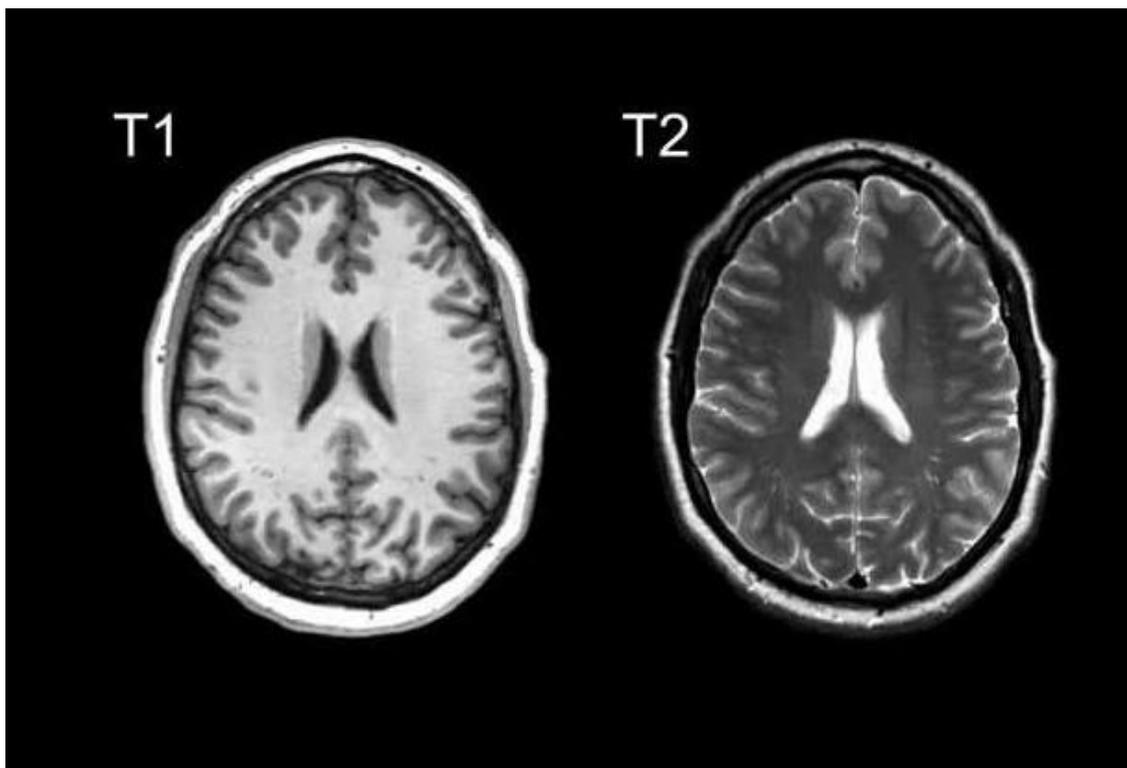


Figura 45 - Sequenze T1 e T2

Le sequenze T1 pesate sono caratterizzate da un TR breve e da un TE breve.

Le sequenze pesate in T1 vengono eseguite come sequenze morfologiche e per evidenziare la presenza di formazioni già iperintense in T1 prima della iniezione del mezzo di contrasto.

La sostanza grigia appare lievemente ipointensa rispetto alla sostanza bianca. Gli spazi liquorali e i vasi appaiono ipointensi.

Le immagini pesate in T1 forniscono un migliore dettaglio anatomico e mostrano in modo ottimale l'anatomia dei tessuti molli e del tessuto adiposo come, ad esempio, la componente adiposa di una massa.

3.7.4 - LA SEQUENZA T2

Le sequenze T2 pesate sono caratterizzate da un TR lungo e da un TE lungo.

Le immagini pesate in T2 forniscono un migliore contrasto tra tessuto patologico e tessuto normale. Nelle immagini pesate in T2 il tessuto adiposo appare ipointenso e i liquidi appaiono lievemente iperintensi. Esse mostrano in maniera ottimale il liquor e le condizioni patologiche come ad esempio tumori, infiammazioni e traumi.

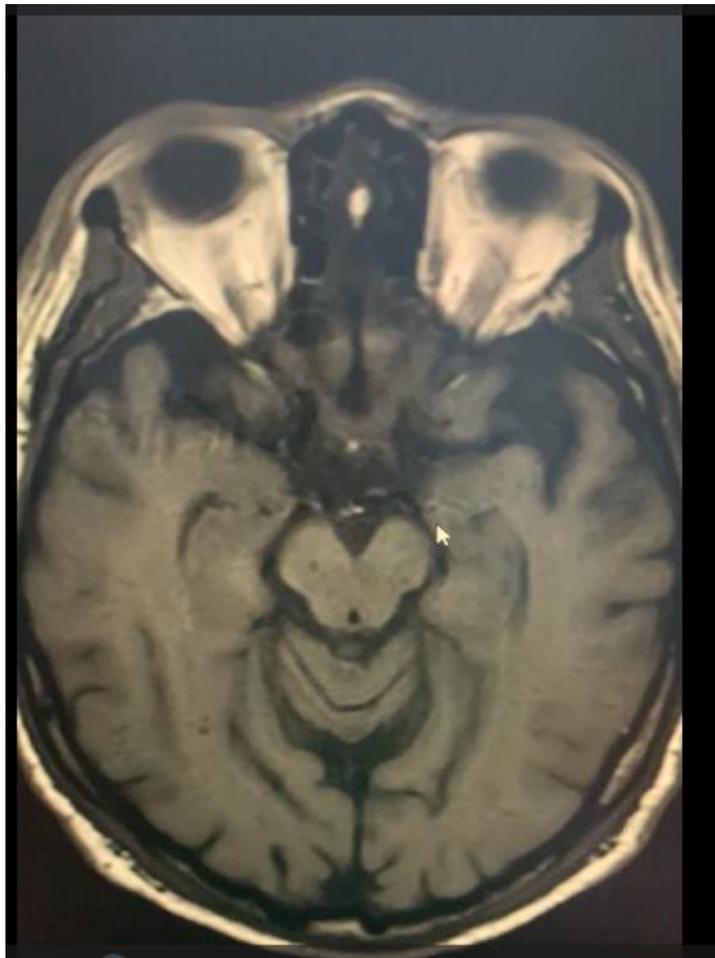


Figura 46 - Sequenza T2

3.7.5 - LE SEQUENZE CON SOPPRESSIONE DEL GRASSO

Esistono, inoltre, sequenze pesate sia in T1 che in T2 con soppressione del segnale del tessuto adiposo usate per sopprimere la componente adiposa dei tessuti, che può talvolta mascherare o rendere meno facilmente identificabile un tessuto patologico.

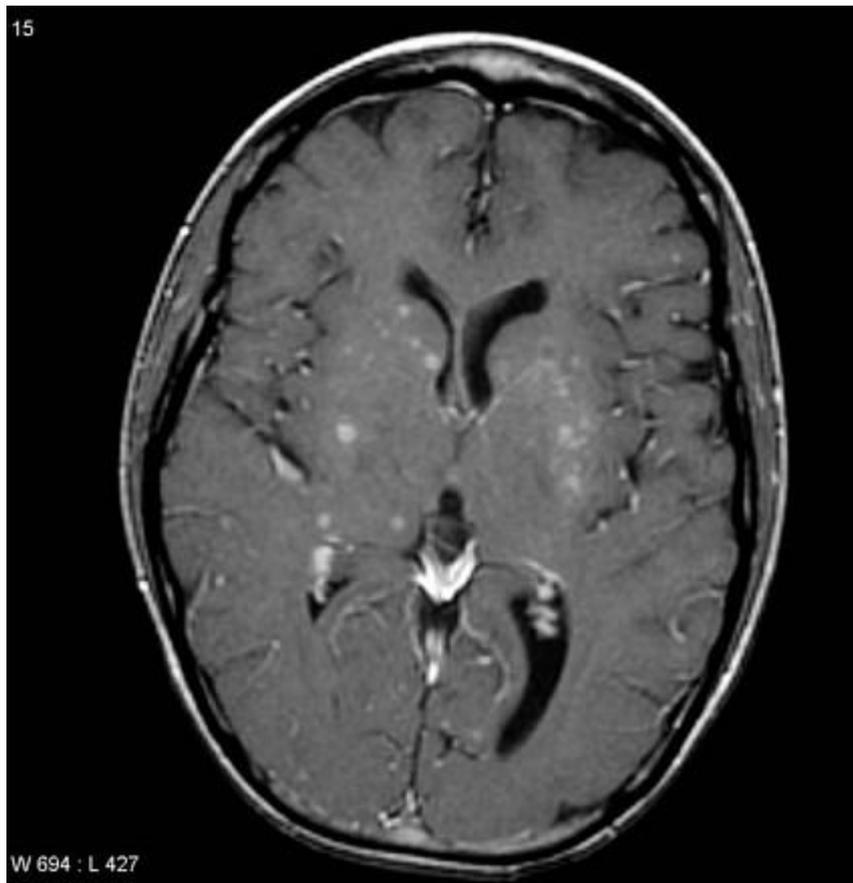


Figura 47 - Sequenza FAT SAT

3.7.6 - LA SWI

Le sequenze Susceptibility-Weighted (SWI), dette talvolta anche BOLD venographic imaging, sono sequenze che producono nell'immagine un contrasto piuttosto diverso da quelli in T1- T2 o DP - pesati. L'innovazione da loro introdotta è la capacità di rappresentare le differenze di suscettività magnetica tra i tessuti in un contrasto di immagine.

Fino a tempi piuttosto recenti, le informazioni di fase ricavate dal segnale erano scartate come non utili nell'ambito dell'imaging RM, se si eccettuano la

quantificazione del flusso nei grossi vasi o le Inversion Recovery, e si utilizzavano soltanto le informazioni di ampiezza per costruire le immagini.

Le informazioni di fase sono ricche di notizie anche sulle disomogeneità di campo magnetico causate dalle differenze di suscettività tra i tessuti, che contribuiscono ad accelerare i fenomeni di perdita di coerenza di fase, responsabili del rilassamento trasversale.

L'immagine SWI è un'immagine che, oltre alle informazioni di intensità, tiene conto anche delle informazioni relative alla fase.

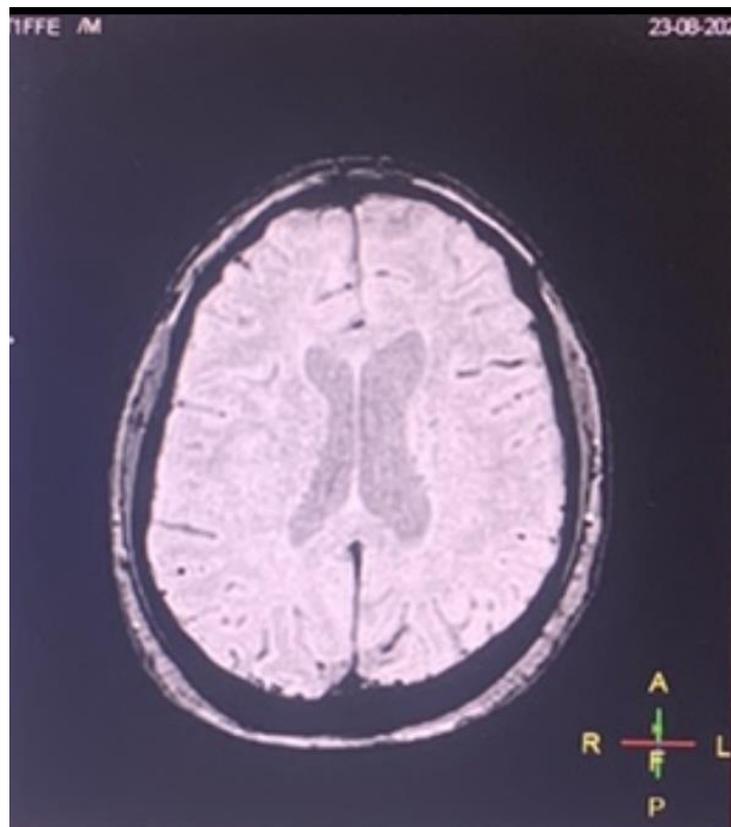


Figura 48 – Immagine SWI

Il sangue venoso, le emorragie e i depositi ferrosi all'interno dei tessuti, in alcune patologie alterano localmente la suscettività magnetica dei tessuti circostanti, poiché per motivi diversi essi rappresentano delle disomogeneità locali di campo magnetico. Utilizzando congiuntamente i dati RM di ampiezza e fase, è possibile produrre immagini particolarmente sensibili alla suscettività magnetica.

La rappresentazione del sangue venoso con la sequenza SWI sfrutta l'effetto BOLD. Esso utilizza la variazione di contenuto in ossiemoglobina e desossiemoglobina nel microcircolo, e quindi la variazione di intensità di segnale legate a stati metabolici diversi.

La SWI basa il suo funzionamento sulle proprietà paramagnetiche dell'emoglobina nel suo stato deossigenato, presente con elevata concentrazione nel sangue venoso. Grazie a questo particolare tipo di sensibilità, le SWI possono essere utilizzate con successo nelle lesioni cerebrali traumatiche, ove si possono verificare micro-sanguinamenti altrimenti difficilmente o non rilevabili in altre sequenze, o anche per rappresentare ad alta risoluzione mappe del circolo venoso intracranico.

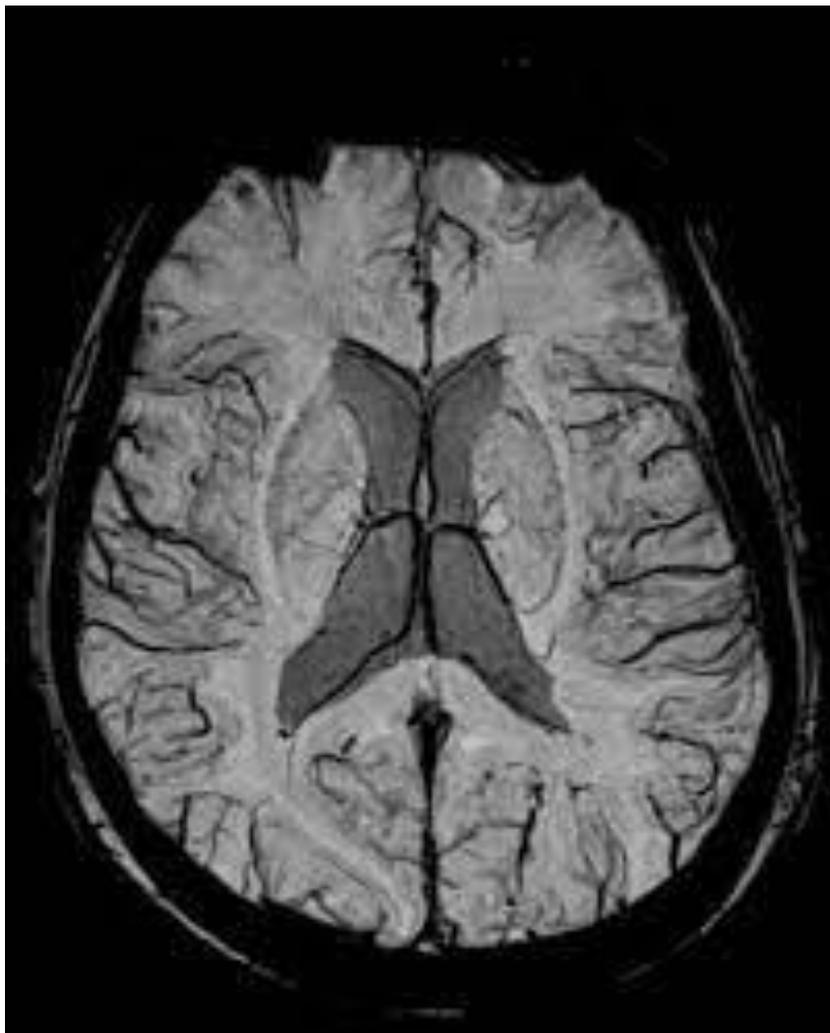


Figura 49 - Ven BOLD

3.8 - STUDIO DELL'ENCEFALO CON MDC

Il mezzo di contrasto usato in risonanza magnetica è il gadolinio e viene somministrato comunemente per via endovenosa.

Lo ione gadolinio è utile come agente di contrasto per la risonanza magnetica perché ha sette elettroni spaiati, che è il maggior numero di spin di elettroni spaiati possibile per un atomo.

Le molecole di gadolinio accorciano il tempo di rilassamento spin-reticolo (T1) dei voxel in cui sono presenti. Di conseguenza, sulle immagini pesate in T1 hanno un segnale più luminoso.

Questo può avere una serie di usi:

- rilevamento di lesioni focali (ad es. tumore, ascesso, metastasi);
- imaging dei vasi sanguigni nell'angiografia RM o nella venografia RM;
- calcolo dei parametri di perfusione RM (ad es. MTT, CBV, OkayTrans, Tmax).

I mezzi di contrasto Gadolinio sono suddivisi in:

- ionici o non ionici: in base alla loro carica netta in soluzione;
- lineare o macrociclico: basato sulla struttura molecolare del legante organico (può essere ionico o non ionico).

Il paziente che deve eseguire un esame con MdC deve sottoporsi ad una serie di esami preliminari, quali: RX torace, ECG, prelievi ematici (creatininemia, al fine di monitorare la funzionalità renale).

Prima di effettuare l'esame, il paziente - digiuno da almeno sei ore - viene preparato ed istruito dal personale infermieristico e tecnico sulla procedura che dovrà seguire durante le varie fasi dello stesso e sulle possibili sensazioni (bruciore e fastidio) provocate dall'immissione del mezzo di contrasto.

Normalmente, al paziente viene applicato un accesso venoso da 16/18 Gauge che consente una portata del MdC fino a 5-7 ml/sec.

Successivamente, il paziente viene fatto accomodare sul lettino della RM in modalità 'supino head first' (con la pancia rivolta verso l'alto). Vengono eseguite prima delle sequenze senza mdc, poi il tecnico programma l'iniettore del MdC (di solito si inietta 2 ml/mol ogni 10 chili di peso corporeo).

Dopo l'iniezione vengono eseguite sequenze pesate in T1 perché sono le sole che evidenziano le lesioni di alterata barriera emato-encefalica (BEE). Possono essere eseguite nei tre piani, sagittale, coronale ed assiale 2D esattamente come le sequenze pre-contrasto.

A completamento, o a seconda del caso, in sostituzione delle sequenze 2D T1 può essere eseguita una sequenza 3D T1.

Le immagini FLAIR post-contrasto sono state incluse nei protocolli per valutare le malattie leptomeningee, come la meningite.



Figura 50 - Iniettore RM

4. TC E RM: METODICHE A CONFRONTO

La tomografia computerizzata (TC) e la risonanza magnetica (RM) sono due tecniche diagnostiche utili per ottenere immagini dettagliate delle diverse aree del corpo. Entrambe le metodiche, attraverso la valutazione di alterazioni tissutali basate sulla densitometria, come nel caso della TC, o intensitometria, come nel caso della RM, permettono di:

- identificare una lesione;
- stabilire la sede di insorgenza e sviluppo della stessa;
- definirne, in base alla densità o intensità, le varie componenti tissutali;
- ipotizzare, e a volte stabilirne, la natura benigna o maligna;
- stadiare le forme maligne;
- differenziare le lesioni simil-tumorali.

4.1 - BASI FISICHE DELLE DUE METODICHE

La TC è una tecnica diagnostica che utilizza le radiazioni ionizzanti per ottenere immagini dettagliate e tridimensionali.

Durante l'esame le aree del corpo da visualizzare vengono attraversate, con angolazioni diverse, da un fascio di raggi X. Questo subirà una modifica diversa a seconda che abbia colpito un organo, un vaso sanguigno, un tessuto, un osso o altro. Appositi rilevatori leggono il raggio X e lo inviano ad un software in grado di interpretare la modifica del raggio e tradurla in immagini tridimensionali.

La risonanza magnetica è una tecnica diagnostica che sfrutta i campi magnetici per ottenere immagini dettagliate e tridimensionali dei diversi distretti corporei.

Nel corso dell'esame, un grande magnete produce una serie di campi magnetici che modificano l'orientamento degli atomi di idrogeno presenti nelle singole cellule del distretto corporeo che si sta analizzando. Il magnete

viene poi disattivato e gli atomi ripristinano il loro orientamento originale emettendo un'energia che il macchinario utilizza per creare le immagini diagnostiche.

4.2 - CAMPI DI APPLICAZIONE

La TC è uno strumento utilizzato per una varietà di scopi:

- È indicata per lo studio di organi interni (encefalo, collo, torace, addome, pelvi), ossa, tessuti molli e apparato vascolare;
- Viene impiegata per la diagnosi di problemi cardiaci, traumi ossei, stadiazione neoplastica;
- Data la velocità di acquisizione, risulta uno strumento fondamentale in un reparto di Pronto Soccorso dove permette, in regime d'emergenza, di intervenire repentinamente in molti dei pazienti politraumatizzati e nella diagnosi di patologie quali l'ictus.

La particolare capacità di differenziazione dei tessuti, invece, rende l'esame RMN particolarmente idoneo per lo studio di:

- Articolazioni;
- Tessuti molli (come i muscoli e la mammella);
- Sistema nervoso centrale;
- Principali organi interni.

4.2.1 - TC e RM: STUDIO DELL'ENCEFALO

In relazione al distretto encefalico le metodiche in esame sono adoperate alternativamente a seconda del quesito diagnostico; in alcuni casi, sono complementari in quanto l'una va ad integrare le informazioni raccolte con l'altra.

Nell'ictus ischemico, ad esempio, l'indagine di primo livello in fase acuta è la TC (esame diretto senza mezzo di contrasto). Tuttavia, nella fase acuta la RM è certamente più sensibile rispetto alla TC, specialmente con le sequenze

di perfusione e diffusione, che sono in grado di individuare l'edema citotossico già dopo due ore dall'evento infartuale, mentre le sequenze T2 pesate e le sequenze FLAIR rilevano un'area ischemica cerebrale a distanza almeno di otto ore.

Nei casi di trauma cranico, la TC è un elemento cardine per la corretta gestione del paziente, in particolare in presenza di comprovati fattori di rischio per lo sviluppo delle lesioni emorragiche, quali coagulopatie, intossicazioni esogene o dinamica pericolosa del trauma.

La TC è in grado di dimostrare:

- Lesioni extrassiali (fratture della teca cranica o del basicranio, ematomi extradurali e subdurali ed emorragie subaracnoidee post-traumatiche);
- Lesioni intrassiali (ematomi parenchimali, contusioni corticali ed il danno assonale diffuso).

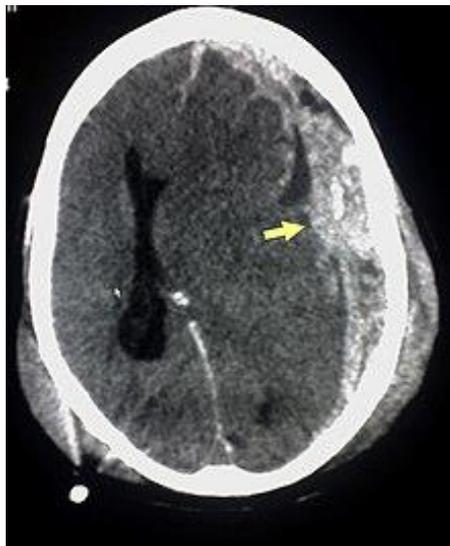


Figura 52 - Ematoma subdurale visto alla TC

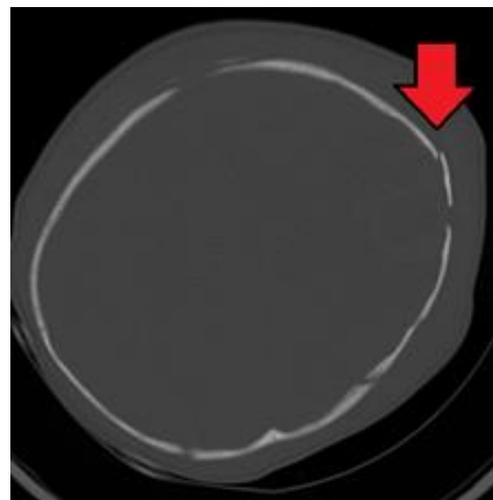


Figura 51 - Frattura del cranio vista alla TC

Sebbene l'estensione e la molteplicità delle lesioni possano essere spesso ben valutate con la TC, la RM, con la sua maggiore sensibilità, frequentemente mostra aree aggiuntive di contusione e danno assonale diffuso.

È più sensibile della TC nell'identificazione delle contusioni non emorragiche, dei danni assennali diffusi e degli ematomi sottodurali. Ad esempio, può essere di aiuto nella identificazione di quelle lesioni che sono così piccole da non essere viste alla TC, come piccoli ematomi sottotekali non rilevati perché investiti da artefatti da indurimento del fascio.

La RM ha un'importanza relativa nel valutare gli stravasi iperacuti di sangue, mentre è più utile nelle fasi acute o, ancora di più croniche, quando il sangue diventa iperintenso in T1 ed ipointenso in T2.

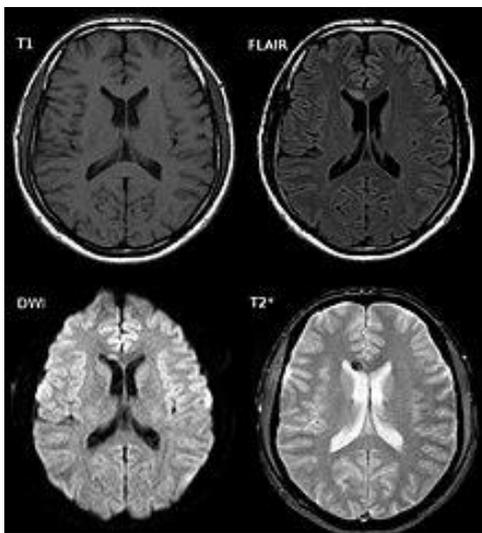


Figura 54 - Danno assennale diffuso visto in RM



Figura 53 - RM trauma cranico

Nello studio delle neoplasie endocraniche, la TC e la RM rappresentano le tecniche diagnostiche di maggiore diffusione.

Entrambe le metodiche, mediante la valutazione di alterazioni tissutali basate sulla densitometria (TC) o intensitometria (RM) consentono di:

- Identificare la lesione;
- Stabilirne sede di insorgenza e sviluppo;
- Rilevare eventuali reperti associati;
- Definirne, in base alla densità o intensità, le varie componenti tissutali;
- Ipotizzare e, a volte stabilire, la natura benigna e maligna;
- “Stadiare” (grading) le forme maligne;

- Differenziare patologie simil-tumorali.

Per un inquadramento diagnostico dei tumori endocranici l'esame TC diretto preliminare deve essere seguito da un esame dopo MdC per vena, a meno che non vi siano controindicazioni specifiche, con acquisizione delle immagini in fase venosa.

Le varie strutture del SNC sono irrorate da vasi con una barriera emato-encefalica (BEE) che in condizioni normali non permette la diffusione delle molecole di MdC al di fuori del comparto vascolare. La fase contrastografica assume importanza in quanto alcuni tumori si impregnano di MdC, perché irrorati da vasi neoformati con BEE alterata o immatura.

La TC, oltre ad identificare la neoplasia, permette di stabilirne la situazione topografica ed i rapporti con le strutture circostanti, elementi indispensabili per valutare la possibilità o meno del trattamento chirurgico e le relative vie d'accesso. Inoltre, la TC consente di rilevare anche i più comuni reperti secondari alla presenza di un tumore endocranico, in particolare: l'edema vasogenico, l'effetto massa, l'idrocefalo, l'ernia cerebrale interna e le eventuali alterazioni delle strutture ossee contigue.

La TC è quindi l'esame di prima scelta in presenza di un sospetto clinico di patologia espansiva, nello screening della maggior parte delle affezioni del sistema nervoso centrale, nel monitoraggio degli effetti secondari delle lesioni tumorali, in particolare l'edema e l'effetto massa e nel controllo dell'immediata fase post-chirurgica.



Figura 55 - TC neoplasia cerebrale

La RM è oggi metodica fondamentale ed imprescindibile nella diagnostica per immagini dei tumori cerebrali. Essa è dotata di alta sensibilità e risoluzione di contrasto, garantendo una precisa valutazione della morfologia e delle dimensioni della lesione, consentendo una buona definizione della sua estensione (corticale, sottocorticale, profonda), per esempio grazie ad alcune sequenze come la inversion recovery, che garantisce un'alta risoluzione di contrasto tra sostanza grigia e bianca.

I vantaggi della RM sono rappresentati anche dalla multiplanarietà, che consente una corretta localizzazione della lesione, differenziando con maggior precisione tra compartimento extra ed intra-parenchimale ed il coinvolgimento di precise aree funzionali, e dalla multiparametricità, che consente di studiare la medesima lesione con diverse modalità di contrasto di segnale, con elevata potenzialità diagnostica, definendo aggressività ed invasività del tumore, ed indirizzando una diagnosi istologica.

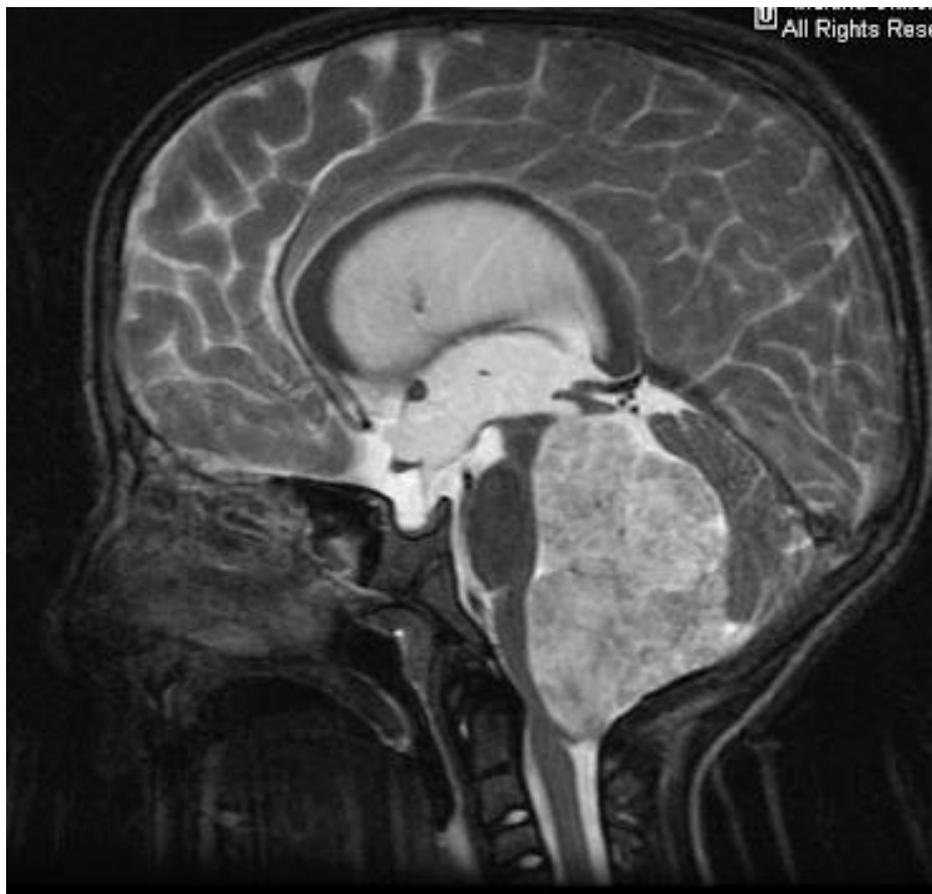


Figura 56 - RM neoplasia cerebrale

4.3 - TC E RM: MEZZI DI CONTRASTO

In TC si usano i mezzi di contrasto iodati. Essi sono una categoria di numerose sostanze formate da molecole anche complesse contenenti uno o più atomi di iodio. La loro struttura molecolare ne determina le diverse proprietà biologiche e i progressi della farmacologia hanno reso possibile la formulazione di mezzi di contrasto iodati compatibili con il corpo umano, sterilizzabili e iniettabili. In questo modo si sono ottenute sostanze per l'opacizzazione dei vasi (vene e arterie), dei linfatici, del canale vertebrale, dei reni per eliminazione urinaria dopo iniezione endovenosa e delle vie biliari, per eliminazione attraverso la bile.

I mezzi di contrasto iodati sono delle vere e proprie sostanze farmaceutiche, in genere ben tollerate e quasi del tutto sprovviste di effetti collaterali: questi sono stati riportati in alcuni casi, soprattutto in passato, per l'intervento di meccanismi immuno-allergici tipo shock anafilattico.

I prodotti iodati attualmente in uso, formulati in maniera iso-osmotica e non ionica, hanno però fortemente ridotto l'incidenza e la gravità di queste reazioni collaterali, che tuttavia giustificano alcune precauzioni e cautele nel loro impiego.

Anche in Risonanza Magnetica vengono utilizzati mezzi di contrasto: non si tratta più di mezzi organo-iodati come per la TC, bensì principalmente mezzi di contrasto contenenti gadolinio, elemento nella tavola periodica degli elementi che fa parte dei non-metalli-terre rare, ben tollerato dall'organismo e con effetti collaterali quasi del tutto assenti.

Anche il mezzo di contrasto per Risonanza viene espulso per via renale e quindi valgono le stesse precauzioni che si adoperano per il mezzo di contrasto organo-iodato, ovvero viene valutata la funzionalità dei reni con creatinina plasmatica preliminare all'esame.

Fra i mezzi di contrasto al gadolinio, alcuni hanno proprio un organo bersaglio specifico: in particolare, ci sono gli epato-specifici cioè quelli che

permettono di evidenziare lesioni epatiche, che tendono a contrastare soprattutto il tessuto epatico (cioè del fegato).

4.4 - TC e RM: TAVOLA SINOTTICA

	TC	RM
BASI FISICHE	Radiazioni ionizzanti	Campi magnetici
VALUTAZIONE TISSUTALE	Densitometrica	Proprietà chimiche
CAMPI DI APPLICAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> • studio di organi interni (encefalo, collo, torace, addome, pelvi), ossa, tessuti molli e apparato vascolare; • diagnosi di problemi cardiaci, traumi ossei, stadiazione neoplastica; 	studio di: <ul style="list-style-type: none"> • Articolazioni; • Tessuti molli (come i muscoli e la mammella); • Sistema nervoso centrale; • Principali organi interni.
MEZZI DI CONTRASTO	Iodato non ionico	Gadolinio

CONCLUSIONI

In questo lavoro ho messo a confronto due tecniche diagnostiche, la TC e la RM, ponendo l'attenzione, in maniera particolare, sullo studio dell'encefalo.

Ho analizzato le singole metodiche, partendo dai principi fisici, per poi illustrare le modalità di preparazione ed esecuzione del singolo esame.

Infine, le ho messe a confronto, evidenziando le peculiarità di ciascuna tecnica, in relazione al quesito diagnostico.

Dopo questa lunga digressione, posso concludere che senza dubbio la TC è lo strumento di maggiore utilizzo, soprattutto nell'emergenza, soprattutto per la rapidità del tempo di esecuzione dell'esame.

La TC, pertanto, è l'esame di prima scelta in presenza di un sospetto clinico di patologia espansiva, nello screening della maggior parte delle affezioni del sistema nervoso centrale, nel monitoraggio degli effetti secondari delle lesioni tumorali, in particolare l'edema e l'effetto massa e nel controllo dell'immediata fase post-chirurgica.

La RM è una metodica dotata di alta sensibilità e risoluzione di contrasto, garantendo una precisa valutazione della morfologia e delle dimensioni della lesione, consentendo una buona definizione della sua estensione (corticale, sottocorticale, profonda), per esempio grazie ad alcune sequenze come la inversion recovery, che garantisce un'alta risoluzione di contrasto tra sostanza grigia e bianca.

Questo significa che le due metodiche non sono alternative, ma complementari, in quanto l'una va ad integrare le informazioni diagnostiche fornite dall'altra.

Con particolare riferimento allo studio dell'encefalo, sebbene l'estensione e la molteplicità delle lesioni possano essere spesso ben valutate con la TC, la RM, con la sua maggiore sensibilità, frequentemente mostra aree aggiuntive di contusione e danno assonale diffuso.

BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA

CAPITOLO I

- V. Mezzogiorno, A. Mezzogiorno, Compendio di Anatomia Umana, Piccin 1994;
- Frank H. Netter, Atlante di Anatomia Umana, Edra, VI edizione;
- A.M. Gilroy, B.R. MacPherson, Prometheus, Atlante di Anatomina, Edises, III edizione;

CAPITOLO II

- M. Prokop, M. Galanski, “Tomografia computerizzata. Spirale e multistrato”, Elsevier, 2006;
- A. Bozzao, C. Colonnese, P. Pantano, Lezioni di Neuroradiologia, Società Editrice Esculapio, 2019;
- DPCM 22 febbraio 2013 (art. 57 c. 1, lettera h);
- Radiopaedia - URL: <https://radiopaedia.org/?lang=us>.

CAPITOLO III

- DM Salute del 14 gennaio 2021, pubblicato su GURI n. 65 del 16 marzo 2021. Determinazione degli standard di sicurezza e impiego per le apparecchiature a risonanza magnetica e individuazione di altre tipologie di apparecchiature a risonanza magnetica settoriali non soggette ad autorizzazione;
- M. Coriasco, O. Rampado, G.B. Bradac, Elementi di Risonanza Magnetica, Dal protone alle sequenze per le principali applicazioni diagnostiche;
- A. Bozzao, C. Colonnese, P. Pantano, Lezioni di Neuroradiologia, Società Editrice Esculapio, 2019;
- L. Cei, Tecniche di Tomografia Computerizzata e di Risonanza Magnetica, Società Editrice Universo, 2011;

- Radiopaedia - URL: <https://radiopaedia.org/?lang=us>.
- The Basic of MRI - URL <https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>.

CAPITOLO IV

- A cura di A. Vanzulli, P. Torricelli, G. Raimondi, Manuale di RM per TSRM, II edizione, Poletto Editore;
- Radiopaedia - URL: <https://radiopaedia.org/?lang=us>.
- The Basic of MRI - URL <https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/>

RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo percorso ritengo doveroso ringraziare tutti coloro che mi hanno accompagnato in questi tre anni.

A me stessa, al mio essere così insicura, ma altrettanto caparbia, che mi ha permesso di raggiungere questo obiettivo.

Ai miei genitori, ai loro sacrifici e al loro costante impegno nel rendermi felice. Dirvi grazie è una parola enorme per esprimere la gratitudine per l'appoggio e per la vostra presenza fondamentale, perché, nonostante le mie continue lamentele, siete comunque riusciti a strapparmi un sorriso quando ce n'era bisogno. È anche merito vostro per la persona che sono diventata e per i valori che mi avete trasmesso, fra cui la costanza, la determinazione e la caparbità.

Ai miei nonni, Rosa e Salvatore, che mi hanno cresciuto con amore. Sono felice di avervi con me a festeggiare questo traguardo. Ai miei nonni Adele e Gerardo, che fisicamente non sono più tra noi, ma sono sicura che mi guarderanno con orgoglio per l'obiettivo raggiunto.

A zio Peppe, per i suoi preziosi consigli. Hai sempre ragione tu.

Un ringraziamento particolare va al mio relatore, il professor Pasquale Matera per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli durante la stesura di questo elaborato e per le conoscenze che mi ha trasmesso in questi anni, facendomi sentire ogni giorno fiera e orgogliosa di questo lavoro.

Un sentito grazie va al professor Nuzzi, che con grande professionalità mi ha guidato, consigliato e con la sua simpatia e il suo carisma, mi ha incoraggiato a non demordere nei momenti di difficoltà.

Ai miei coinquilini che hanno rappresentato dei punti di riferimento forti su cui contare sempre e hanno spartito con me gioie e dolori. Un "grazie" speciale a Gianluca, che è stato la mia ancora di salvezza, il mio più grande motivatore: mi ha smosso e risollevato mentre volevo sprofondare con la faccia sui libri e ha reso le mie giornate allegre anche con l'aiuto di Barbero...

Ai miei amici, che mi hanno seguito passo dopo passo in questo percorso incoraggiandomi nei momenti di sconforto e festeggiando con me dopo ogni esame. Con voi al mio fianco tutto è più bello.

Ai miei colleghi Filippo, Lorenzo ed Anna, che con generosità si sono sempre resi disponibili nei miei confronti in questo nostro percorso.

Ad Antonio Areniello, che mi ha insegnato a rialzarmi dopo ogni caduta e ad avere il coraggio di vincere ogni sfida.

A tutti i radiologi-tecnici, alle infermiere della U.O. diagnostica per immagini dell'AORN di Caserta, che sono sempre stati disponibili e professionali durante il compimento di questo progetto. Ma soprattutto li ringrazio per avermi accolto come in una grande famiglia e per tutto il sostegno e gratitudine che mi hanno sempre mostrato.

Infine, voglio ringraziare tutte le persone che in questi anni mi hanno sottovalutato e fatto sentire inadeguata: senza di loro non avrei mai capito quanto valgo davvero.