



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Medicina Animale, Produzioni e Salute;
Dipartimento di Biomedicina Comparata ed Alimentazione

Corso di Laurea magistrale a ciclo unico in
Medicina Veterinaria

IDENTIFICAZIONE DELLE CIRCONVOLUZIONI E DEI SOLCHI DELLA CORTECCIA CEREBRALE DEL CANE IN IMMAGINI DI RISONANZA MAGNETICA.

Relatore
Prof. Marco Bernardini

Laureanda
Margherita Saccon
Matricola n.
1193581

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

RIASSUNTO	1
ABSTRACT	2
PREMESSA	3
INTRODUZIONE	4
LA RISONANZA MAGNETICA	4
COMPONENTI COSTITUENTI IL MACCHINARIO	4
PRINCIPI FISICI ALLA BASE DEL FENOMENO DI RISONANZA MAGNETICA	6
TEMPO DI RILASSAMENTO T2 E SPIN ECHO	7
ANATOMIA DELLE OSSA DELLA TESTA	9
ANATOMIA DELL'ENCEFALO	11
CONFORMAZIONE DEL NEOPALLIO	12
REGIONE SILVIANA	12
REGIONE MARGINALE E SAGITTALE	13
REGIONE CINGOLARE	15
DESCRIZIONE E DIFFERENZE ANATOMICHE DELLE CATEGORIE DI CANI UTILIZZATE	16
DIFFERENZE NELLA CONFORMAZIONE ENCEFALICA NELLE DIVERSE RAZZE	18
OBIETTIVI	19
MATERIALI E METODI	20
DISCUSSIONE	23
LIMITAZIONI DELLO STUDIO	31
CONCLUSIONI	32
ATLANTE	33
BIBLIOGRAFIA	126
SITOGRAFIA	131

RIASSUNTO

Oggigiorno, la neurologia nel campo veterinario sta compiendo passi da gigante e la necessità di ottenere degli strumenti in grado di facilitare e migliorare la pratica di questa disciplina diventa quindi importantissima. Per questo motivo e per la mancanza di una vasta letteratura riguardante l'argomento è stato deciso di redigere un atlante che riporti le varie circonvoluzioni e solchi presenti sulla corteccia encefalica, ottenuto mediante studi di risonanza magnetica.

Questo è stato inoltre pensato per stilare un referto diagnostico il più completo possibile, permettendo dunque di trasmettere informazioni rigorose sulle eventuali anomalie osservabili a livello dei diversi distretti anatomici.

Sono stati impiegati due cani, un Bouledouge Français di quattro anni e un cane meticcio di dieci anni, appartenenti quindi a due categorie di cane domestico differenti; il primo rientra nel gruppo dei cani brachicefali, mentre il secondo in quello dei mesocefali.

Lo studio attraverso la risonanza magnetica della testa di questi due animali ha permesso di ottenere delle immagini dell'encefalo nelle tre sezioni trasversale, sagittale e dorsale. Tutti gli studi riportano delle immagini pesate in T2, tecnica che ha consentito di enfatizzare, attraverso la maggior iperintensità del liquido cefalorachidiano, la conformazione della corteccia cerebrale.

Sono state sviluppate delle tavole comprendenti le due rappresentazioni in risonanza magnetica dell'encefalo dei due cani esaminati, corredate di lettere e numeri che indicano le varie circonvoluzioni e i vari solchi, una legenda e un'immagine di un encefalo canino tratta dall'atlante anatomico Singer (1962).

Sulla base del lavoro ottenuto sono state tratte, in seguito, alcune considerazioni sulla diversa conformazione anatomica dell'encefalo e sulle discrepanze osservate durante la realizzazione delle tavole.

ABSTRACT

Neurological studies within the field of veterinary medicine have gained great importance in recent years, and the necessity to obtain tools capable of facilitate and improve its practice has likewise become a fundamental issue. For this reason, and due to the lack of a vast body of literature concerning this topic, I have created an atlas describing all circumvolutions and sulci of the encephalic cortex, which I have obtained through MRI studies. Furthermore, this project offers the possibility to compile extremely precise diagnostic reports, which in turn allows for a rigorous description of possible anomalies that can be observed on the different anatomical levels.

For the purposes of this work, I have employed two dogs of different domestic breeds (a Bouledouge Français and a mixed breed): they offer respectively an example of brachiocephalic and mesocephalic animals. The MRI study of the head of the two dogs allowed me to obtain encephalic images on the transversal, sagittal, and horizontal planes. All MRI studies presented in this atlas are T2 weighted: this technique has the advantage of emphasizing the structure of the cortex via high signal imaging of cerebrospinal fluid.

I have also designed a series of plates that include the two MRI scans of the encephala of the two dogs: these are followed by letters and numbers indicating the specific circumvolutions and sulci together with a key to their reading. Finally, one can find an image from Singer's 'Anatomical Atlas' (1962).

The appendix contains some final thoughts on divergences between the anatomical structures of brachiocephalic and mesocephalic individuals and on differences that surfaced between the three planes of the various MRI studies.

PREMESSA

Gli animali da compagnia, come cane e gatto, stanno acquisendo importanza sempre più rilevante nella società moderna e per questo motivo la medicina veterinaria si sta evolvendo per consentire loro qualità e durata di vita via via maggiori, inseguendo gli altissimi standard che da tempo la medicina umana ha raggiunto.

Per queste ragioni si ritiene sia di importanza rilevante realizzare questo atlante basato su studi di risonanza magnetica pesati in T2, con l'obiettivo di fornire sequenze di immagini nelle tre proiezioni, sagittale, dorsale e trasversa, di due categorie di animali, ovvero un cane mesocefalo e uno brachicefalo.

In campo umano la risonanza magnetica ha iniziato a prendere piede intorno agli anni 80 del '900, infatti, esistono da molto tempo atlanti dettagliati che analizzano la corteccia encefalica umana in studi di risonanza magnetica per la redazione di referti precisi, mentre in letteratura veterinaria non c'è evidenza della presenza di un atlante simile (Rinck PA, 2008).

Atlanti con caratteristiche molto vicine a quello che viene presentato in questo progetto, sono stati pubblicati sui nervi cranici e sulle componenti del mesencefalo (Fletcher & Saveraid, 2009).

Quello che ci si aspetta da questo tipo di studio è che risulti utile nella pratica quotidiana per una funzionale analisi degli studi in risonanza magnetica, che porti ad una più precisa localizzazione delle patologie che potrebbero interessare l'encefalo ed in particolare la corteccia encefalica.

Si è deciso di procedere attraverso l'acquisizione delle immagini di due cani, uno mesocefalo e uno brachicefalo, in quanto le differenze morfologiche che la selezione genetica ha apportato nella conformazione dell'encefalo di alcune categorie di soggetti non consentono di poter realizzare un atlante standardizzato per tutte le razze canine.

INTRODUZIONE

LA RISONANZA MAGNETICA

La risonanza magnetica è uno strumento diagnostico che viene utilizzato in campo veterinario dai primi anni 2000. È un dispositivo diagnostico che si è rivelato molto utile in campo neurologico, perché permette la visualizzazione della normale anatomia e delle alterazioni patologiche del sistema nervoso centrale, sia all'interno della scatola cranica che a livello di midollo spinale.

COMPONENTI COSTITUENTI IL MACCHINARIO

Questo macchinario è formato da diverse componenti. La principale è il magnete, con il quale viene prodotto un campo magnetico, su cui si basa l'intero funzionamento dell'apparecchio. Il magnete utilizzato può essere di tre tipologie: permanente, resistivo e superconduttivo.

I magneti permanenti sono realizzati con materiali ferromagnetici, pertanto non devono mantenere il loro campo magnetico alimentandosi attraverso la corrente elettrica e per questo motivo producono campi magnetici deboli e non adeguatamente omogenei.

Gli elettromagneti resistivi; essi sono costituiti da un definito numero di bobine poste in serie, in cui viene fatta scorrere una corrente continua che genera un campo magnetico. In questo caso il campo prodotto risulta essere ancora più tenue rispetto a quello prodotto con i magneti permanenti e pertanto non sono più utilizzati per scopi medici.

L'ultima tipologia di magneti, i superconduttori, è costituita da spire solenoidali che avvolgono un conduttore formato da una lega di niobio-titanio raffreddata da elio allo stato liquido, che si trova quindi ad una temperatura di 4°K. L'elio permette alla corrente di non essere ostacolata dalla resistenza elettrica rimanendo permanente senza l'ausilio della corrente elettrica e senza dissipare calore. ("Elementi Di Risonanza Magnetica," 2014; Mai, 2018)

Tra gli altri costituenti dell'apparecchio abbiamo:

- Bobine di radiofrequenza;
- Bobine di gradiente;
- Sistemi di schermatura, quali la gabbia di Faraday, i quali servono ad isolare il magnete dalle fonti di onde esterne che potrebbero inficiare la corretta riuscita dell'esame;

- Strumenti per l'acquisizione del segnale;
- Hardware e software per l'elaborazione del segnale in immagini diagnostiche.

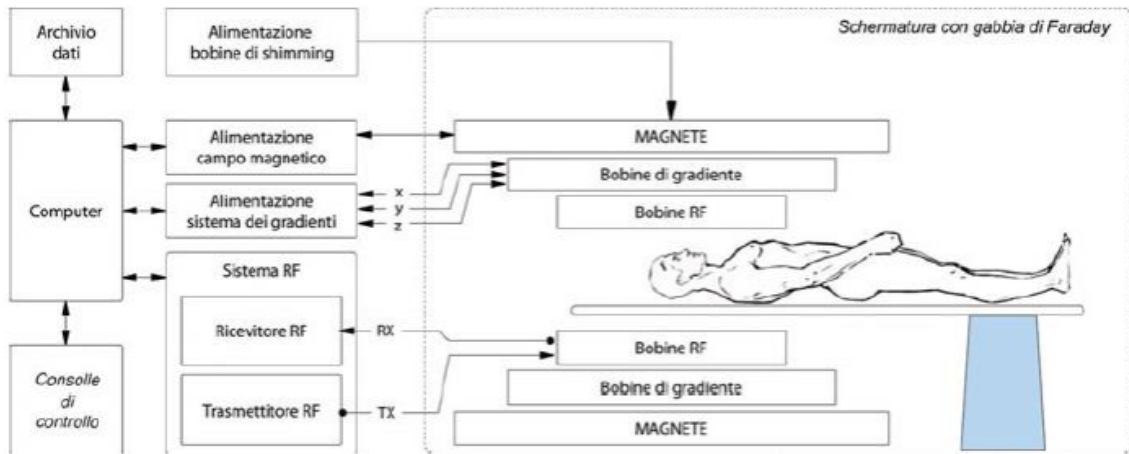


Figura 1 Schema delle varie componenti di un'apparecchiatura RM tratta dal libro "elementi di risonanza magnetica" (Coriasco, 2014)

La risonanza magnetica si può suddividere ulteriormente in base alla potenza del campo magnetico prodotto e pertanto possono essere classificate in risonanze a basso, medio o alto campo.

Le prime solitamente hanno un campo che va dai 0,2 fino a 0,4 Tesla e hanno il vantaggio di occupare poco spazio perché non necessitano di sistemi di schermatura come quelli citati sopra. Inoltre, non richiedono l'utilizzo dell'elio come sistema di raffreddamento e quindi risultano più economici rispetto a degli strumenti ad alto campo.

Lo svantaggio degli apparecchi a basso campo è quello di avere un rapporto segnale-rumore basso rispetto a quello che possiedono i macchinari ad alto campo. Questo si traduce in una minore risoluzione spaziale e temporale e quindi si otterranno delle immagini di minore qualità con tempi di realizzazione dilatati.

Generalmente, in Medicina Veterinaria, vengono utilizzate delle risonanze magnetiche a basso campo (0,2 – 0,4 Tesla), costituite da magneti permanenti che permettono di ottenere delle immagini elaborate dallo strumento e in seguito utilizzate in campo diagnostico.

Per la realizzazione di questo atlante è stata utilizzata una risonanza magnetica Vantage Elan (Canon Medical Systems Europe, Zoetermeer, The Netherlands) ad alto campo da 1,5 T, chiusa.

PRINCIPI FISICI ALLA BASE DEL FENOMENO DI RISONANZA MAGNETICA

Il magnetismo è una fra le grandezze fondamentali che esistono in fisica ed è provocata, a livello nucleare, dalla rotazione degli elettroni lungo la loro orbita: ciò permette agli atomi di acquisire un momento magnetico.

Elettroni, protoni e neutroni possiedono una proprietà definita spin che gli consente di ruotare attorno al proprio asse, creando in questo modo un campo magnetico che viene definito "momento magnetico". Questa proprietà, in fisica quantistica, può essere positiva o negativa e si misura in multipli di $\frac{1}{2}$; protoni e neutroni osservando quanto soprascritto possiedono uno spin non nullo.

Le particelle che possiedono uno spin simile e una direzione del momento magnetico opposta, come all' interno di un atomo fanno neutroni e protoni, annulleranno il loro momento magnetico a vicenda.

Gli isotopi, invece, per definizione differiscono dall'elemento perché possiedono un differente numero di neutroni ed un numero di protoni uguale. Tutti gli isotopi che dispongono di un numero atomico dispari presentano un momento magnetico nucleare che consente il loro utilizzo per la risonanza magnetica nucleare. (Mai, 2018)

Il funzionamento di questo macchinario si basa sulla capacità di un campo magnetico di mettere in risonanza gli atomi di idrogeno che sono presenti nella materia e in particolare quelli che si trovano nel corpo dell'animale che dobbiamo esaminare.

Ci sono due differenti ragioni per cui l'utilizzo dell'atomo di idrogeno ($1H$) è eccellente quando ci riferiamo alla risonanza magnetica. In primo luogo, perché nei tessuti biologici è presente una quantità rilevante di acqua e di conseguenza una grande disponibilità di idrogeno. Secondariamente, ha la capacità di generare un momento magnetico nucleare molto forte. (Mai, 2018).

Generalmente, una spira attraversata da corrente elettrica continua viene definito come dipolo magnetico. Questa definizione può essere applicata anche on campo microscopico sugli atomi che presentano una corrente atomica dovuta al moto degli elettroni attorno al loro asse.

Solitamente, la direzione che i dipoli magnetici tendono ad acquisire è quella parallela al campo magnetico (B_0) che viene applicato e l'effetto che possiamo constatare tra il numero di protoni che si trovano allineati in senso parallelo e antiparallelo rispetto a B_0 fa sì che il gruppo di particelle atomiche acquisisca una

particolare moto definito di precessione. (Currie et al., 2013; “Elementi Di Risonanza Magnetica,” 2014)

Il momento magnetico e lo spin che si ottengono avranno una velocità angolare direttamente proporzionali al campo magnetico che noi abbiamo applicato e questa corrisponderà alla legge di Larmor:

$$\omega = \gamma \times B_0$$

Gli atomi di idrogeno che compongono il tessuto che viene sottoposto ad indagine, quando vengono posti all'interno di un campo magnetico B_0 hanno direzioni opposte, parallele e antiparallele rispetto al campo magnetico che noi stiamo applicando, queste due direzioni vengono definite “spin-up” e “spin-down”. Quando noi analizziamo il vettore risultante dei protoni che si trovano all'interno del campo magnetico B_0 , la somma dei vettori risultanti lungo gli assi x e y del piano cartesiano sarà uguale a zero, mentre quella lungo l'asse z , definita come magnetizzazione longitudinale (M_z), darà un vettore positivo con direzione uguale a quella del campo magnetico applicato.

Il secondo fenomeno che interessa l'utilizzo della risonanza magnetica è appunto quello di risonanza.

Si utilizza un'onda di radiofrequenza per generare un segnale misurabile e quindi utile per dare origine ad una immagine della componente che stiamo prendendo in esame. Quando il corpo che stiamo esaminando viene colpito da onde di frequenza uguale a quelle del moto di precessione degli atomi di idrogeno, numerosi protoni che si trovavano ad un livello energetico inferiore tenderanno a raggiungere il livello energetico superiore, cambiando direzione e muovendosi in fase con l'onda che li colpisce.

Vengono utilizzati degli impulsi a radiofrequenza per manipolare la direzione dei nuclei atomici dell'idrogeno, in modo tale che essi tendano a modificare la direzione dei momenti magnetici delle particelle atomiche ogni volta che sono accesi, mentre una volta che l'impulso viene spento gli atomi riacquisiscono la loro direzione originale e ritornano al livello energetico inferiore rilasciando in questo modo energia elettromagnetica che viene registrata e trasformata in immagine.

TEMPO DI RILASSAMENTO T2 E SPIN ECHO

Una volta che l'impulso di radiofrequenza termina, il sistema torna nella situazione di equilibrio iniziale in cui la direzione del vettore longitudinale è lungo

l'asse z. Il tempo impiegato perché il vettore di magnetizzazione trasversali si riduca del 37% rispetto al valore iniziale viene definito T2. Questo concetto vale quando ci troviamo in un campo magnetico esterno omogeneo.

I fenomeni di interazione spin-spin sono la causa di uno sfasamento durante il periodo in cui l'impulso di radiofrequenza risulta terminato e si ha una progressiva perdita di magnetizzazione trasversale e una riacquisizione di quella longitudinale. In questo frangente si avrà una perdita di coerenza di fase che risulta dovuta quindi da molteplici cause:

- Struttura del tessuto esaminato;
- Interazioni spin-spin;
- Imperfetta omogeneità del campo esterno in cui è inserito il corpo in esame;

Il tempo che viene misurato tenendo conto di queste alterazioni della coerenza di fase viene definito T2 star e risulta inferiore rispetto al tempo T2. (Chavhan et al., 2009; Currie et al., 2013)

L'acquisizione delle immagini pesate in T2 è ottimale per la visualizzazione del liquido cefalorachidiano che risulta in questo caso iperintenso.

L'utilizzo della tecnica spin echo serve per prolungare le tempistiche entro le quali viene registrato il segnale che proviene dal soggetto in esame, riducendo, conseguentemente, la velocità di sfasamento che la disomogeneità del campo magnetico causa.

Viene dunque utilizzato un impulso doppio (180°) rispetto a quello che viene utilizzato normalmente per cambiare la direzione del vettore in senso longitudinale, permettendo di riportare in fase gli spin che non risuonavano più correttamente.

ANATOMIA DELLE OSSA DELLA TESTA

Il sistema nervoso viene primariamente suddiviso in centrale e periferico: il primo è costituito dall'encefalo e dal midollo spinale, mentre la porzione periferica è formata dall'insieme dei nervi e dei relativi gangli.

L'encefalo è avvolto nelle meningi (dura madre, aracnoide e pia madre) e accolto nella scatola cranica composta da una serie di ossa che nel soggetto adulto risultano saldate tra di loro attraverso sinartrosi. Alcune sono pari (ossa parietali, temporali e frontali), altre impari (osso occipitale, osso sfenoide e osso etmoide). Contenendo l'encefalo, questa parte del cranio è detta neurocranio, per differenziarla dallo splancnocranio, che rappresenta la base scheletrica del muso dell'animale.

Il cranio presenta una faccia dorsale in cui si riconoscono le fosse temporali la cui base ossea è formata dalle ossa parietali, che si uniscono tra di loro sul piano mediano della scatola cranica andando a formare la cresta sagittale mediana; questa caudalmente termina con una protuberanza appartenente all'osso occipitale (cresta occipitale esterna).

Quest'ultimo è la rappresentazione dell'unione di cinque ossa, di cui tre vanno a costituire il *foramen magnum*, o foro occipitale.

Le ossa parietali sono situate dorsalmente rispetto all'osso temporale, dalla cui parte squamosa si stacca il processo zigomatico che si incurva e raggiunge l'osso zigomatico con il suo apice; sono poste caudalmente rispetto all'osso frontale, che, invece, costituisce la base ossea della regione della fronte. (Barone et al., 2006).

La faccia interna delle ossa parietali e dell'osso frontale sono concave e presentano sulla loro superficie le impronte delle circonvoluzioni cerebrali, separate le une dalle altre dalle *Juga cerebri*, ovvero delle leggere creste ossee localizzate in corrispondenza dei solchi presenti sulla superficie dell'encefalo.

L'osso frontale presenta poi una porzione facciale che si continua rostralmente con le ossa nasali, che contribuiscono alla formazione della base del naso, e ventralmente va a costruire parte dell'orbita.

La porzione laterale della scatola cranica è formata, sia a destra che a sinistra, dall'osso zigomatico e dall'osso temporale che si divide in tre porzioni anatomiche differenti: la parte petrosa, la parte timpanica, e la parte squamosa. Quest'ultima prende contatto con le ossa sfenoide, occipitale, parietale e frontale.

Ventralmente troviamo l'ultimo osso che costituisce il neurocranio: lo sfenoide. Posto rostralmente rispetto alla porzione basilare dell'occipitale e costituito da un corpo centrale due ali laterali, si divide in una porzione rostrale, il presfenoide, e una porzione posteriore conosciuta come basisfenoide.

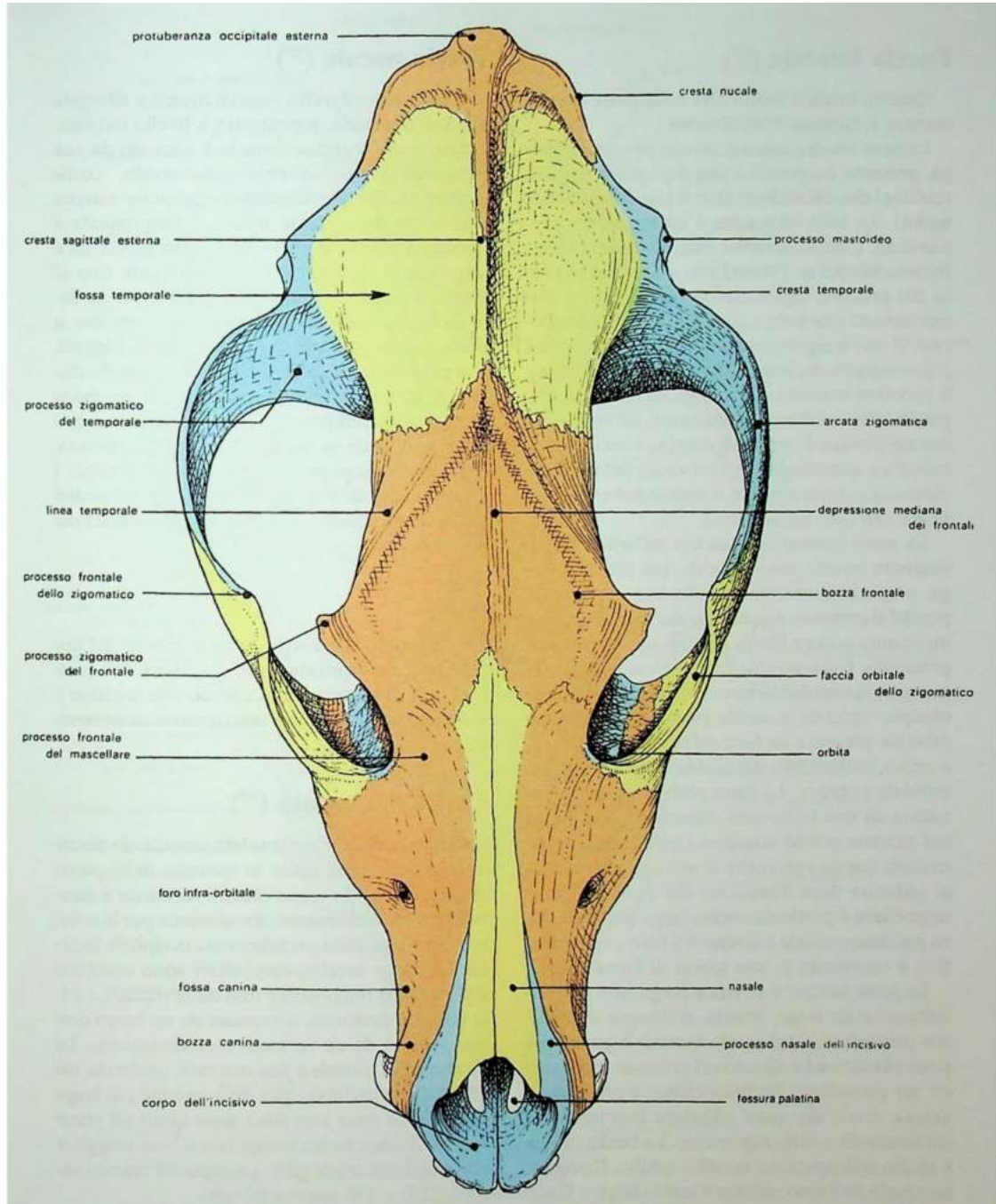


Figura 2 Veduta frontale dello scheletro della testa di cane (Barone, 2006).

Il punto di passaggio tra neurocranio e splancnocranio è rappresentato dall'osso etmoide che si unisce all'osso frontale e a quello parietale formando la parete più

rostrale della scatola cranica. Presenta una lamina impari, mediana, chiamata lamina perpendicolare e due lamine pari poste lateralmente alla stessa, la lamina cribrosa e la massa laterale.

La prima è il punto di passaggio tra il cranio e le cavità nasali, la seconda è il risultato dell'insieme di molteplici lamine papiracee, definite tali per la loro consistenza assai sottile, che vanno a costituire le volute dell'etmoide (Barone et al., 2006).

ANATOMIA DELL'ENCEFALO

All'interno della scatola cranica troviamo l'encefalo, che si sviluppa a partire dalla posizione rostrale del tubo neurale. Inizialmente si sviluppano le tre vescicole (rombencefalo, mesencefalo e prosencefalo), che evolvendo formano le cinque porzioni che costituiscono l'encefalo definitivo: telencefalo, diencefalo, mesencefalo, metencefalo e mielencefalo.

Il telencefalo è costituito da due emisferi, divisi dalla fessura longitudinale lungo tutta la loro lunghezza ad eccezione delle porzioni che sono connesse attraverso la lamina commessurale grigia, il corpo calloso, la commessura rostrale, la commessura ippocampale e la commessura del fornice. (Barone, 2006; Miller, 1979)

Ciascun emisfero si divide in quattro lobi (frontale, parietale, temporale e occipitale) (Carreira & Ferreira, 2015b), e presenta tre diverse facce:

- Faccia convessa;
- Faccia basale;
- Faccia mediale;

La faccia convessa è localizzata in posizione dorsolaterale e viene divisa dal solco rinale laterale in una componente ventrale e una dorsale; quest'ultima costituisce la maggior parte della faccia convessa e si spinge fino al margine dorsale, oltre al quale si sviluppa la faccia mediale.

Quest'ultima, per la maggior parte della sua estensione, prende rapporto con la falce del cervello, una lamina fibrosa proveniente dalla dura madre che si inserisce tra i due emisferi.

La faccia basale, invece, va a costituire la base del cervello e presenta la fossa del cervello nella sua porzione mediale.

In ciascun emisfero, è possibile distinguere i tre strati di cui è composto. Partendo dall'esterno e dirigendoci verso l'interno possiamo identificare:

- La corteccia cerebrale, che risulta essere la porzione più superficiale e a contatto con le meningi;
- Il ventricolo laterale;
- La sostanza bianca;

L'encefalo è composto dalla sostanza grigia, insieme di cellule nervose e fibre amieliniche, che va a costituire la corteccia e i nuclei della base, mentre la sostanza bianca occupa una posizione più interna ed è formata da fibre nervose mieliniche.

La corteccia si compone di sei strati che assieme prendono il nome di neocorteccia, caratterizzata dalla presenza di giri e solchi. (Barone, 2006; Dyce, 1996)

CONFORMAZIONE DEL NEOPALLIO

Il neopallio è diviso in tre regioni dal solco spleniale e dal solco soprassilviano. Il primo è localizzato a livello della faccia mediale dell'encefalo e delimita in maniera più o meno netta il giro del cingolo, il secondo, invece, demarca due ulteriori territori: uno dorsale e uno ventrale.

REGIONE SILVIANA

La regione silviana è compresa tra il solco soprassilviano e quello rinale laterale e si estende in direzione dorso caudale fino alla fessura soprassilviana che divide questa regione in una porzione craniale e una caudale.

Per la posizione centrale che occupa la fessura pseudosilviana, attorno ad essa la porzione di neopallio appartenente a questa zona si sviluppa in modo tale da dividersi in una circonvoluzione silviana rostrale e una circonvoluzione silviana caudale e il solco soprassilviano soprastante a questa struttura, si divide, invece, in tre segmenti: solco soprassilviano rostrale, solco soprassilviano medio e solco soprassilviano caudale.

Disposti con il medesimo schema, concentrici rispetto alla fessura pseudosilviana, troviamo la circonvoluzione ectosilviana rostrale, circonvoluzione media e la circonvoluzione caudale che risultano separate le uno dalle altre dai solchi ectosilviano rostrale ed ectosilviano caudale.

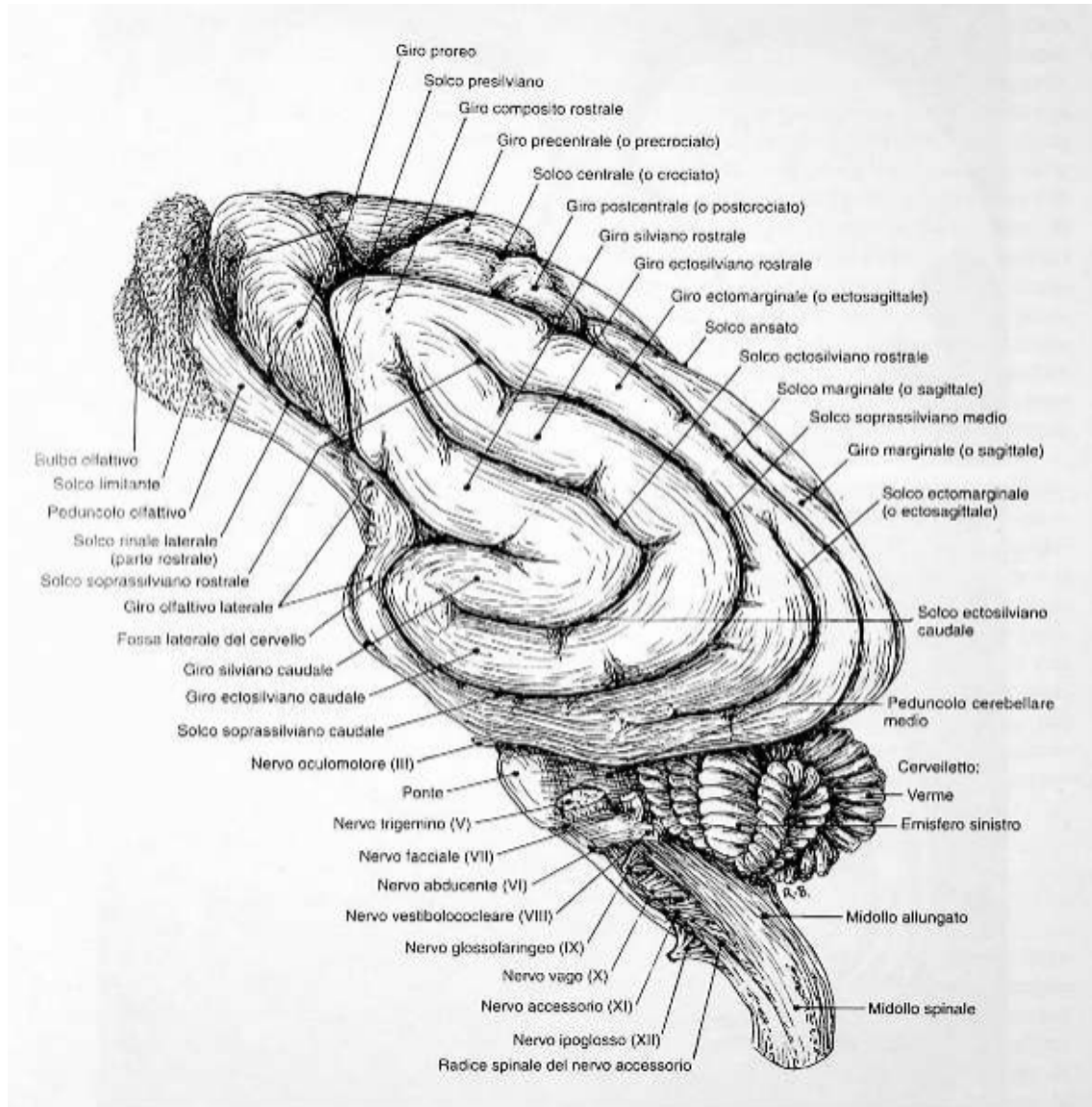


Figura 3 Veduta laterale dell'encefalo di cane (Barone, 2006).

REGIONE MARGINALE E SAGITTALE

Questo territorio è limitato dai solchi soprassilviani e sulla faccia che confina con l'emisfero adiacente dal solco spleniale. Viene divisa in due porzioni dal solco marginale che delimita la circonvoluzione ectomarginale, che si trova a contatto con la circonvoluzione ectosilviana seguendola per tutta la sua lunghezza, dalla circonvoluzione marginale che si estende in direzione dorso-mediale.

La circonvoluzione ectomarginale si estende rostralmente andando a formare le circonvoluzioni composta caudale e composta rostrale, mentre caudalmente possiamo individuare un solco che la suddivide e che viene indicato con il nome di solco ectomarginale.

Nella porzione più caudale del distretto ectomarginale, il solco omonimo presenta un segmento molto netto che va a costituire il solco occipitale. Questo solco delimita la circonvoluzione occipitale che viene ulteriormente divisa dal solco endomarginale sul versante laterale dal solco soprassilviano sul versante mediale.

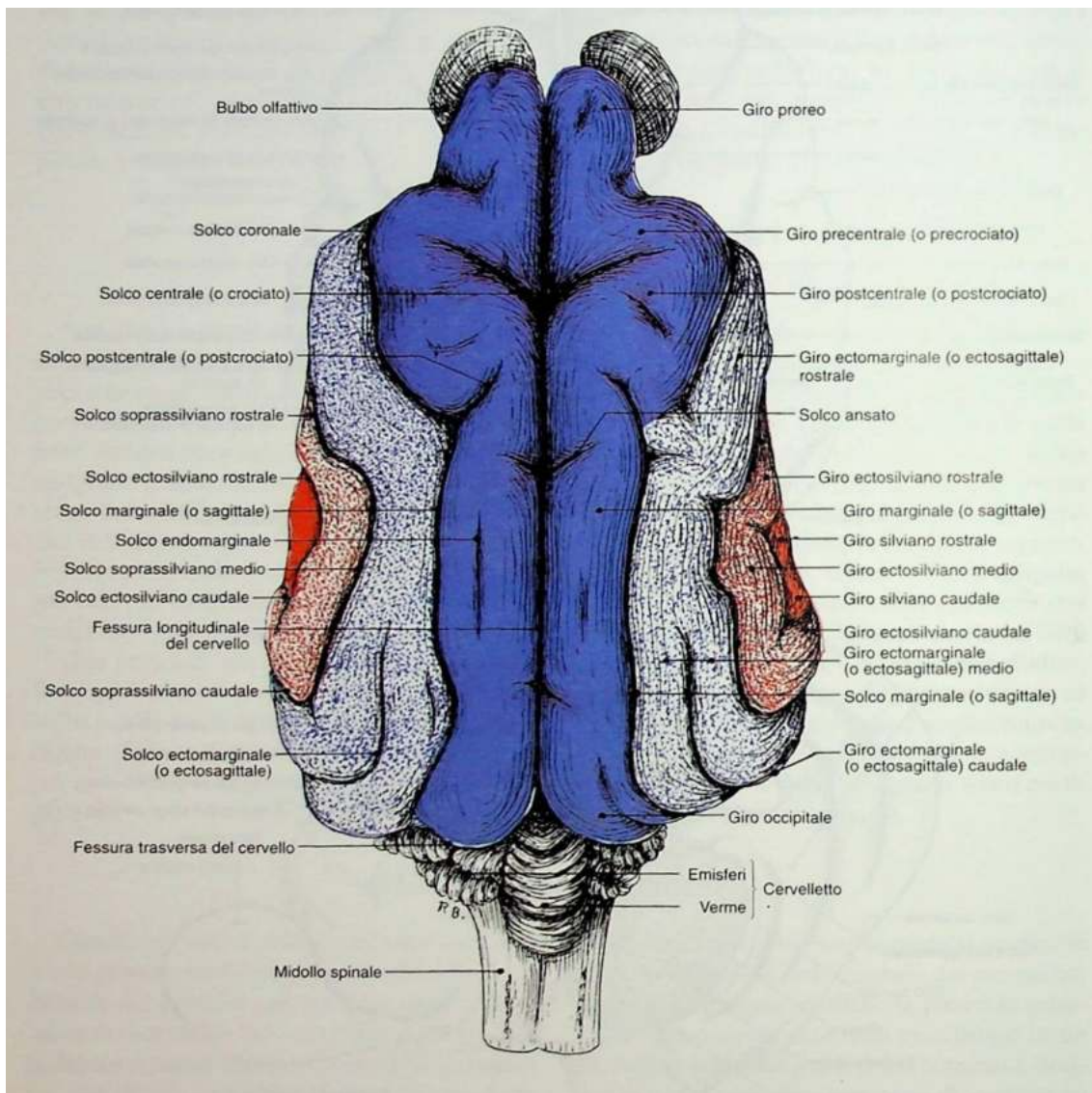


Figura 4 Veduta dorsale dell'encefalo di cane (Barone, 2006).

Nella porzione rostrale, invece, è possibile notare la presenza del solco ansato, che generalmente non risulta essere molto visibile e precede il solco crociato attorno al quale si sviluppano la circonvoluzione precrociata e la circonvoluzione postcrociata. Queste ultime due sono delimitate lateralmente dal solco coronale,

mentre il solco postcrociato, porzione caudale del solco coronale, li separa in posizione caudale dalla circonvoluzione marginale.

L'ultima porzione che caratterizza questa regione è la circonvoluzione prorea separata dal bulbo olfattivo attraverso il solco rinale laterale e dalla circonvoluzione composta rostrale attraverso il solco presilviano.

REGIONE CINGOLARE

La porzione di encefalo che comprende la regione cingolare è rappresentata solamente dalla circonvoluzione del cingolo che è delimitata ventralmente dal solco del corpo calloso e dorsalmente dal solco spleniale, la cui continuazione è

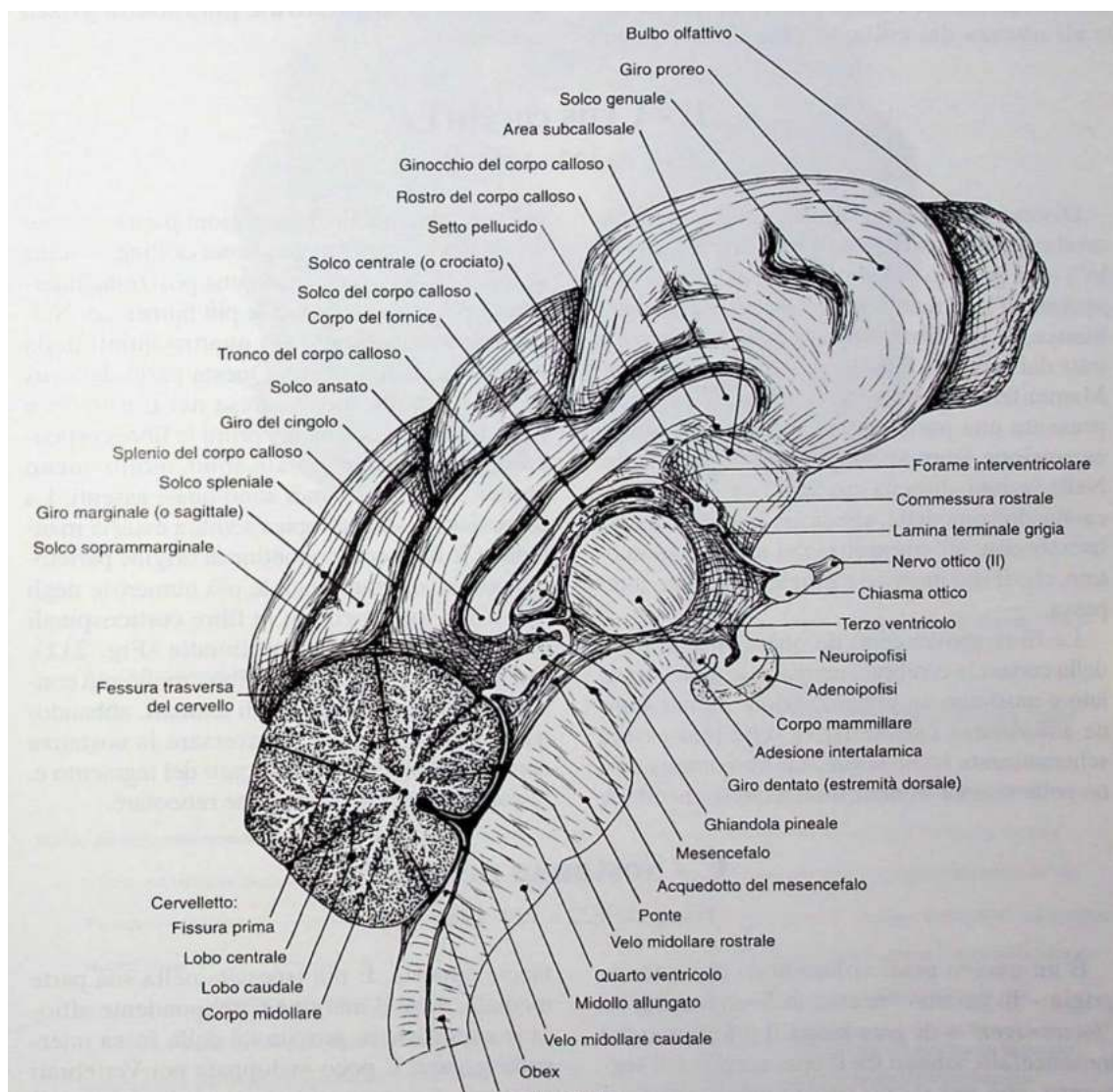


Figura 5 Veduta mediale dell'encefalo di cane (Barone, 2006).

rappresentata dal solco rinale laterale e in senso rostrale dal solco crociato.

Rostralmente la circonvoluzione del cingolo forma una curvatura attorno al corpo calloso che nella specie canina è separata con scarsa precisione dal solco geniale.

DESCRIZIONE E DIFFERENZE ANATOMICHE DELLE CATEGORIE DI CANI UTILIZZATE

La comparsa di numerose razze moderne della specie *Canis lupus familiaris* risale a poco più di cento anni fa (Larson et al., 2012), quando l'uomo ha iniziato ad incrementare la selezione genetica cercando di ottenere lignaggi sempre più differenti tra di loro e con precisi canoni morfologici da rispettare.

La selezione genetica ha apportato profonde modificazioni morfologiche, con lo sviluppo di caratteri assai diversi. Le razze canine sono quindi suddivisibili in tre macrocategorie in base alla conformazione del loro cranio, che può essere maggiormente sviluppato in larghezza rispetto alla lunghezza nel caso delle razze brachicefaliche, risultare omogeneamente conformato nelle razze mesomorfe oppure prevalentemente sviluppato in lunghezza per quanto concerne le tipologie di canidi dolicocefale.

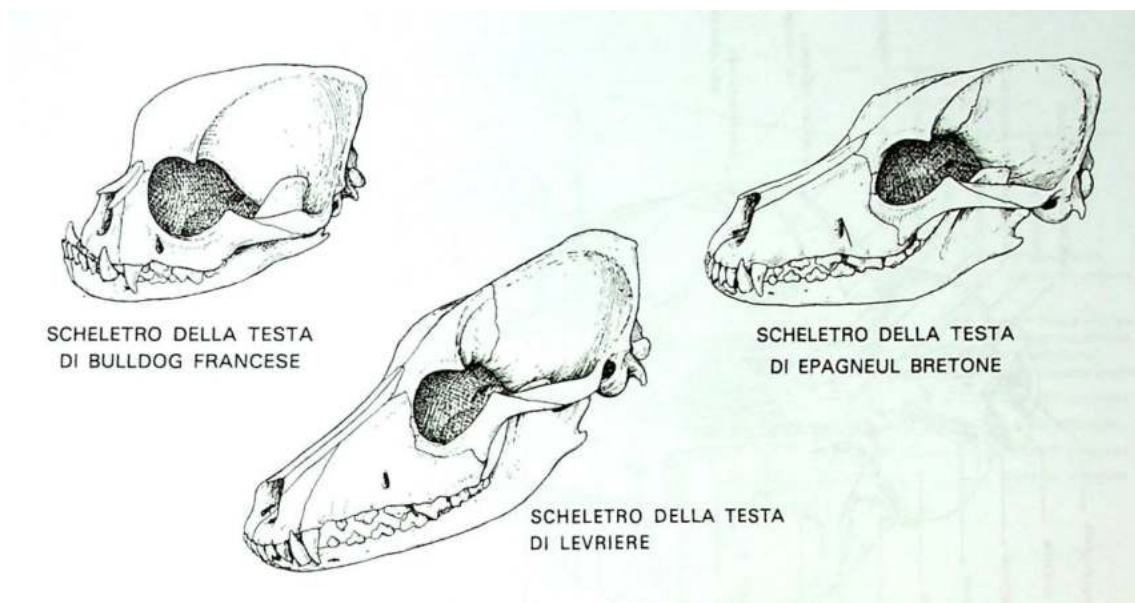


Figura 6 Esempi di variazione della morfologia dello scheletro della testa di cani di razze differenti (Barone, 2006).

La pressione genetica che l'uomo ha impresso sulla specie canina ha portato ad un peggioramento delle condizioni di salute di alcune categorie, specialmente di numerose razze che presentano una conformazione della scatola cranica e delle strutture antistanti morfologicamente alterate, predisponendo questi soggetti allo sviluppo di patologie in misura maggiore legate all'apparato respiratorio. Studi recenti hanno posto l'enfasi su come la forma del bulbo olfattorio, la conformazione ossea dei turbinati olfattivi e della lamina cribrosa sono altamente differenziate all'interno delle diverse categorie (Jacquemetton et al., 2021).

Inoltre, anche all'interno della medesima categoria, in particolare quella rappresentata dai cani brachicefali, possiamo osservare una variazione morfologica notevolissima che non permette di ottenere, nell'ottica dello sviluppo di un atlante come quello proposto da questa tesi, delle immagini standardizzate che rappresentino in senso univoco le razze appartenenti alla categoria sopracitata.

Ciò nonostante, ci sono delle caratteristiche che accomunano questa categoria di animali e sono da ricercare a livello di scatola cranica che risulta essere corta, con una volta sferica e una dorso rotazione facciale. Il muso appare accorciato ed è associato ad arcate zigomatiche larghe, prognatismo mandibolare e una mascella retrognatica. Per queste motivazioni anche la dentatura si deve adattare a questa conformazione anatomica e pertanto si nota quasi sempre anche una distribuzione ampia degli incisivi e un avvicinamento dei premolari, con un angolo tra la regione premolare e molare che appare aumentato. Questo angolo viene anche utilizzato per classificare ulteriormente i cani appartenenti a questa categoria. Il termine "airorhynchy" indica quella condizione in cui il muso appare ruotato in senso dorsale rispetto alla base cranica in modo che si forma, tra essa e il palato, un angolo di 180°. La situazione opposta è definita come "klinorhynchy". (Geiger et al., 2021). Questa ulteriore distinzione è importante in quanto alcune razze brachicefale possono differenziarsi da altre perché non mostrano un angolo peribasale piatto come nel caso del Chihuahua, del Maltese e del Volpino di Pomerania.

Tra le razze brachicefale ricordiamo: Affenpinscher, Border Terrier, Boston Terrier, Boxer, Brussels Griffon, Bulldog, Bullmastiff, Cavalier King Charles Spaniel, Chihuahua, Dogue de Bordeaux, King Charles Spaniel/English Toy Spaniel, Bouledogue Français, Japanese Chin, Maltese, Miniature Pinscher,

Pekinese, Pomeranian, Pug, Shih Tzu, Staffordshire Bull Terrier, Yorkshire Terrier (Geiger et al., 2021)

Per la redazione dell'atlante è stato scelto, volutamente, un soggetto appartenente alla razza Bouledogue Français, dal momento che negli ultimi anni la sua diffusione è aumentata in maniera esponenziale. In questo modo è stato possibile comporre, sulla base delle immagini che sono state raccolte attraverso studi di risonanza magnetica di questa tipologia di cani, un atlante che possa essere somigliante al maggior numero di cani presenti in questo momento a livello nazionale e internazionale.

Il secondo soggetto preso in analisi è un cane mesocefalo che quindi presenta delle caratteristiche anatomiche simili tra le razze che confluiscono nella medesima categoria.

DIFFERENZE NELLA CONFORMAZIONE ENCEFALICA NELLE DIVERSE RAZZE

Dopo aver analizzato le differenze che caratterizzano le diverse razze appartenenti ai gruppi di cani descritti in precedenza, è facile poter affermare che anche la conformazione del telencefalo presenterà delle differenze intraspecifiche ragguardevoli.

Innanzitutto, la compressione volumetrica dell'encefalo lo costringe a ruotare il proprio asse in senso longitudinale aumentando la pendenza in senso ventrale sia del cervello, sia del bulbo olfattorio (Hussein et al., 2012).

L'eccessivo volume encefalico ha una influenza negativa sulla circolazione e sul corretto assorbimento del liquido cefalorachidiano che molto spesso conduce a patologie come la siringomielia o all'idrocefalo.

Prendendo in esame la fessura longitudinale, notiamo come questa sia più corta nei cani brachicefali rispetto a quelli mesomorfi (Carreira & Ferreira, 2015b). Inoltre, è possibile riscontrare anche uno sviluppo maggiore della fessura pseudosilviana dell'emisfero sinistro rispetto a quello destro e un maggior sviluppo anche del lobo parietale (Carreira & Ferreira, 2015a).

OBIETTIVI

Questo atlante nasce con lo scopo di fornire un supporto per la diagnostica delle patologie che si sviluppano a livello di sistema nervoso centrale.

Viene quindi proposto questo modello come base per la localizzazione precisa dei solchi e delle circonvoluzioni che compongono la corteccia dell'encefalo, utilizzando delle immagini ottenute attraverso studi di risonanza magnetica.

L'intento è quello di fornire uno strumento in grado di facilitare il compito del clinico nella redazione di un referto diagnostico, in modo tale che possa compilarlo nella modalità più precisa e completa possibile.

Il progetto di tesi si focalizza sulla differenza tra le categorie di cani brachicefali e mesocefali, escludendo dallo studio i dolicocefali. L'intento è quello di analizzare le categorie tra loro meno simili tra quelle attualmente più diffuse e quindi analizzate in clinica durante la pratica quotidiana.

La scelta di procedere con l'analisi di queste due categorie di cani è stata dettata dalla volontà di mettere a confronto come la morfologia dell'encefalo nei cani brachicefali sia differente rispetto a quella degli animali mesomorfi, evidente nell'anomala posizione delle varie componenti della corteccia encefalica.

MATERIALI E METODI

Le immagini che costituiscono questo atlante sono state ottenute mediante l'utilizzo di una risonanza magnetica Vantage Elan (Canon Medical Systems Europe, Zoetermeer, The Netherlands) ad alto campo da 1,5 T, installata presso Anicura Ospedale Veterinario Portoni Rossi di Zola Pedrosa (BO).

Il soggetto brachicefalo era un cane di razza Bouledogue Français di sesso femminile e di quattro anni d'età. Il soggetto mesocefalo era un cane meticcio di sesso maschile di dieci anni di età.

I soggetti scelti presentavano una sintomatologia neurologica e localizzazione clinica intracranica e sono stati sottoposti a RM come tappa del loro iter diagnostico. Sono stati selezionati per il presente atlante perché non presentavano danni strutturali encefalici, né altre anomalie all'interno della scatola cranica e di conseguenza raffiguravano l'anatomia encefalica nella sua conformazione fisiologica.

I pazienti sono stati sottoposti ad anestesia gassosa secondo un protocollo basato sulle loro necessità cliniche e posti in decubito sternale. Per acquistare le immagini è stata utilizzata una bobina flessibile a 16 canali.

Di entrambi i cani, ai fini del presente studio, sono state utilizzate immagini pesate in T2 acquisite sui tre piani dello spazio (dorsale, sagittale e trasversale) con i seguenti parametri: Echo Time: 87 ms; Repetition Time: 3491- 4478 ms; Numero di acquisizioni: 3; Spessore di fetta: 2,5 – 3 mm con intervallo di 0,3 mm; Field of View da 13x13 a 15x18 cm; Matrice di acquisizione da 288x288 a 288x336.

Le immagini ottenute sono state, in seguito, visualizzate attraverso il programma Ginkgo CADx, software estensibile per la visualizzazione di immagini medicali che supporta numerose modalità DICOM oltre a quelle ottenute mediante l'utilizzo della risonanza magnetica.

Con il medesimo programma le figure sono state modificate andando ad agire sul contrasto e sulla luminosità, cercando in questo modo di enfatizzare l'iperintensità del liquor tipica delle immagini pesate in T2; Ogni immagine è stata poi tagliata e centrata in modo che l'oggetto dell'analisi, ovvero le varie sezioni di encefalo, fosse chiaro e ben visibile all'occhio dell'osservatore e tutte le immagini che non presentavano parti della corteccia encefalica sono state rimosse in quanto non funzionali per la redazione dell'atlante.

Una volta ottenute delle immagini con caratteristiche omogenee è stato possibile confrontarle con atlanti anatomici (Aige Gil, n.d; Singer, 1962), per poter individuare correttamente ogni circonvoluzione ed ogni solco visibile in ogni sezione analizzata.

Dall'analisi è stata creata una legenda, riportata di seguito, composta da caratteri alfanumerici in cui le lettere rappresentano le circonvoluzioni, mentre i numeri indicano i solchi che caratterizzano la superficie dell'encefalo.

- a. Circonvoluzione composta caudale
 - b. Circonvoluzione composta rostrale
 - c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - h. Circonvoluzione linguale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - j. Circonvoluzione occipitale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - o. Circonvoluzione silviana caudale
 - p. Circonvoluzione silviana media
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - s. Circonvoluzione soprassilviana media
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - u. Circonvoluzione sopraspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
 - w. Circonvoluzione dentata
-
- 1. Fessura pseudosilviana
 - 2. Solco ansato
 - 3. Solco coronale
 - 4. Solco crociato

5. Solco ectomarginale
6. Solco ectosilviano caudale
7. Solco ectosilviano medio
8. Solco ectosilviano rostrale
9. Solco marginale
10. Solco presilviano
11. Solco proreo
12. Solco rinale laterale
13. Solco soprassilviano caudale
14. Solco soprassilviano medio
15. Solco soprassilviano rostrale
16. Solco sopraspleniale
17. Solco spleniale

In ogni immagine sono state inserite le lettere in rosso e i numeri in blu così da differenziare in modo semplice ed efficace se si trattava rispettivamente di una circonvoluzione o di un solco.

Per rendere la localizzazione precisa è stato deciso di utilizzare il punto alla destra di numeri e lettere come indicatore dell'esatta posizione in cui le strutture prese in esame si trovavano e quando ciò non è stato possibile si è preferito utilizzare una linea retta per il medesimo scopo.

Inoltre, nelle proiezioni trasversale e dorsale è stato deciso di indicare i solchi a sinistra dell'immagine, quindi nell'emisfero destro, e le circonvoluzioni a destra come è la consuetudine quando si redige un atlante anatomico dell'encefalo.

Una volta completato questo processo si è cercato, per quanto fosse possibile, di associare le varie sezioni encefaliche del cane mesomorfo con quelle del cane brachicefalo e di associare una terza immagine tratta dall'atlante anatomico Singer (1962).

In questo modo sono state create tavole ed ognuna di esse comprende: le due immagini estrapolate dallo studio in risonanza magnetica, la legenda corrispondente alle due figure e l'immagine appartenente all'atlante anatomico sopracitato.

DISCUSSIONE

Lo scopo della presente tesi consisteva nel realizzare un atlante che potesse essere utilizzato dai radiologi per l'interpretazione delle immagini RM dell'encefalo di una specie, quella canina, che presenta ampie variazioni anatomiche legate a diversi criteri selettivi. L'encefalo è alloggiato all'interno di scatole craniche di forme e dimensioni estremamente variabili, legate a caratteristiche di razza sempre più esasperate e, in teoria, sarebbe necessario un atlante per ogni razza canina o, per lo meno, per ogni tipologia conformazionale. Un buon passo avanti in questa direzione è stato quello di analizzare due cani appartenenti a categorie differenti: i mesocefali, cui appartengono la maggior parte dei cani da pastore e da caccia, e i brachicefali, soggetti sempre più diffusi nella popolazione canina. La crescente volontà delle persone, sia in Italia che a livello internazionale, di adottare cani brachicefali e in particolare della razza Bouledogue Français è probabilmente dovuta a due motivi principali.

Le diverse razze canine inizialmente sono state selezionate da un punto di vista utilitaristico per svolgere attività che potessero aiutare l'uomo nel suo operato; è per questo motivo che sono nate razze da pastore, razze da guardia, razze da caccia e molte altre.

Da parecchi anni, il cane è sempre meno utilizzato come soggetto da lavoro; conseguentemente, molti soggetti di razze da lavoro sono adottati come cani da compagnia e, in generale, le razze di cani dedicate esclusivamente alla compagnia dell'uomo hanno preso il sopravvento. Fra queste, da almeno una decina di anni, il Bouledogue Français gode di una diffusissima popolarità.

I motivi del successo di questa razza sono molteplici, alcuni banali, altri più profondi. Tra i primi una certa tendenza delle persone all'emulazione di personaggi pubblici, i cosiddetti "influencer", ha giocato un ruolo di un certo peso. Tra i secondi dobbiamo considerare che la società contemporanea è caratterizzata da una natalità crescente. Questo calo demografico è stato incrociato con il possesso di cani e dimostra in maniera chiara come al diminuire del numero di nuovi nati cresce quello degli animali (Gianotti Andrea, 2022).

È opinione comune che il Bouledogue Français, per il rapporto sproporzionato tra dimensione e forma della testa e sviluppo del tronco molto simili ai tratti

somatici dei neonati, possa aver preso piede all'interno di nuclei familiari "sostituendosi" ai piccoli umani.

La razza Bouledogue Français compare per la prima volta in Francia nel 1880 (Fiorone, 1955) ed inizia a diffondersi seguendo standard che ad oggi risultano ormai superati. L'allevamento di questi cani però non ha avuto un successo immediato, ma ha iniziato a prendere piede in Italia a partire dal 2012, quando si potevano contare un numero di 1017 individui registrati sul territorio italiano, per poi crescere e raggiungere la quantità di 4503 soggetti nel 2021. (ENCI - *Ente Nazionale Cinofilia Italiana*, n.d.)

I numeri forniti si riferiscono agli individui che sono stati censiti all'interno del registro ENCI e che quindi sono stati sottoposti a controlli sia sulla conformazione fisica, che deve rientrare all'interno di canoni prestabiliti, sia sulla condizione sanitaria, in quanto deve essere garantita l'esenzione da patologie, soprattutto quelle che frequentemente si riscontrano nei brachicefali, dovute alla loro particolare conformazione anatomica.

Sicuramente, la quantità degli individui presenti all'interno dei registri dell'Ente Nazionale Cinofilia Italiana non rispecchia l'effettivo numero di animali presenti in Italia.

Infatti, la presenza di allevatori amatoriali e l'importazione incontrollata di soggetti dall'estero, specialmente dai paesi dell'Europa Orientale, ha permesso la diffusione di soggetti di razza Bouledogue Français sprovvisti di pedigree e quindi non iscritti all'ente. Questo non solo ha portato a sottostimare la reale quantità di soggetti appartenenti a questa razza, ma anche alla diffusione di cani con problematiche sanitarie, soprattutto respiratorie, legate alla selezione genetica sempre più spinta, molto spesso voluta per una particolare tendenza del mercato e in alcuni casi dovuta all'inesperienza di allevatori alle prime armi.

Una delle principali patologie che si riscontrano in questa razza è la sindrome brachicefalica (BOAS – Brachycephalic obstructive airway syndrome) che comprende la concomitante presenza di narici stenotiche, alterazione dei turbinati, palato molle assai lungo e ipoplasia tracheale.

La lista delle patologie legate a questa razza non si ferma a quelle legate all'apparato respiratorio, ma comprende anche alterazioni cardiache come il difetto del setto ventricolare, alterazioni gastroenteriche legate alla BOAS (esofagite, stomatite e duodenite), patologie dermatologiche e tra le molte anche

malattie neurologiche (cisti aracnoidee, ernie discali, tumori primari del cervello). (Gough et al., 2018).

Le patologie che affliggono questa categoria di animali sono molto spesso la conseguenza delle modificazioni anatomiche causate dall'esagerata manipolazione genetica, attuata per esaltare le caratteristiche morfologiche dei cani brachicefali.

La particolare conformazione del muso e della testa di questi animali è dettata da una modificazione conformazionale delle ossa del neurocranio e dello splancnocranio, che ha portato ad un accorciamento del muso e ad una modificazione della scatola cranica che fa in modo che il cranio appaia quasi piatto e il tartufo assuma un aspetto rincagnato (Fiorone, 1955).

Come è possibile immaginare, queste modificazioni hanno inciso significativamente sullo spazio che l'encefalo è in grado di occupare all'interno della base ossea entro cui è contenuto. Di conseguenza anche la conformazione dello stesso ne ha risentito negativamente portando il cervello di questi cani a modificare il suo profilo per adattarsi alla struttura della scatola cranica.

La riduzione in lunghezza dello splancnocranio, invece, ha portato ad una alterazione delle volute etmoidali e ad un accorciamento delle ossa facciali, creando in questo modo una mancata corrispondenza tra queste ultime e la mucosa nasofaringea (Geiger et al., 2021).

La seconda categoria di cani, i mesocefali, è stata scelta per avere immagini di riferimento di quella che dovrebbe essere la normale conformazione encefalica vista attraverso sezioni anatomiche nei tre piani dello spazio.

In questo caso è stato scelto un meticcio, che presentava caratteristiche fisiologiche dell'encefalo e della regione della faccia.

A differenza dei cani brachicefali, in cui gli assi della testa tendono ad avere la stessa lunghezza, la base ossea della testa dei cani mesocefali presenta un asse lungo e un asse corto. Questa caratteristica è dovuta alla configurazione dello splancnocranio che risulta essere correttamente sviluppato, con ossa che lo compongono maggiormente sviluppate in lunghezza rispetto a quelle del Bouledogue Français.

Premesso quanto illustrato in merito alle deformazioni anatomiche del Bouledogue Français, e alle motivazioni che hanno portato alla sua diffusione

esponenziale, si ritiene importante a questo punto commentare i contenuti dell'atlante.

Innanzitutto, è importante sottolineare come l'organizzazione delle tavole che compongono questo atlante sia fondamentale per comprendere a fondo sia le differenze che si osservano tra le due tipologie di immagini, sia come la corrispondenza tra le immagini appartenenti all'atlante anatomico siano più o meno esatta

Ogni tavola è stata pensata in modo tale che le due immagini si trovino alla sinistra di chi osserva mentre la legenda e l'immagine tratta dal Singer (1962) occupino la destra. Questo permette di avere una visione d'insieme in cui è facilmente riscontrabile una corrispondenza tra i caratteri alfanumerici inseriti all'interno delle immagini e la legenda, ma anche una corrispondenza visiva tra le immagini in RM e l'atlante anatomico. Si pensa che questa disposizione possa facilitare chi si serve di questo strumento per una efficace e veloce lettura delle immagini ottenute mediante gli studi in risonanza magnetica. Infatti, è pensato principalmente per professionisti neurologi del settore veterinario che potrebbero servirsene come guida per la redazione di referti o come base per una migliore comprensione della posizione delle varie componenti della corteccia encefalica. Ogni tavola è stata numerata sequenzialmente, ma è giusto ricordare che dalla tavola 1 alla 14 si può osservare l'encefalo nella sua proiezione sagittale, dalla tavola 15 alla 29 la proiezione dorsale e dalla tavola 30 alla 46 la proiezione trasversale.

Costruire un atlante con queste caratteristiche ha richiesto un'analisi approfondita dell'anatomia di base dell'encefalo canino e delle strutture ad esso collegate, per comprendere al meglio come circonvoluzioni e solchi vengono rappresentati attraverso delle immagini diagnostiche ottenute mediante l'utilizzo della risonanza magnetica.

Per ogni immagine è stato necessario confrontare diversi testi anatomici per localizzare con maggior precisione possibile le componenti corticali dell'encefalo. Inizialmente, è stata presa in considerazione la proiezione dorsale del cane mesocefalo attraverso la quale è stato possibile familiarizzare con la visione bicolore delle strutture anatomiche, caratteristica imprescindibile delle immagini ottenute con l'ausilio della risonanza magnetica.

Inoltre, in questo modo è stato anche possibile impossessarsi della capacità di visione di un solido, quale l'encefalo, in una immagine di risonanza magnetica proiettata su un unico piano.

La realizzazione delle tavole nelle proiezioni trasversale e sagittale è stata, per questo motivo, più semplice in quanto la capacità di visualizzare le varie strutture era facilitata dall'esperienza acquisita con la pratica.

La stessa operazione eseguita per l'encefalo del secondo cane, ovvero il brachicefalo, ha richiesto meno tempo, dal momento che era già stata creata una guida che poteva aiutare nell'indicare circonvoluzioni e solchi. Infatti, la difficoltà maggiore che è stata riscontrata nella realizzazione dell'atlante era la capacità di riportare le informazioni visibili in un modello anatomico in un'immagine derivante dall'utilizzo della tecnica diagnostica presa in esame.

I termini utilizzati per definire i vari segmenti della superficie cerebrale sono stati imposti sulla base dello schema osservato nei diversi testi di anatomia degli animali domestici, anche se in alcuni casi la nomenclatura differiva da un testo ad un altro. Per questo motivo è stato necessario, in alcuni casi, scegliere quali termini utilizzare. Nel caso specifico è stata osservata una discrepanza nella terminologia utilizzata per la circonvoluzione precrociata e postcrociata, definite così da Aige Gil (n.d.) e Singer (1962), mentre erano nominate circonvoluzione precentrale e postcentrale da Barone (2006).

Confrontando gli individui presi in esame in questo elaborato, è possibile notare come le differenze principali riguardino lo sviluppo della regione marginale, sagittale, cingolare e in particolar modo per quella silviana.

Infatti, analizzando dettagliatamente quest'ultima porzione anatomica, abbiamo la capacità di riscontrare un accorciamento della circonvoluzione prorea e delle circonvoluzioni precrociata e post crociata, dettato principalmente dalla costrizione che la scatola cranica, morfologicamente alterata, impone ai due emisferi che sono localizzati all'interno della stessa. Ciò appare evidente per la forma che assume l'encefalo, che risulta quindi più tondeggiante nel caso del cane brachicefalo.

Queste differenze possiamo osservarle analizzando tavola 30, 31 e 32 (proiezione trasversale), che presentano per il brachicefalo il susseguirsi di diverse circonvoluzioni e solchi, mentre nel caso del mesocefalo la circonvoluzione prorea inizia ad essere visibile soltanto a partire dalla tavola 32.

Ulteriori conferme del limitato sviluppo in lunghezza dell'encefalo nelle razze brachicefale si hanno andando ad osservare la comparsa del solco coronale sul piano trasversale.

Appare visibile precocemente, a partire dalla tavola 33, fino a non riconoscerlo più da tavola 36. La corrispondenza invece risulta visibile tra il cane mesomorfo e l'atlante anatomico, che presentano il solco coronale a partire dalla medesima tavola.

Per quanto riguarda le immagini in proiezione dorsale, esaminando sempre la circonvoluzione prorea nelle diverse tavole, si osserva come anche in questo caso la sua forma sia più schiacciata e compaia solo a partire da tavola 22.

Per enfatizzare ulteriormente la differenza nello sviluppo in lunghezza della testa dei soggetti di razza Bouledogue Français, possiamo prendere in esame anche la circonvoluzione composta rostrale.

Quest'ultima appare più corta e tondeggiante nel cane brachicefalo. Prendendo come esempio la tavola 24 è possibile sostenere questa ipotesi, in quanto la linea che unisce il solco ectosilviano rostrale, che detta la fine della circonvoluzione composta rostrale, con quello dell'emisfero opposto passa, nel caso del cane mesocefalo, attraverso il terzo ventricolo; mentre nel caso del cane brachicefalo la stessa linea passa attraverso i nuclei caudati.

La circonvoluzione prorea e la circonvoluzione precrociata, presenti in quasi tutte le tavole rappresentanti la proiezione sagittale, appaiono maggiormente schiacciate in senso rostrale. Questa condizione è imputabile al ridotto sviluppo del muso e della scatola cranica.

Non esente da modificazioni nella morfologia encefalica anche la regione caudale, a livello della quale le circonvoluzioni occipitale e spleniale risultano più sviluppate in senso ventrale.

In aggiunta, anche la posizione del cervelletto, imposta dalla mancanza di spazio, è un evidente indicatore della alterata anatomia del neurocranio.

Continuando l'analisi delle tavole è importante soffermarsi sulle immagini ottenute sul piano sagittale dello spazio, dal momento che risultano quelle con maggiori differenze tra i due animali.

Si percepiscono discrepanze a partire dalla primissima tavola (tavola1) dove le circonvoluzioni e i solchi differiscono notevolmente fino a non corrispondere per niente, ad eccezione della circonvoluzione composta caudale.

Analizzando a fondo le immagini possiamo anche osservare ulteriori prove a sostegno delle modificazioni della categoria di animali brachicefali.

Infatti, la rotazione in senso ventrale dell'encefalo nei cani brachicefali, dettata

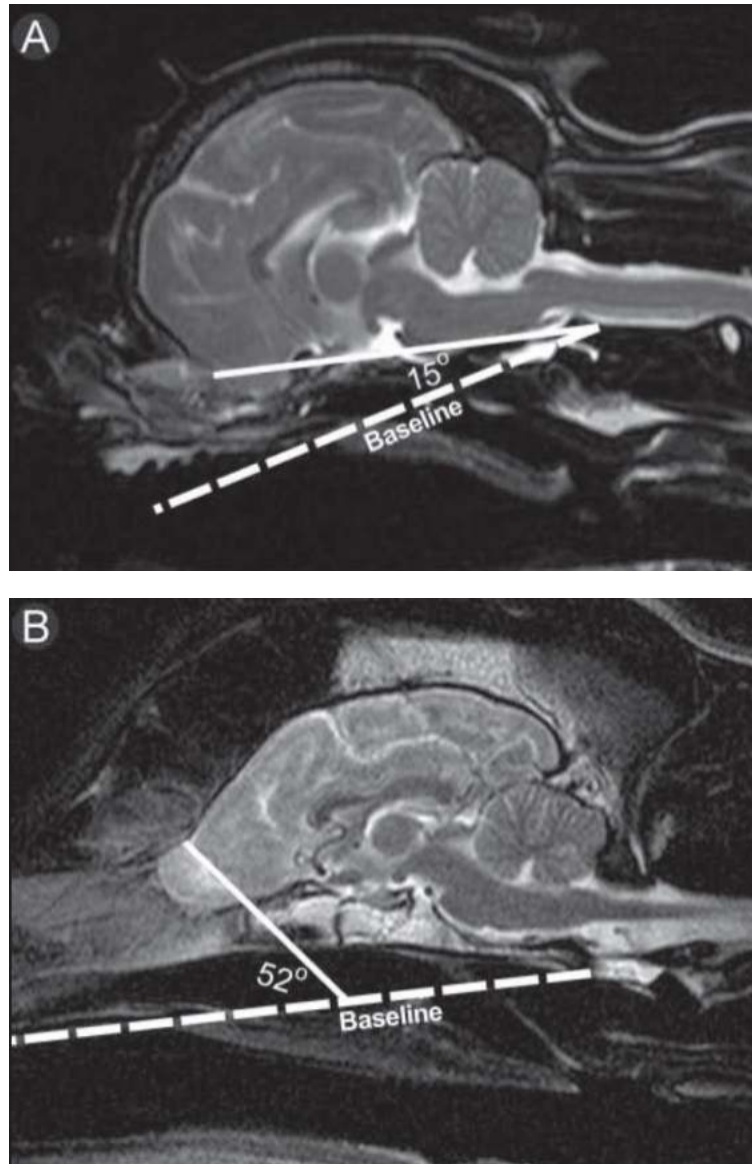


Figura 7 Immagine rappresentate la risonanza magnetica sagittale pesata in T2 delle teste di due cani che illustrano i tipici angoli del bulbo olfattivo associati alle conformazioni della testa brachicefalica (A) e mesencefalica (B) (Hussein et al., 2012).

dalle sue dimensioni elevate, porta a scansionare le strutture localizzate rostralmente prima rispetto a quello che si osserva normalmente in un cane mesocefalo.

Inoltre, è possibile notare attraverso le immagini come il bulbo olfattorio non sia visibile, o si trovi in una posizione che non corrisponde a quella usuale, in quanto è posto ventralmente rispetto alla sua posizione fisiologica.

Questa stessa condizione influisce anche sulla visione delle circonvoluzioni e dei solchi nella proiezione dorsale, dove le sezioni appaiono da subito più estese come se apparissero magnificate.

Nelle tavole 7, 18 e 28, si può osservare la mancanza di una corrispondenza tra i due cani. Infatti, è presente solo l'immagine rappresentate l'encefalo del cane mesocefalo, mentre manca l'immagine relativa al cane brachicefalo.

Le immagini ottenute attraverso la proiezione dorsale rappresentano delle sezioni anatomiche di spessore differente se compariamo i due cani esaminati. Sicuramente questo ha inciso sulle differenze che si possono osservare confrontando i due encefali, portando quindi ad accentuare maggiormente le discrepanze anatomiche già presenti.

Nel caso delle proiezioni in cui lo spessore delle fette sia il medesimo (sagittale e trasversa), comunque possiamo notare delle differenze e questo è un indice di quanto siano diversi gli encefali dei due animali tra di loro per i motivi già esposti. La volontà di inserire i solchi a sinistra e le circonvoluzioni a destra ha permesso di individuare anche delle asimmetrie tra i due emisferi che compongono l'encefalo, molto più marcate nella razza brachicefalica rispetto al meticcio.

Mediante l'utilizzo dei colori blu e rosso, utilizzati rispettivamente per indicare i solchi e le circonvoluzioni, anche solo attraverso un breve sguardo è possibile osservare quanto siano discordanti tra di loro i due emisferi. Questa irregolarità potrebbe essere imputata alla maggior grandezza che l'emisfero destro assume rispetto al sinistro, come viene asserito in alcuni studi precedenti (Siniscalchi et al., 2010).

LIMITAZIONI DELLO STUDIO

Ci sono delle annotazioni da fare riguardanti le limitazioni nella comprensione e nell'utilizzo delle tavole che questo progetto potrebbe avere, dovute alla modalità di realizzazione di quest'ultimo.

Innanzitutto, come asserito nella prima parte di questo capitolo, le variazioni anatomiche che si osservano molto frequentemente tra le varie razze di cane, ma anche all'interno di una stessa razza, potrebbero portare ad una mancata corrispondenza delle tavole con le immagini RM che i radiologi andranno a comparare.

Seppur siano stati scelti dei soggetti che rappresentano le tipologie di cani maggiormente diffusi in Italia, in questo momento, è chiaro che altri individui di altre razze profondamente modificate anatomicamente potrebbero presentare studi RM difficilmente comparabili con le immagini presenti in questo atlante.

Sono stati esclusi da questo progetto di tesi i soggetti dolicocefali poiché, nonostante differiscano dai cani mesocefali, presentano discrepanze relativamente esigue, per cui si è deciso di non prenderli in considerazione.

Un ulteriore bias di questo studio è da ricercare nella differenza dello spessore con cui sono state tagliate le fette di encefalo mediante l'utilizzo della risonanza magnetica nei due studi.

Nello specifico ci riferiamo alla proiezione dorsale in cui ogni fetta dell'encefalo appartenente al cane brachicefalo era di 2,5mm, mentre quelle ottenute dall'analisi del cane meticcio erano di 3,0 mm.

Avendo preso coscienza dei dati soprariportati, bisogna tenere presente che questa discrepanza tra i parametri utilizzati per ottenere le immagini in questa proiezione dello spazio, potrebbero aver inciso sulla differenza che si nota osservando le tavole dalla 15 alla 29.

Infine, bisogna precisare che le tavole 1, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 30, 31, 32 e 33 sono sprovviste della corrispondenza con l'immagine tratta dal Singer (1962). Infatti, detto atlante anatomico è privo delle corrispondenti immagini RM.

CONCLUSIONI

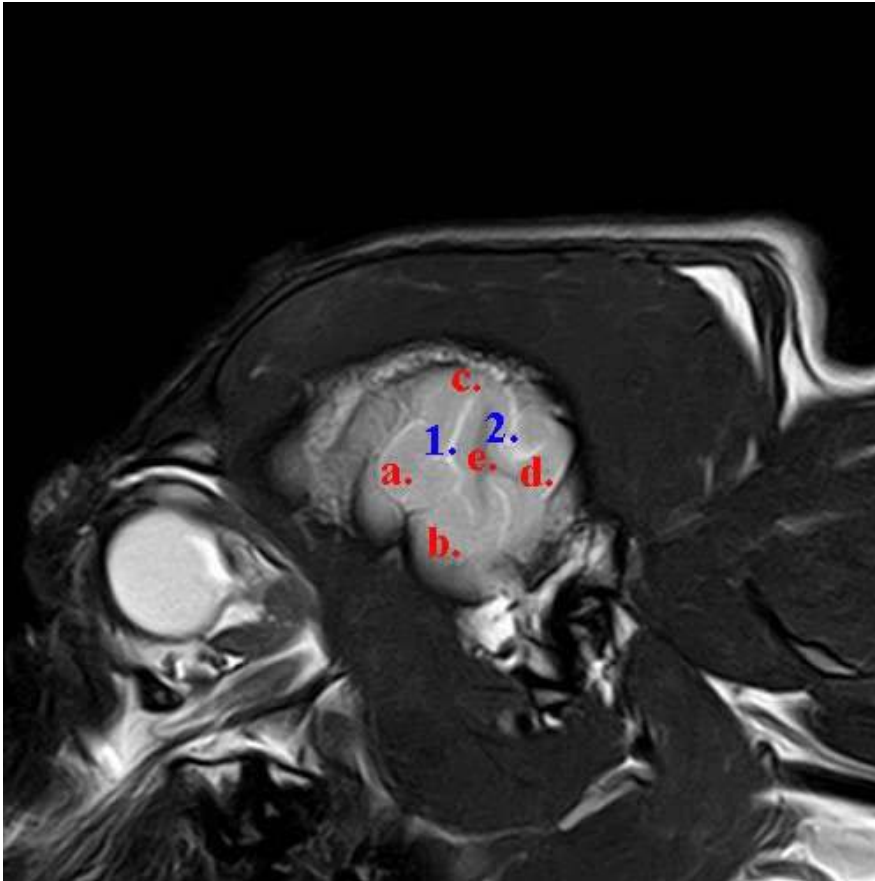
Questo atlante evidenzia come l'anatomia della corteccia cerebrale possa variare in misura notevole conseguentemente alle modificazioni fenotipiche ricercate per le diverse razze attraverso un'esagerata spinta genetica protratta nel tempo.

Si spera che questa tesi possa risultare un utile ausilio per comprendere e familiarizzarsi con la visualizzazione di strutture anatomiche, come la corteccia encefalica, attraverso l'imaging RM.

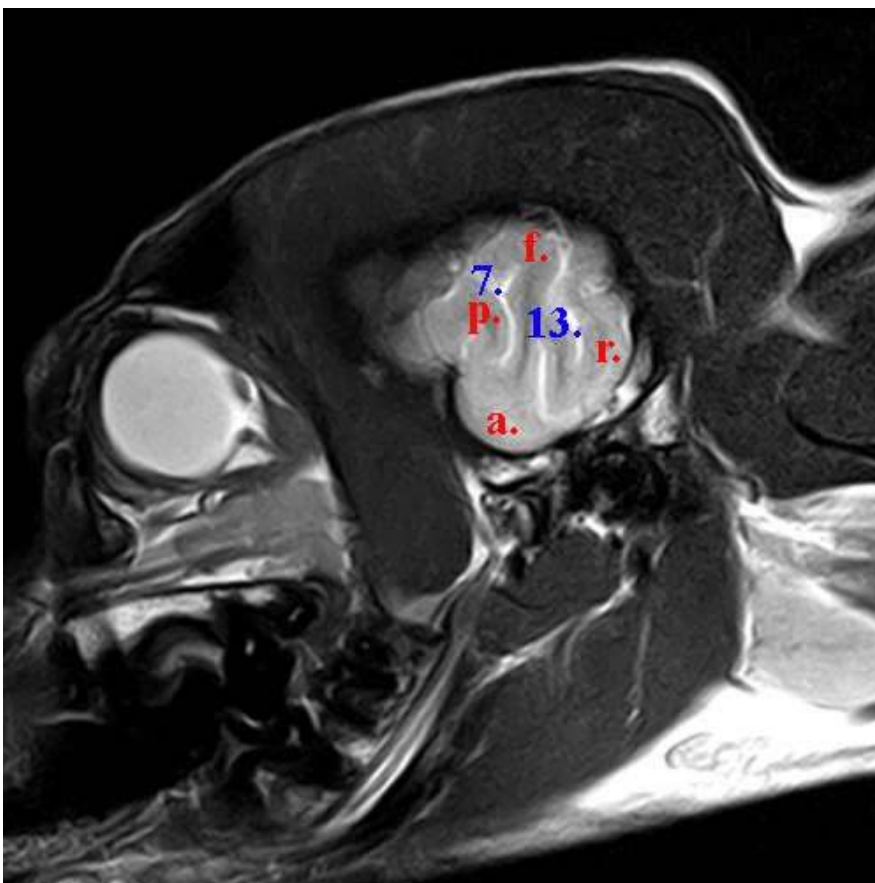
Infine, ci si augura che questo atlante possa aiutare il radiologo, nella pratica di tutti i giorni, a leggere le immagini in risonanza magnetica e a redigere referti diagnostici il più precisamente possibile relativamente ad eventuali lesioni corticali.

ATLANTE

Tav. 1



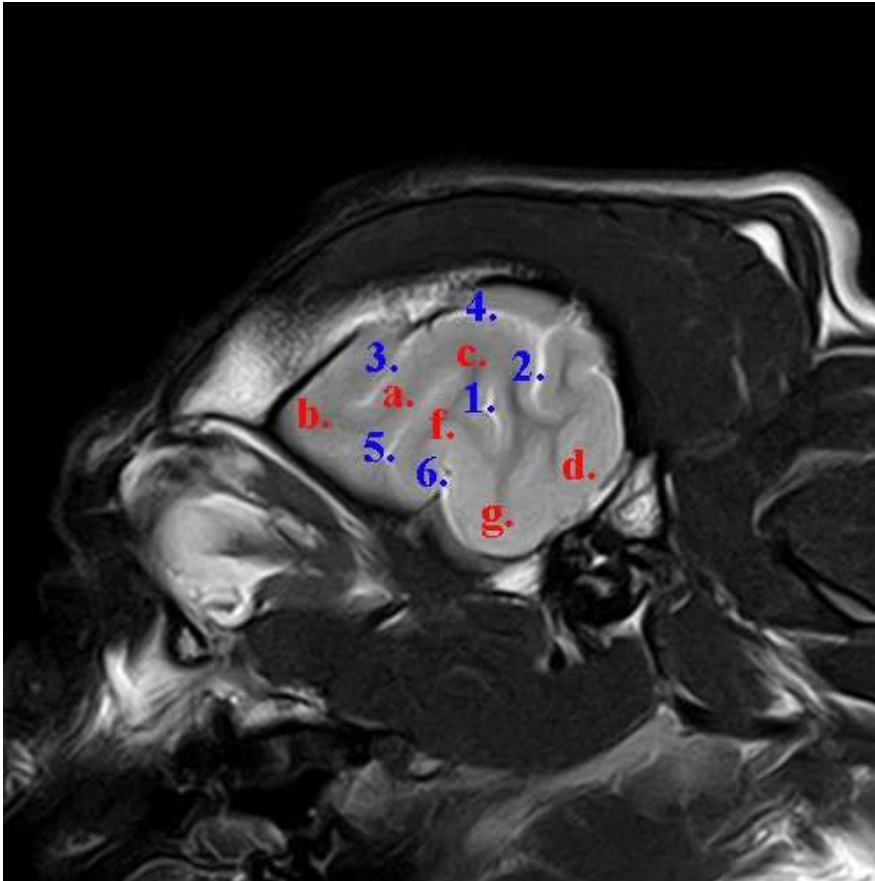
Cane brachicefalo



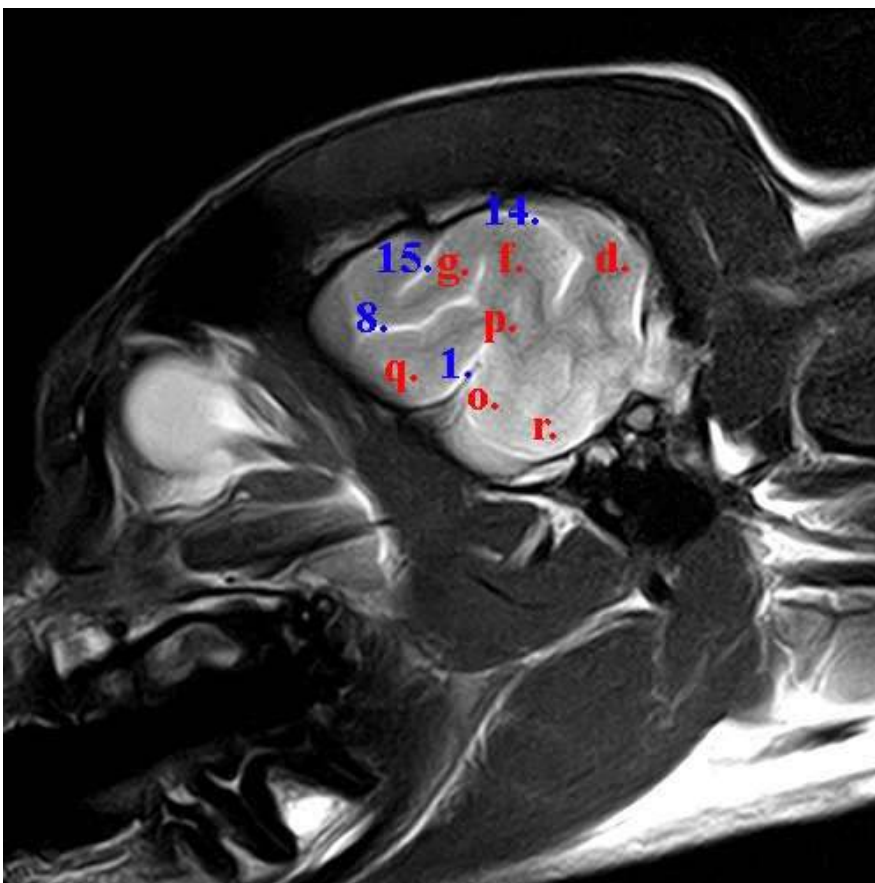
Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
 - b. Circonvoluzione composta rostrale
 - c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - p. Circonvoluzione silviana media
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- 1. Fessura pseudosilviana
 - 2. Solco ansato
 - 7. Solco ectosilviano medio
 - 13. Solco soprassalivano caudale

Tav. 2



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- | | |
|---|-----------------------------------|
| a. Circonvoluzione composta caudale | 1. Fessura pseudosilviana |
| b. Circonvoluzione composta rostrale | 2. Solco ansato |
| c. Circonvoluzione del cingolo | 3. Solco coronale |
| d. Circonvoluzione ectomarginale | 4. Solco crociato |
| e. Circonvoluzione ectosilviana caudale | 5. Solco ectomarginale |
| f. Circonvoluzione ectosilviana media | 6. Solco ectosilviano caudale |
| g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale | 8. Solco ectosilviano rostrale |
| o. Circonvoluzione silviana caudale | 9. Solco marginale |
| p. Circonvoluzione silviana media | 14. Solco soprassalivano medio |
| q. Circonvoluzione silviana rostrale | 15. Solco soprassalivano rostrale |
| r. Circonvoluzione soprassilviana caudale | |

265

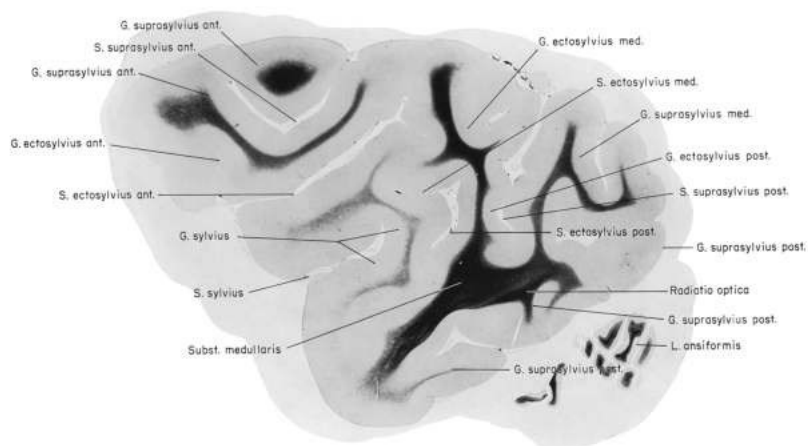
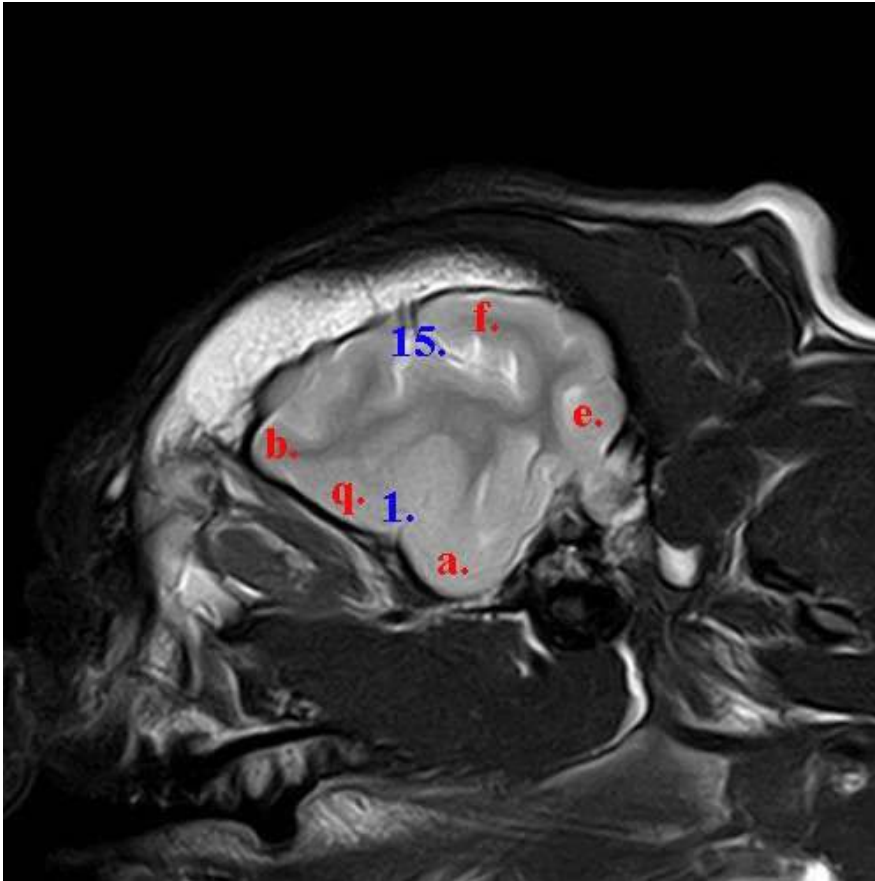
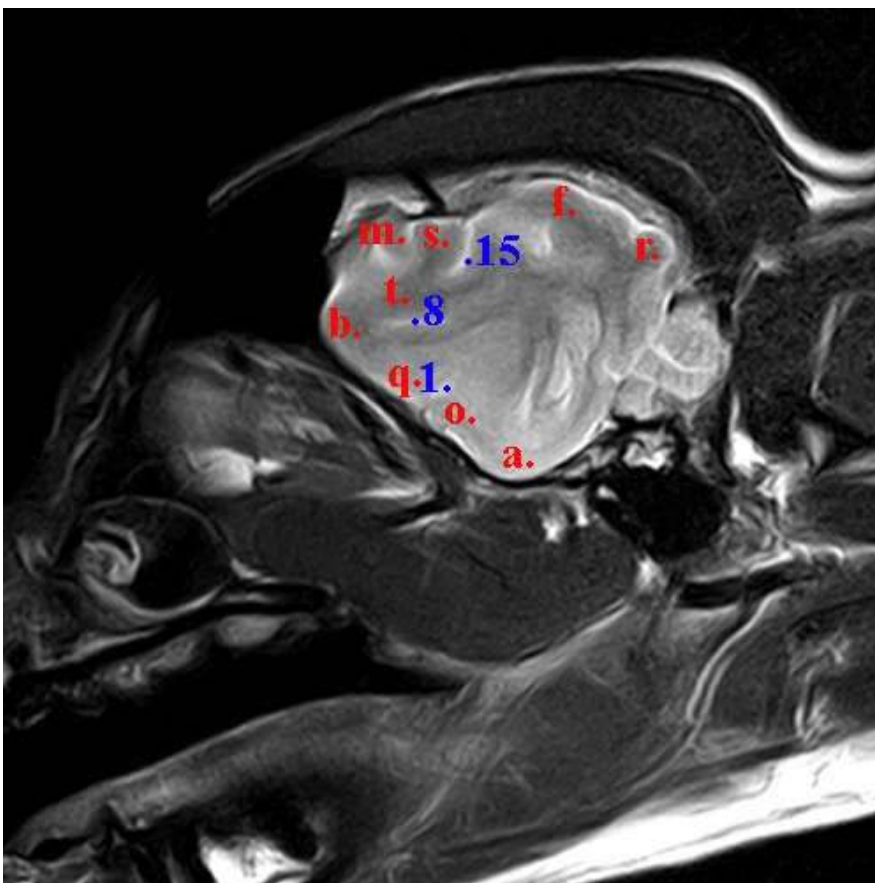


Plate 96

Tav. 3



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- | | |
|--|----------------------------------|
| a. Circonvoluzione composta caudale | 1. Fessura pseudosilviana |
| b. Circonvoluzione composta rostrale | 8. Solco ectosilviano rostrale |
| e. Circonvoluzione ectosilviana caudale | 15. Solco soprassilvano rostrale |
| f. Circonvoluzione ectosilviana media | |
| g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale | |
| m. Circonvoluzione precrociata | |
| o. Circonvoluzione silviana caudale | |
| q. Circonvoluzione silviana rostrale | |
| r. Circonvoluzione soprassilviana caudale | |
| s. Circonvoluzione soprassilviana media | |
| t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale | |

315

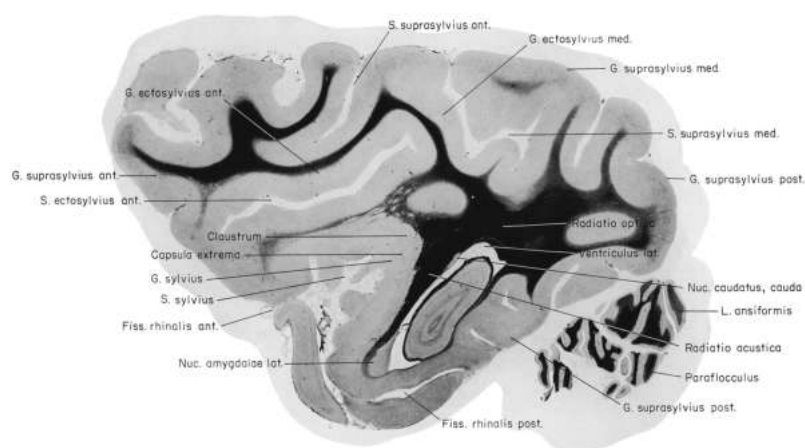
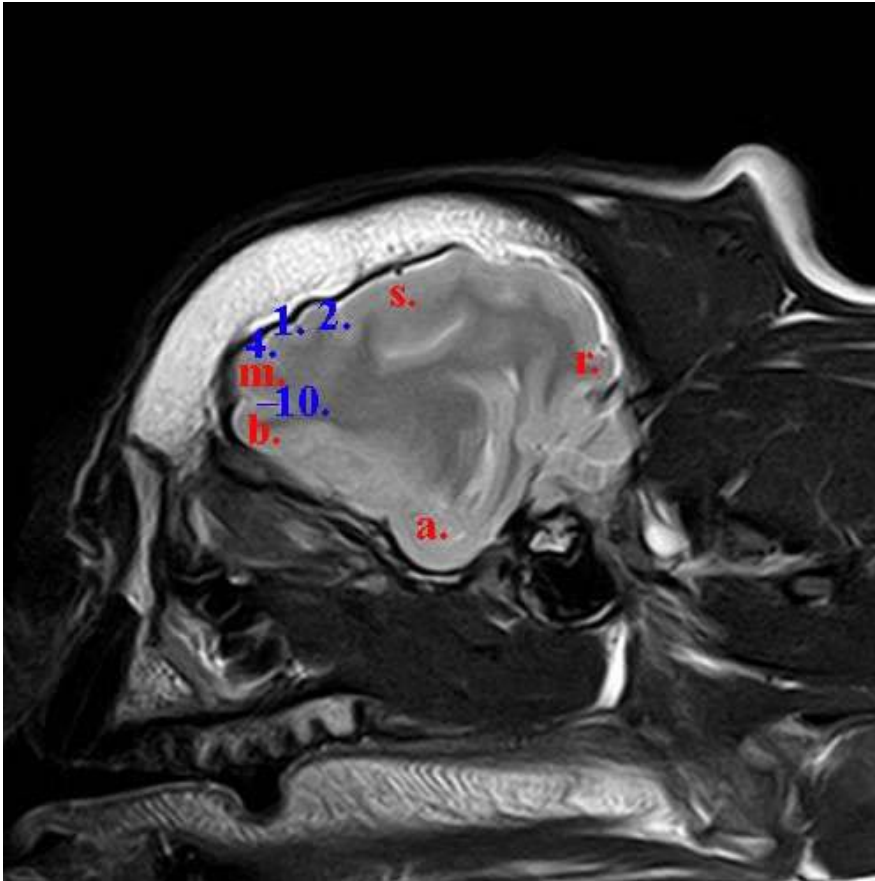
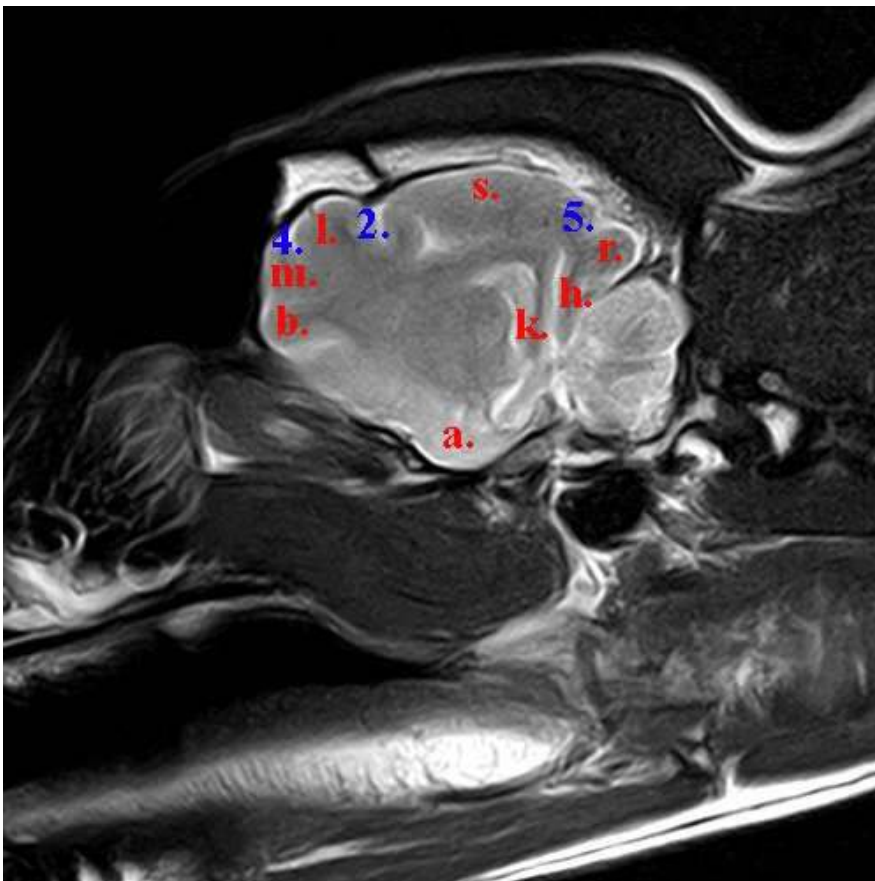


Plate 94

Tav. 4



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
- b. Circonvoluzione composta rostrale
- h. Circonvoluzione linguale
- k. Circonvoluzione paraippocampale
- l. Circonvoluzione postcrociata
- m. Circonvoluzione precrociata
- r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- s. Circonvoluzione soprassilviana media

- 1. Fessura pseudosilviana
- 2. Solco ansato
- 4. Solco crociato
- 5. Solco ectomarginale
- 10. Solco presilviano

396

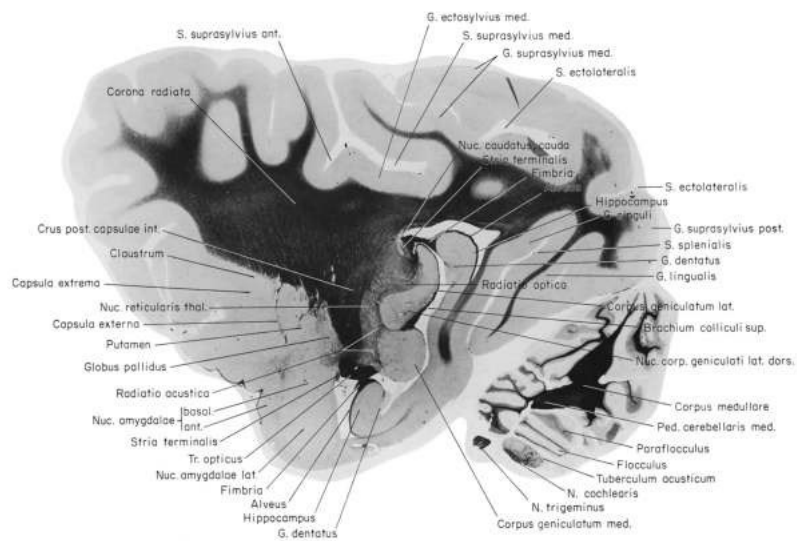
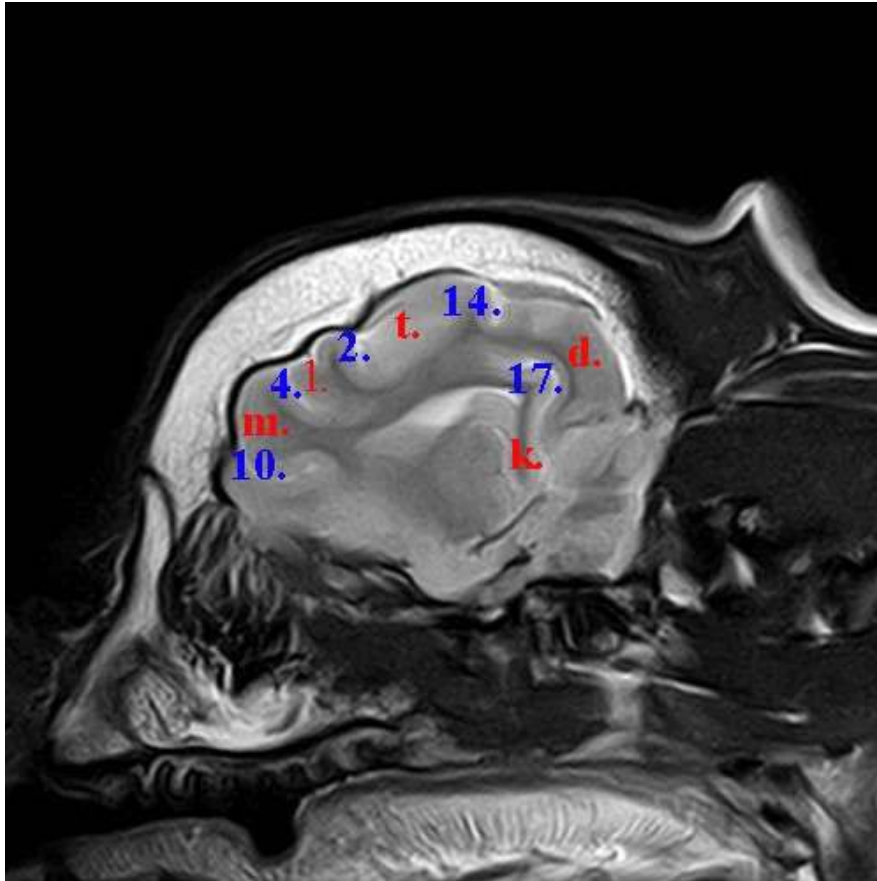
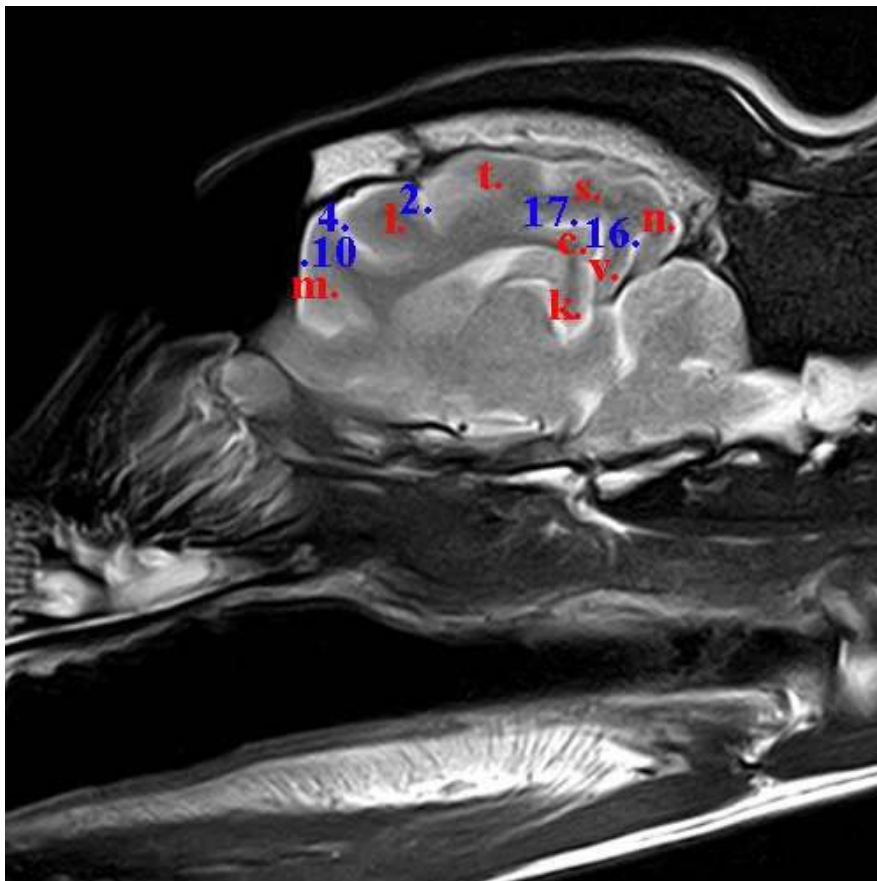


Plate 90

Tav. 5



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - s. Circonvoluzione soprassilviana media
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato
 - 10. Solco presilviano
 - 14. Solco soprassalivano medio
 - 16. Solco soprasspleniale
 - 17. Solco spleniale

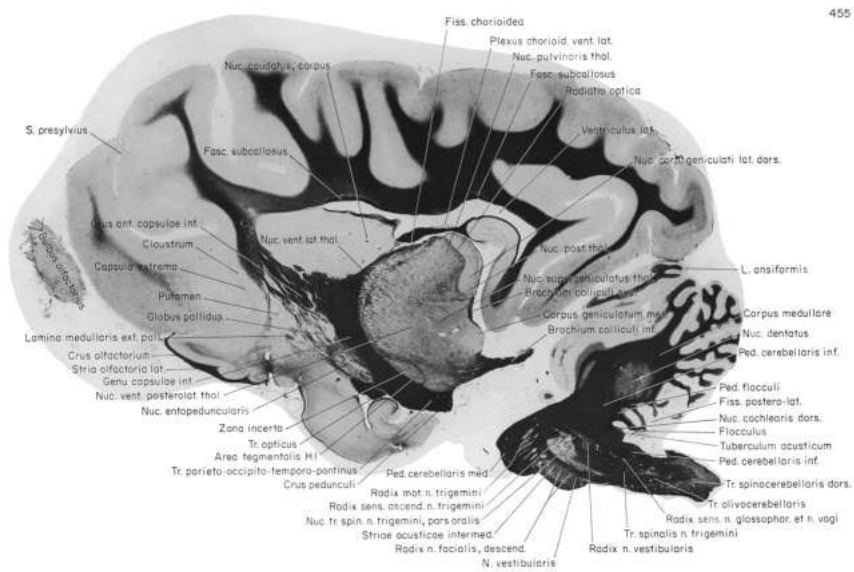
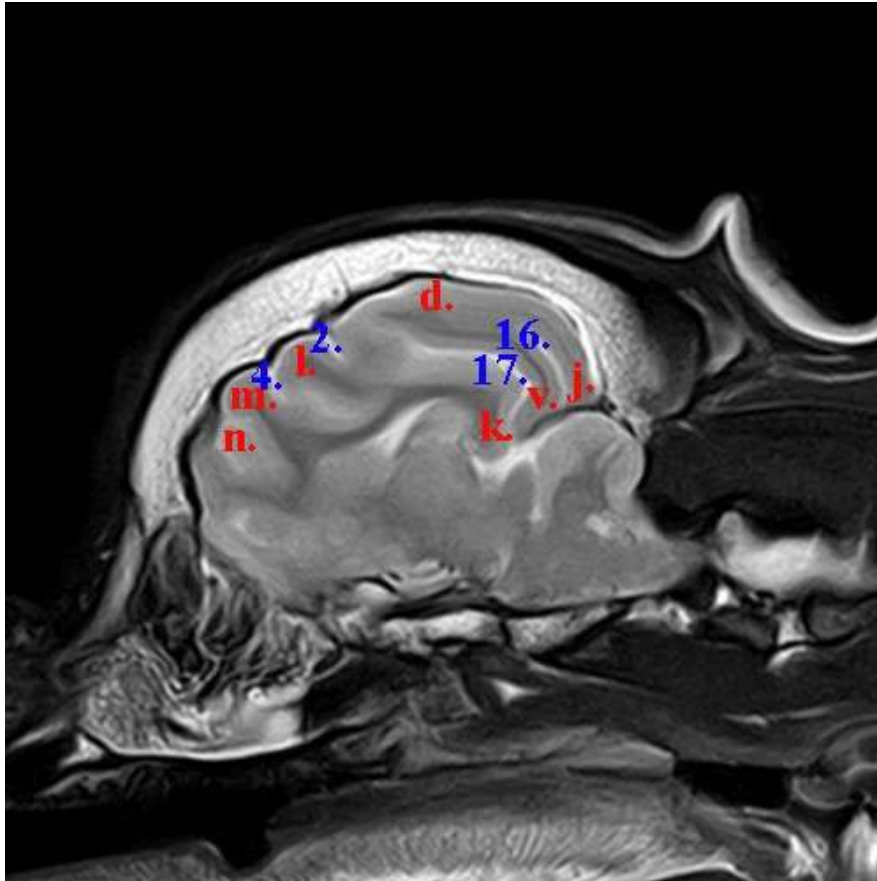
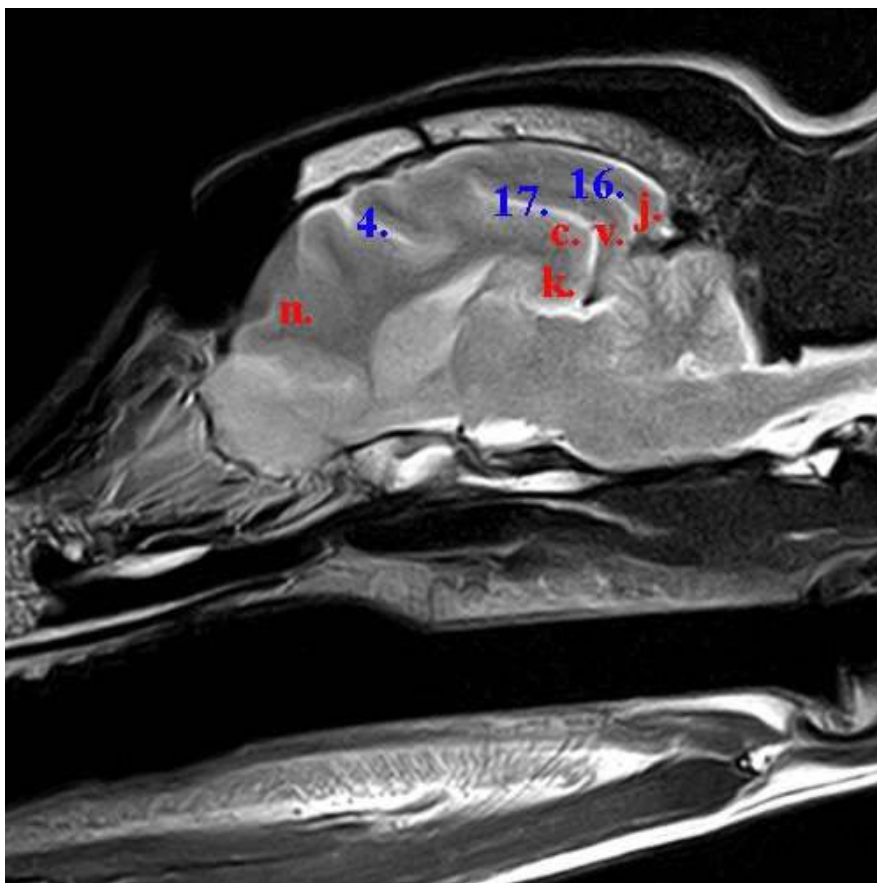


Plate 86

Tav. 6



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - j. Circonvoluzione occipitale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato
 - 16. Solco sopraspleniale
 - 17. Solco spleniale

465

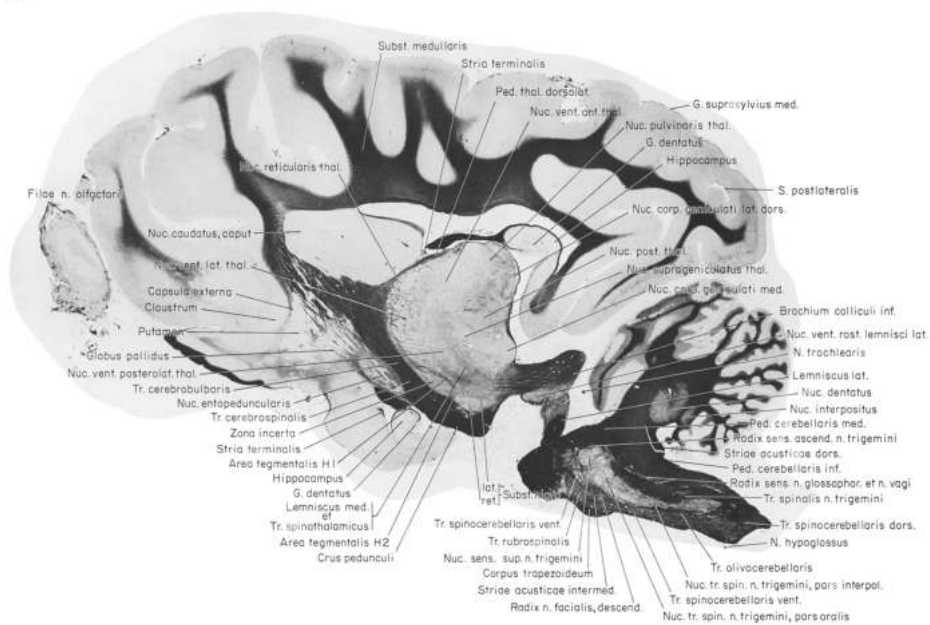
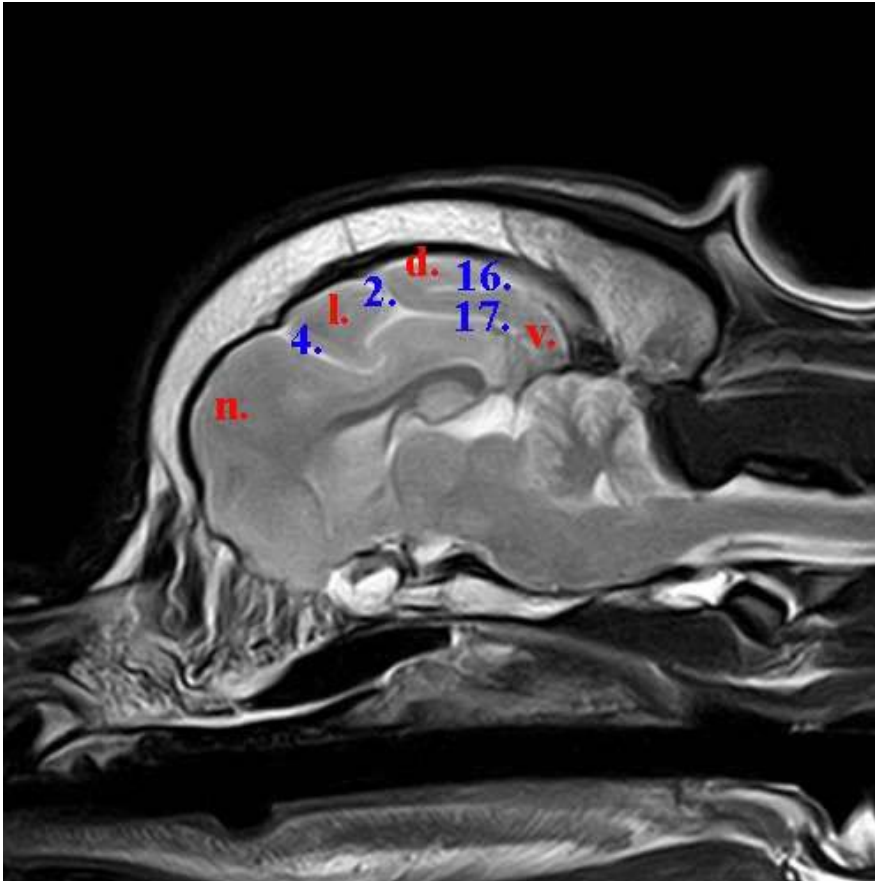


Plate 85

Tav. 7

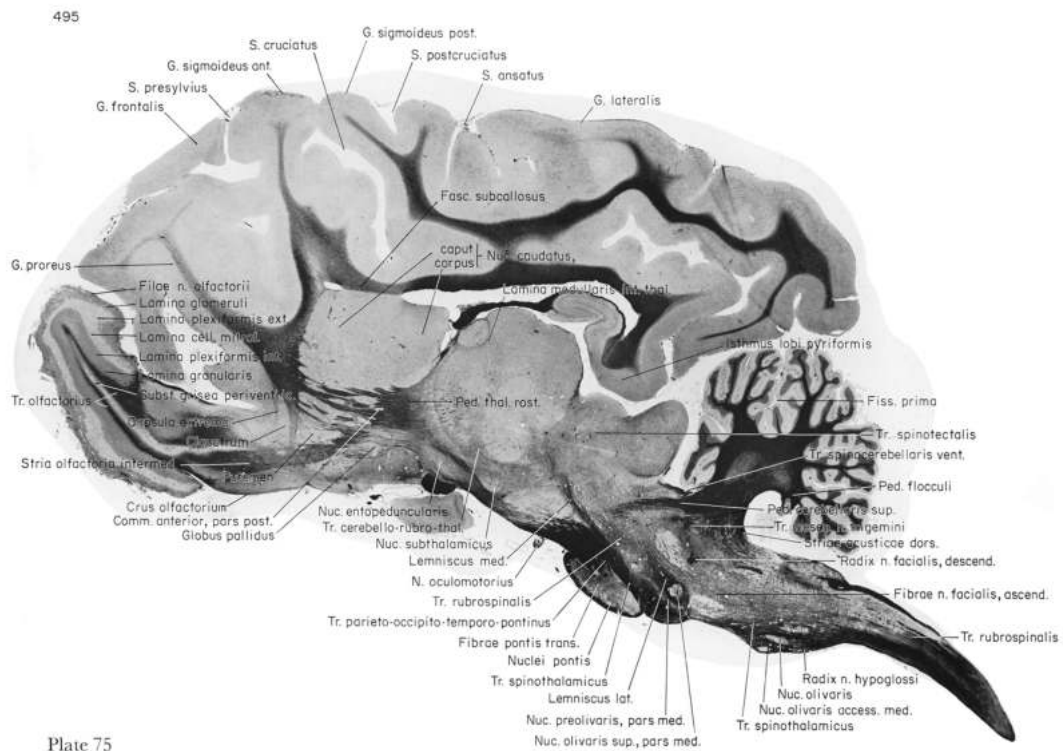


Cane brachicefalo

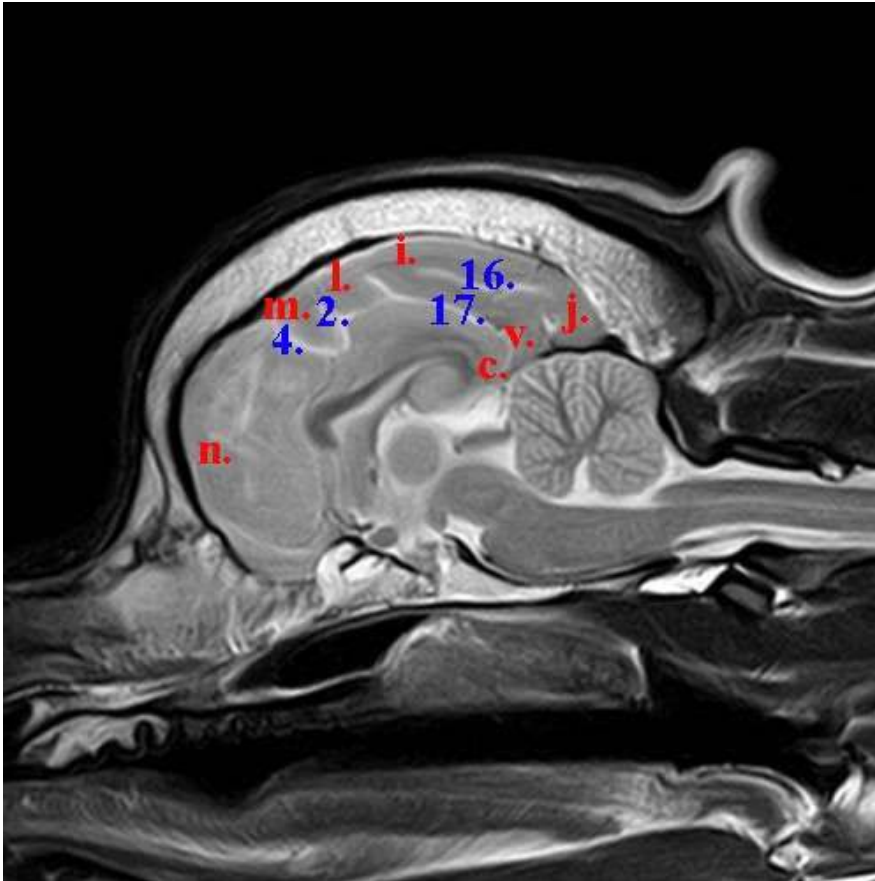
Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
- l. Circonvoluzione postcrociata
- n. Circonvoluzione prorea
- v. Circonvoluzione spleniale

- 2. Solco ansato
- 4. Solco crociato
- 16. Solco sopraspleniale
- 17. Solco spleniale



Tav. 8



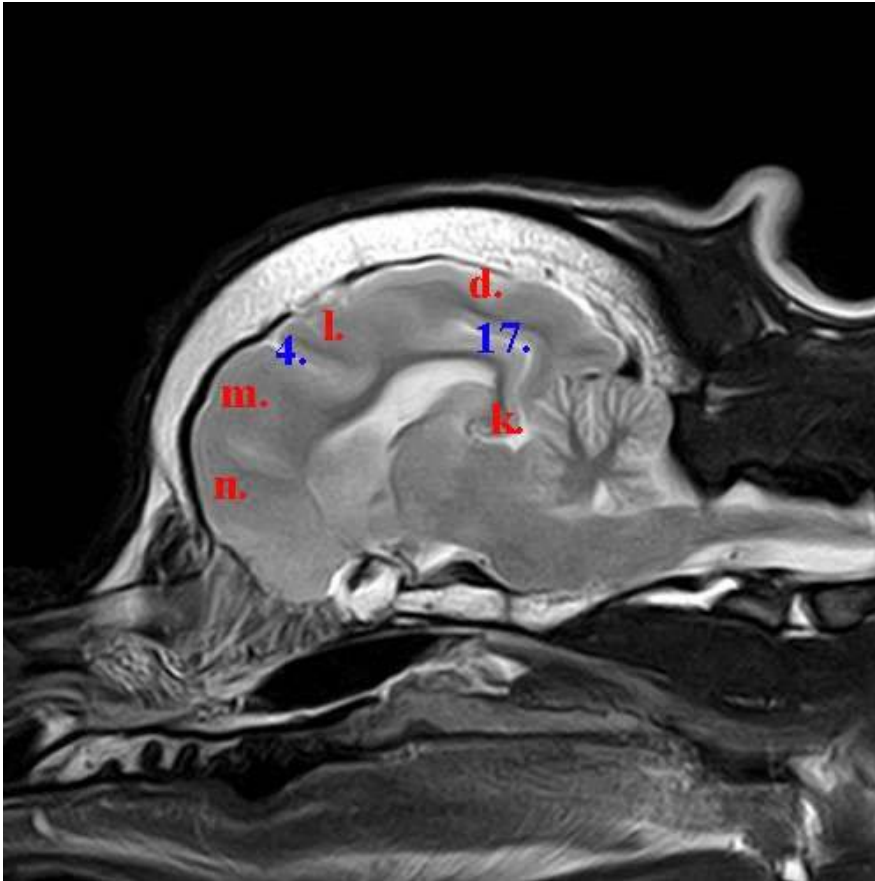
Cane brachicefalo



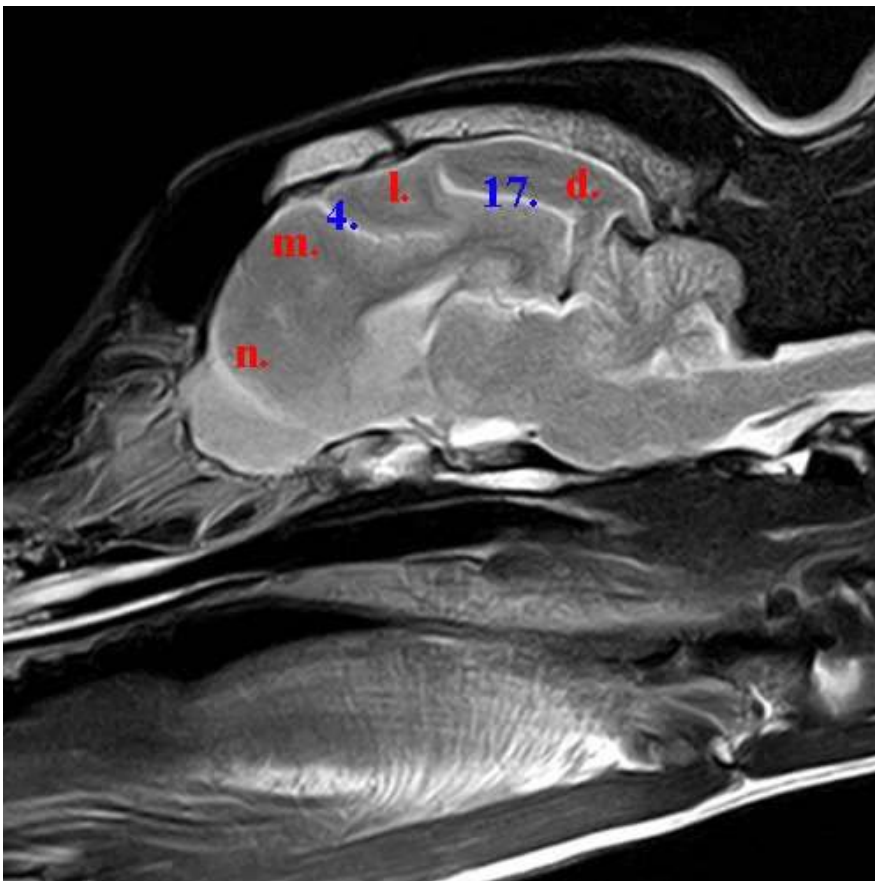
Cane mesocefalo

- c. Circonvoluzione del cingolo
 - i. Circonvoluzione marginale
 - j. Circonvoluzione occipitale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato
 - 16. Solco sopraspleniale
 - 17. Solco spleniale

Tav. 9

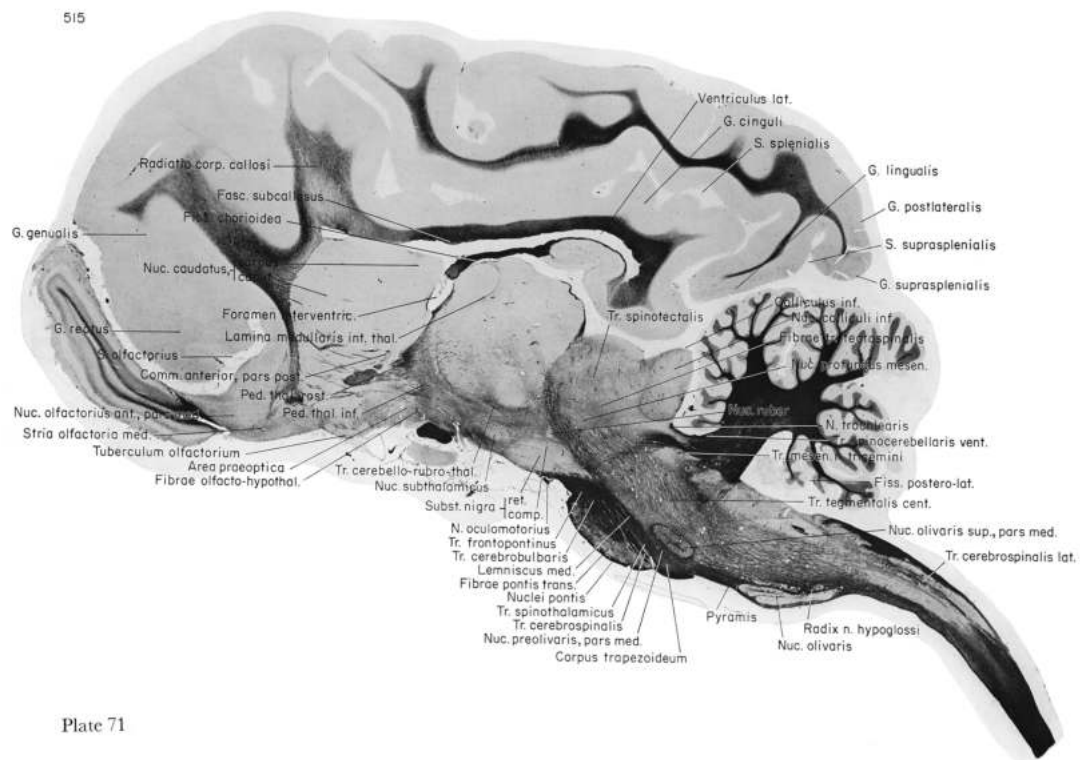


Cane brachicefalo

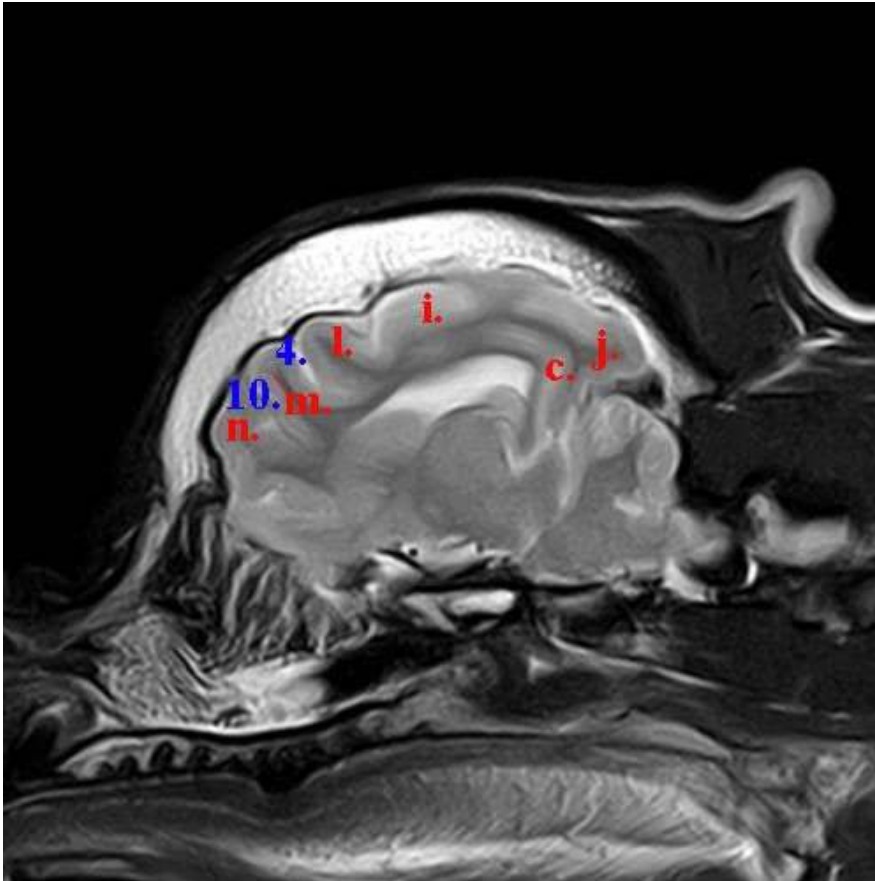


Cane mesocefalo

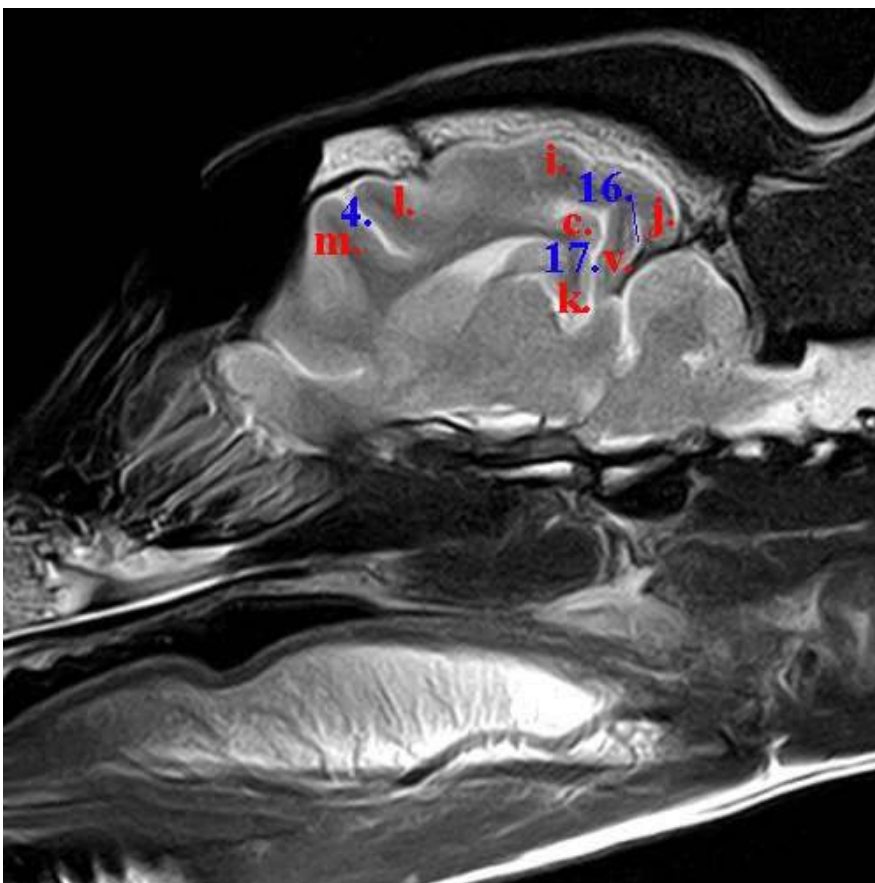
- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - j. Circonvoluzione occipitale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato
 - 16. Solco sopraspleniale
 - 17. Solco spleniale



Tav. 10



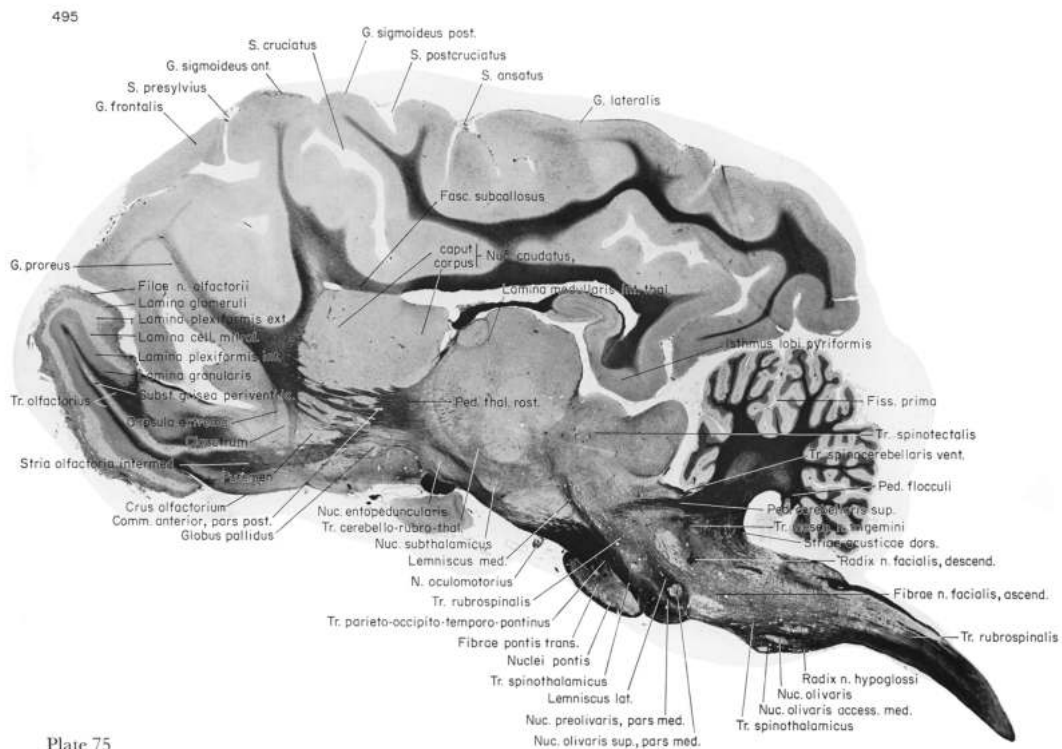
Cane brachicefalo



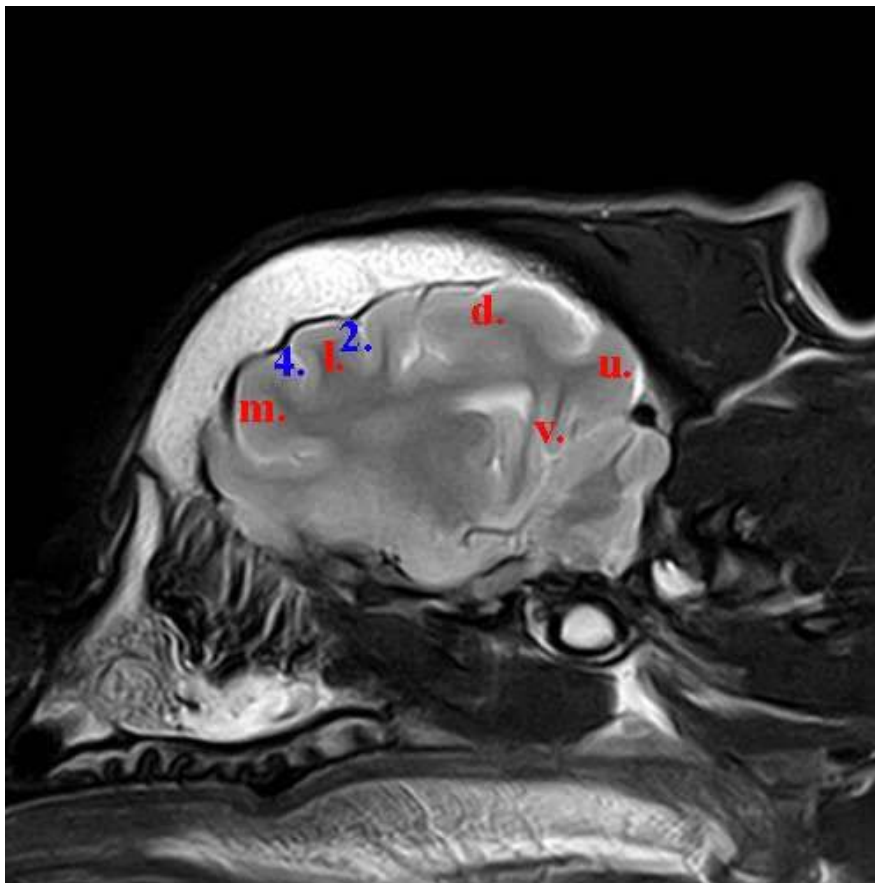
Cane mesocefalo

- c. Circonvoluzione del cingolo
- i. Circonvoluzione marginale
- j. Circonvoluzione occipitale
- k. Circonvoluzione paraippocampale
- l. Circonvoluzione postcrociata
- m. Circonvoluzione precrociata
- n. Circonvoluzione prorea
- v. Circonvoluzione spleniale

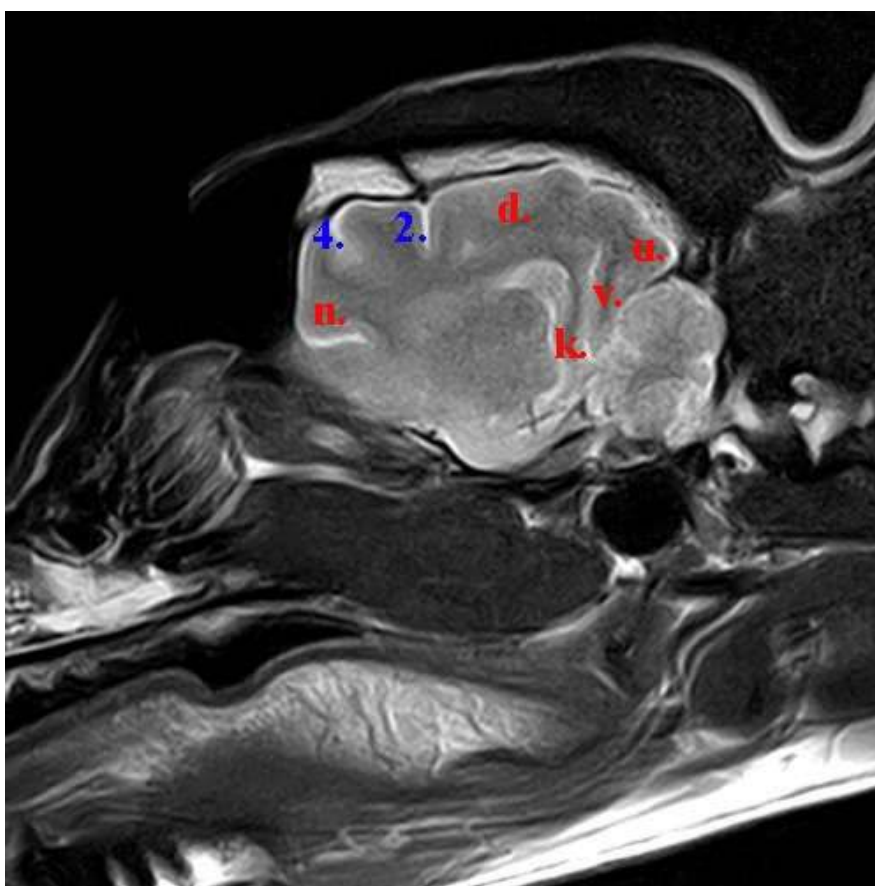
- 4. Solco crociato
- 10. Solco presilviano
- 16. Solco sopraspleniale
- 17. Solco spleniale



Tav. 11



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - u. Circonvoluzione sopraspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato

415

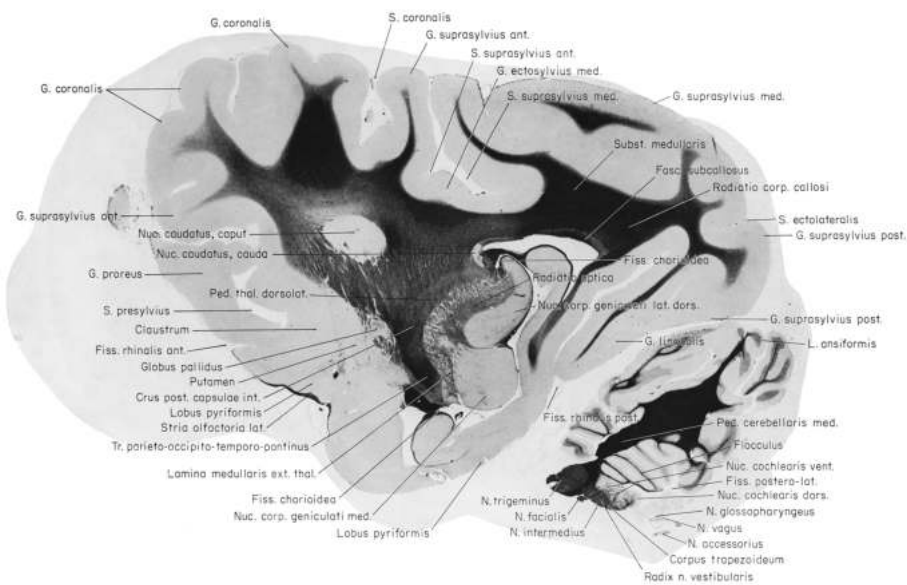
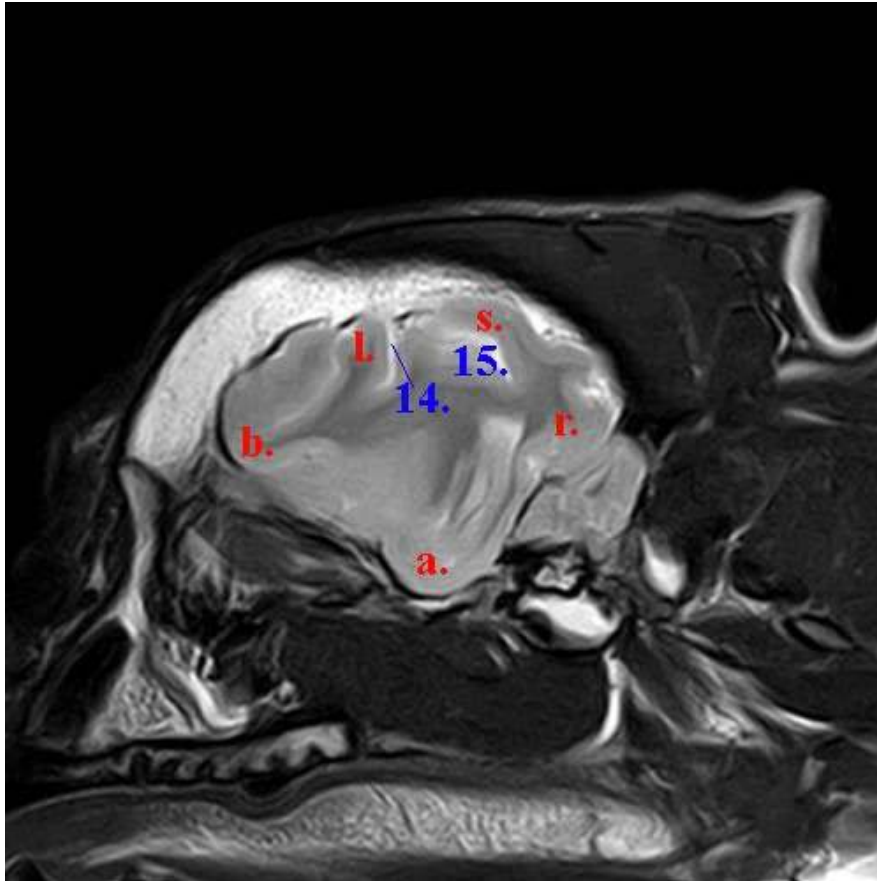
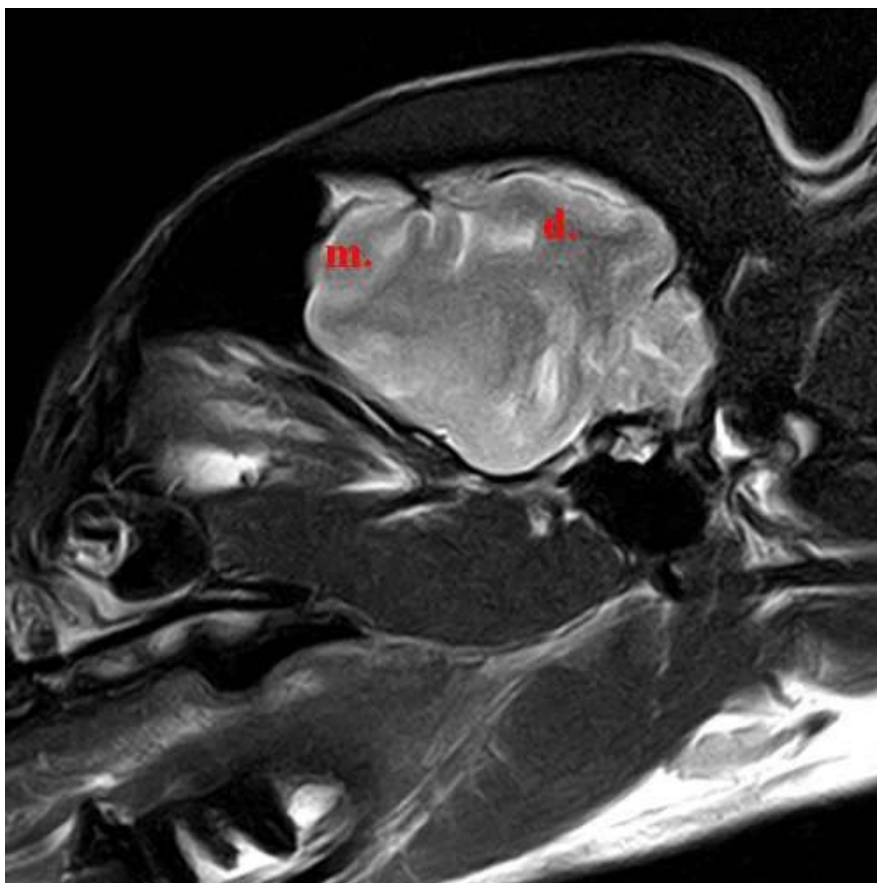


Plate 89

Tav. 12



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
- b. Circonvoluzione composta rostrale
- d. Circonvoluzione ectomarginale
- l. Circonvoluzione postcrociata
- m. Circonvoluzione precrociata
- r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- s. Circonvoluzione soprassilviana media

- 14. Solco soprassalivano medio
- 15. Solco soprassalivano rostrale

355

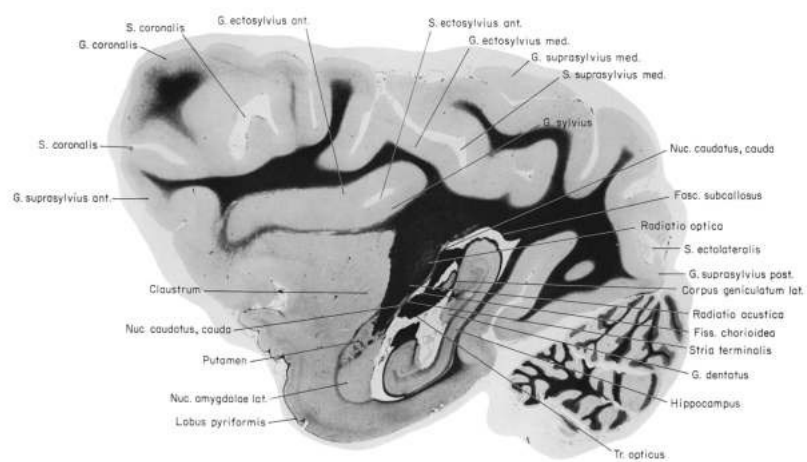
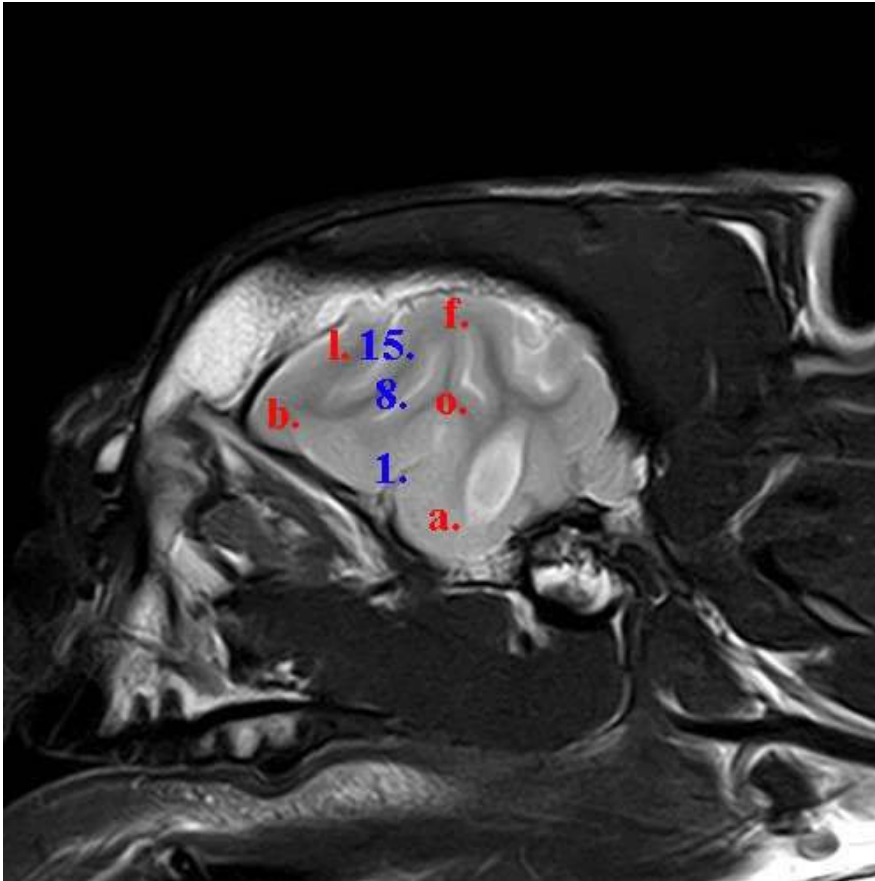
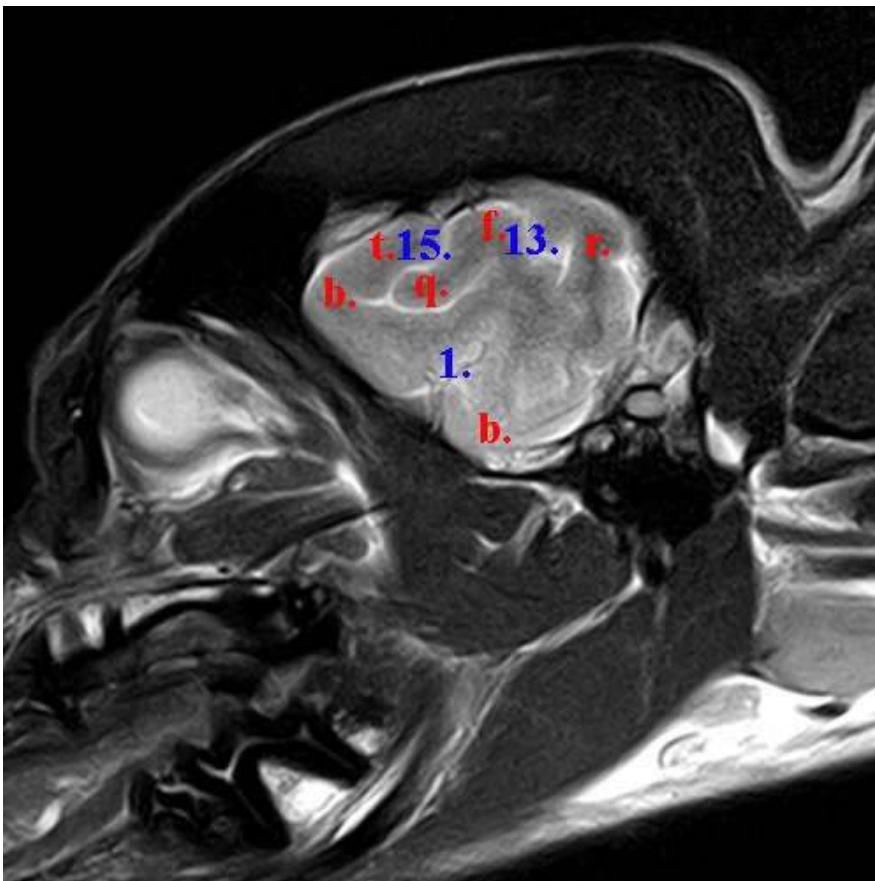


Plate 92

Tav. 13



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
- b. Circonvoluzione composta rostrale
- f. Circonvoluzione ectosilviana media
- l. Circonvoluzione postcrociata
- o. Circonvoluzione silviana caudale
- q. Circonvoluzione silviana rostrale
- r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale

- 1. Fessura pseudosilviana
- 8. Solco ectosilviano rostrale
- 13. Solco soprassilvano caudale
- 15. Solco soprassilvano rostrale

265

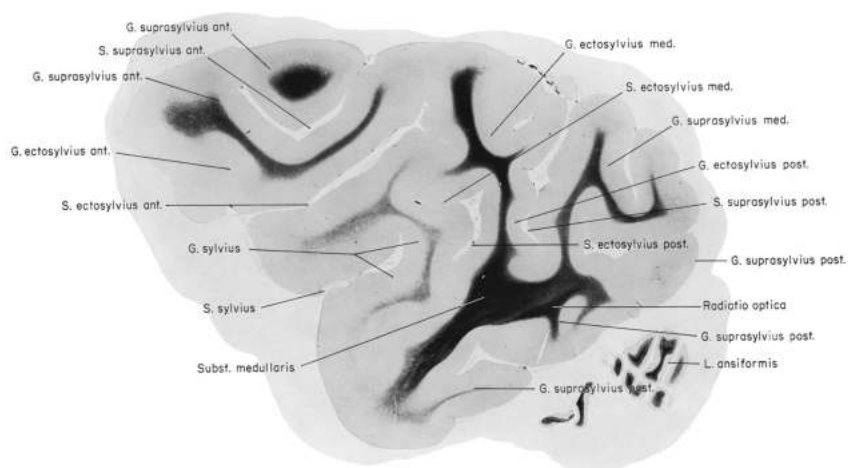
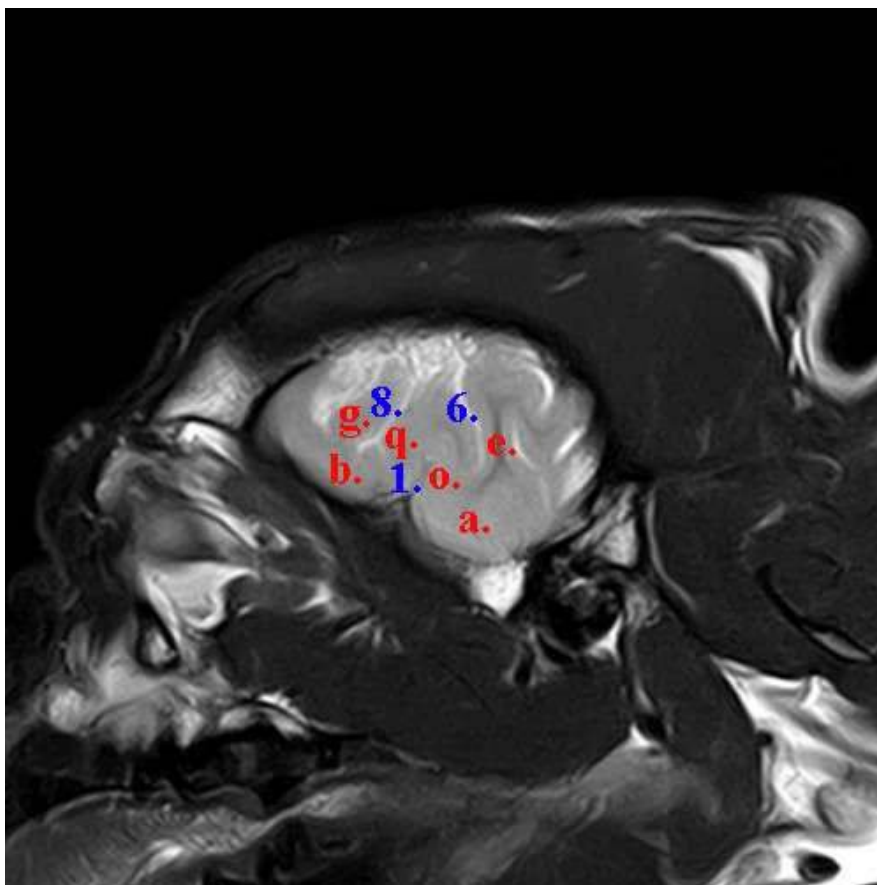
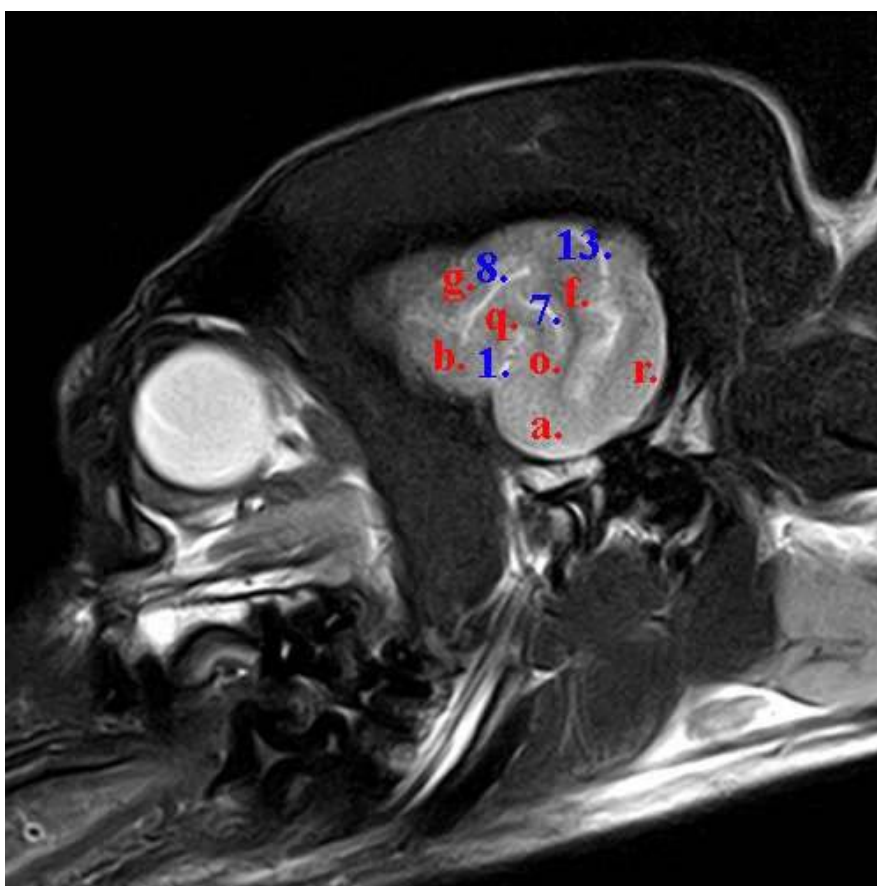


Plate 96

Tav. 14



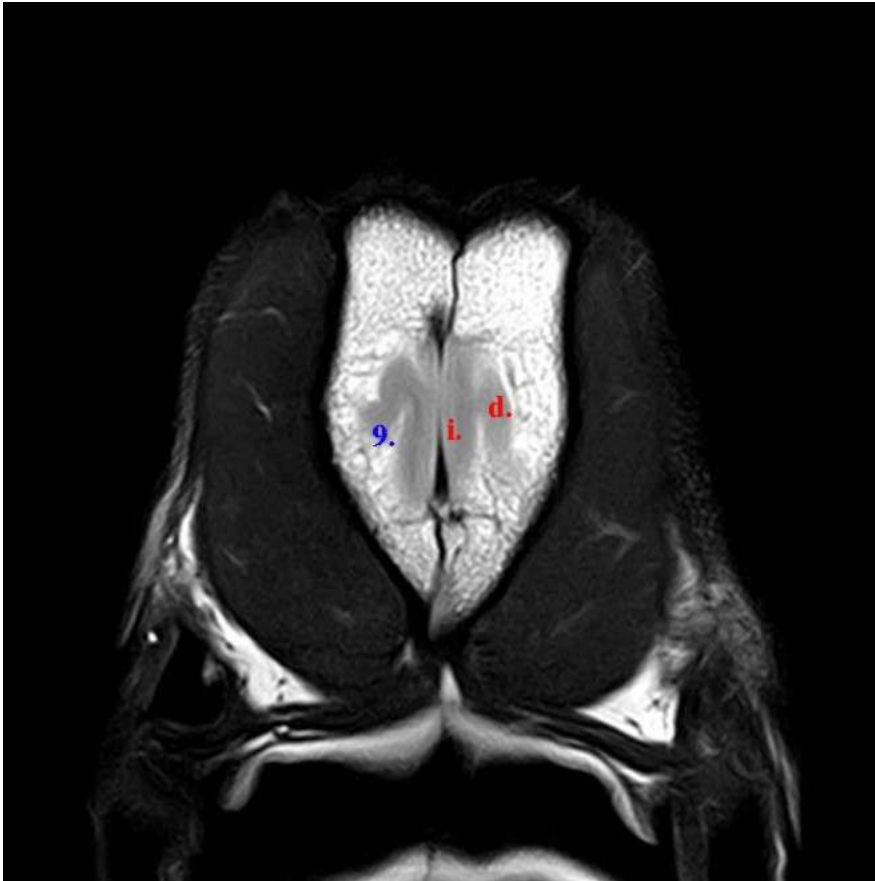
Cane brachicefalo



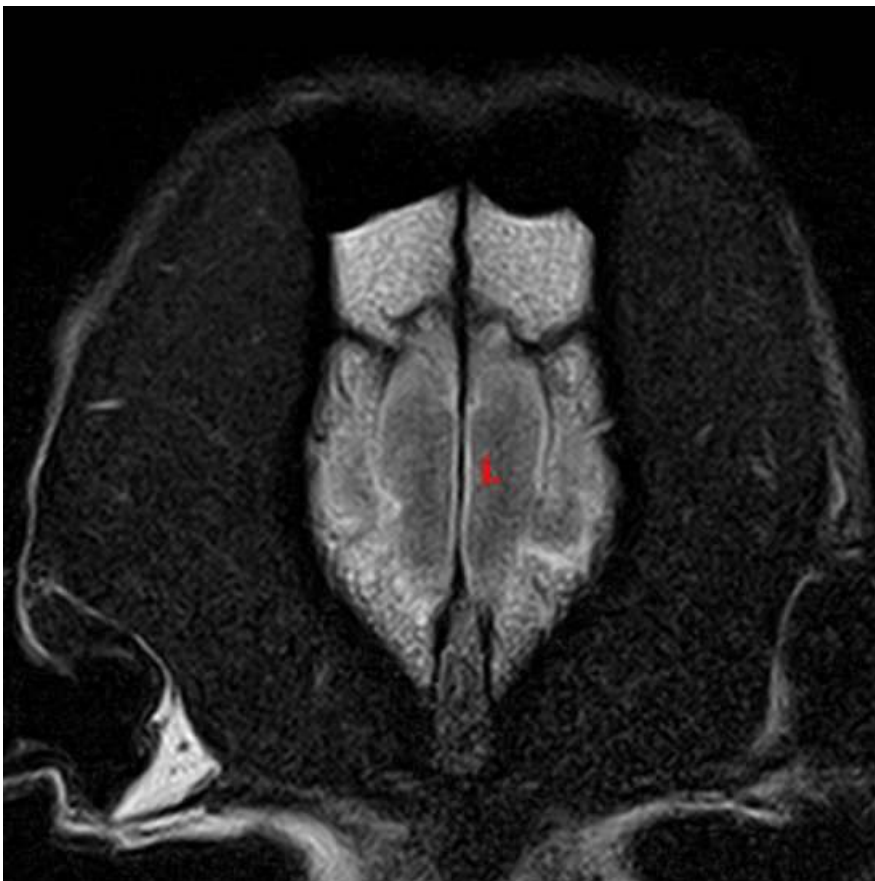
Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
 - b. Circonvoluzione composta rostrale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - o. Circonvoluzione silviana caudale
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- 1. Fessura pseudosilviana
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 7. Solco ectosilviano medio
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 13. Solco soprassalivano caudale

Tav. 15



Cane brachicefalo

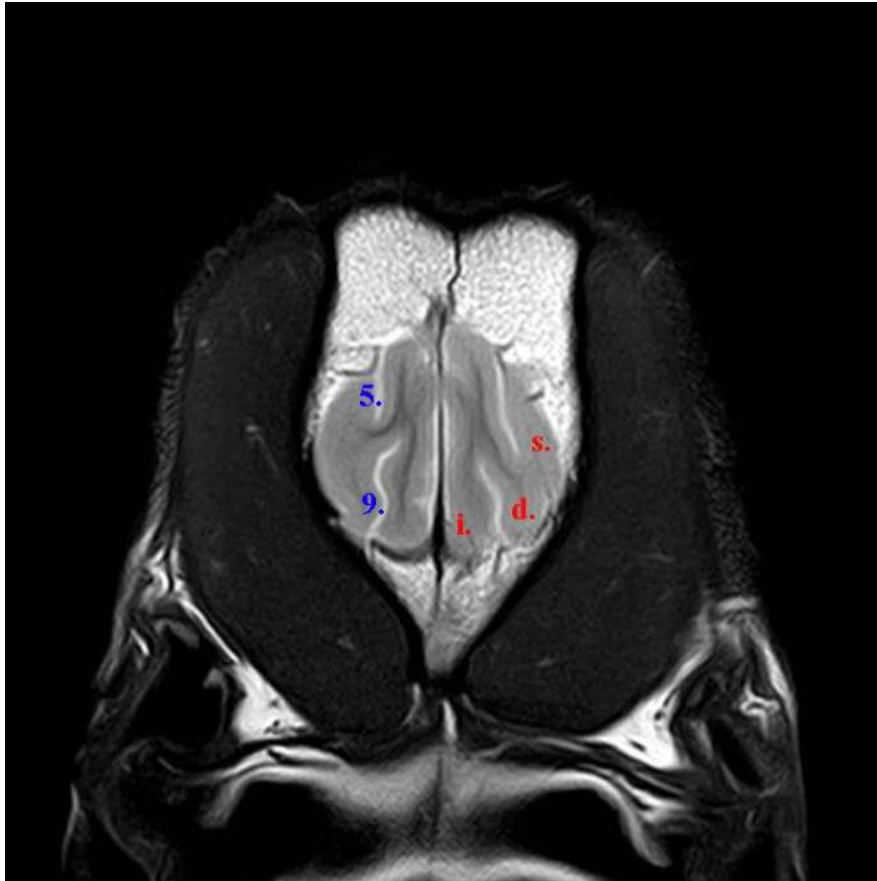


Cane mesocefalo

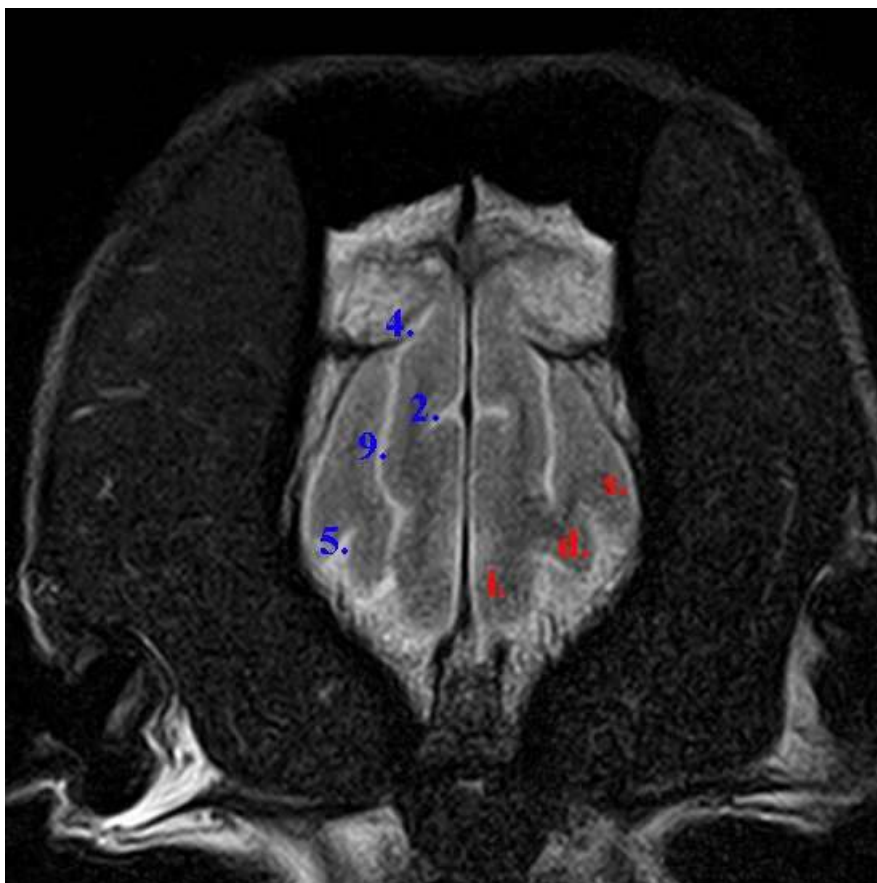
- d. Circonvoluzione ectomarginale
- i. Circonvoluzione marginale

9. Solco marginale

Tav. 16



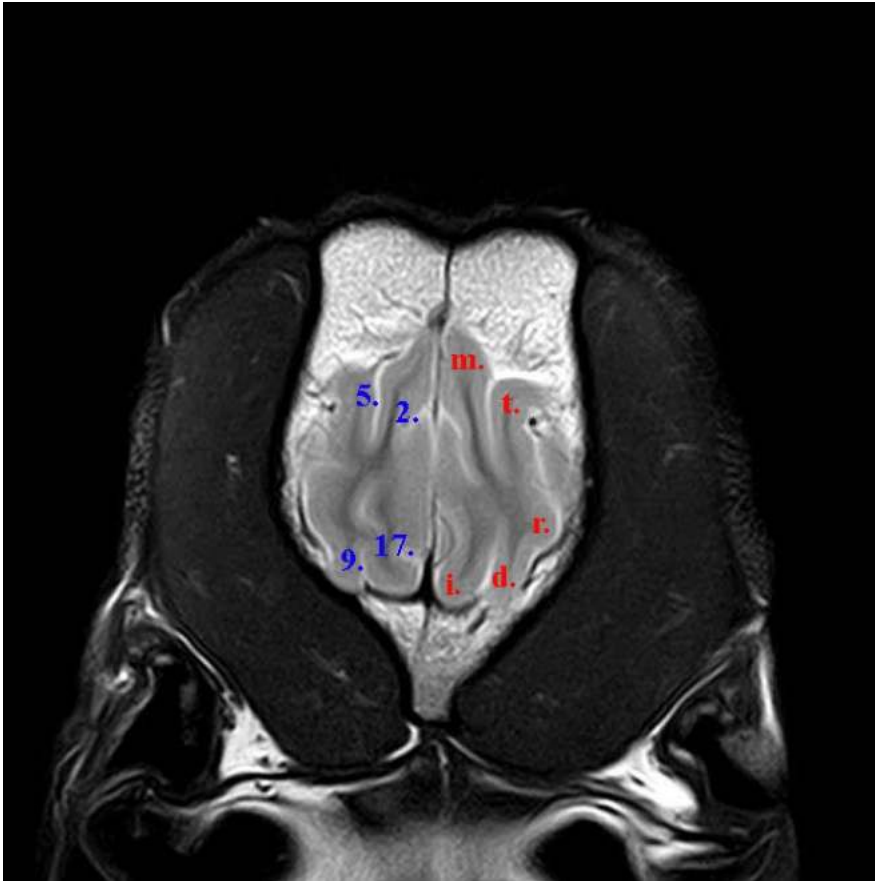
Cane brachicefalo



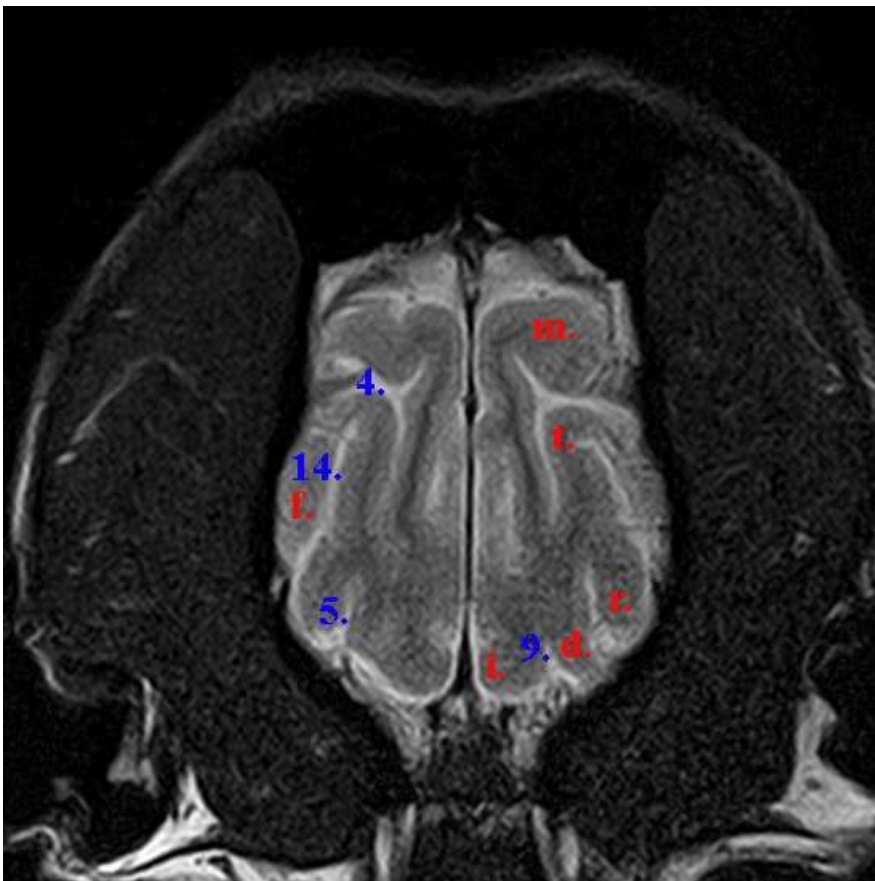
Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - s. Circonvoluzione soprassilviana media
- 2. Solco ansato
 - 4. Solco crociato
 - 5. Solco ectomarginale
 - 9. Solco marginale

Tav. 17



Cane brachicefalo

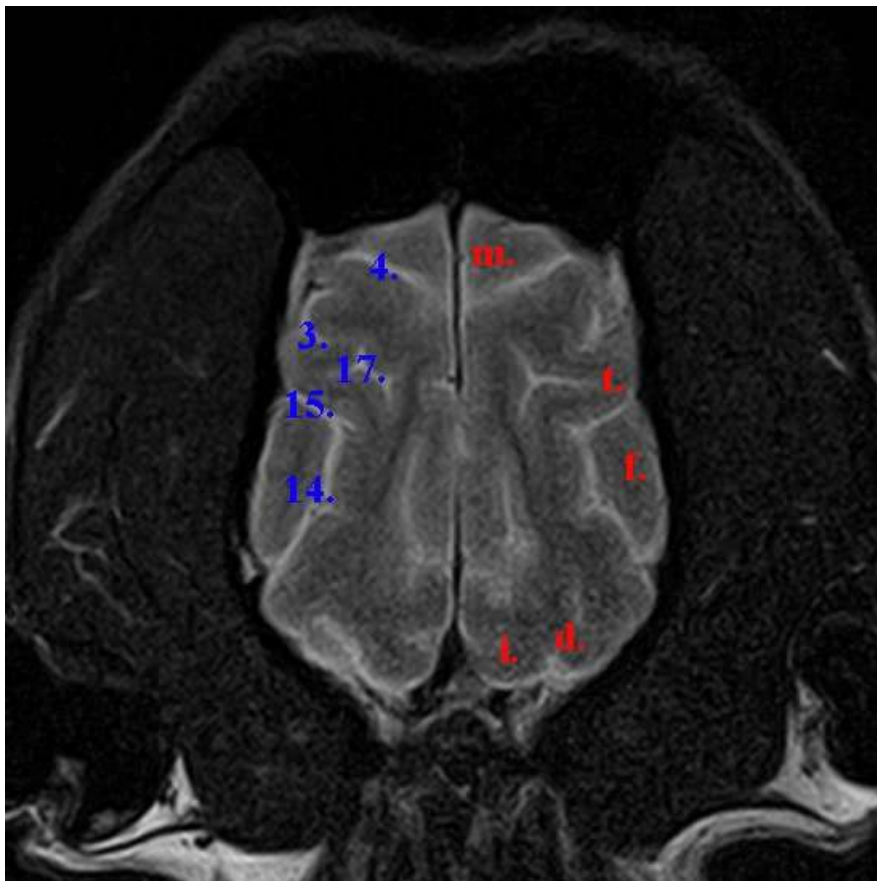


Cane mesocefalo

- | | |
|--|--------------------------------|
| d. Circonvoluzione ectomarginale | 2. Solco ansato |
| f. Circonvoluzione ectosilviana media | 4. Solco crociato |
| i. Circonvoluzione marginale | 5. Solco ectomarginale |
| m. Circonvoluzione precrociata | 9. Solco marginale |
| r. Circonvoluzione soprassilviana caudale | 14. Solco soprassalivano medio |
| t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale | 17. Solco spleniale |

Tav. 18

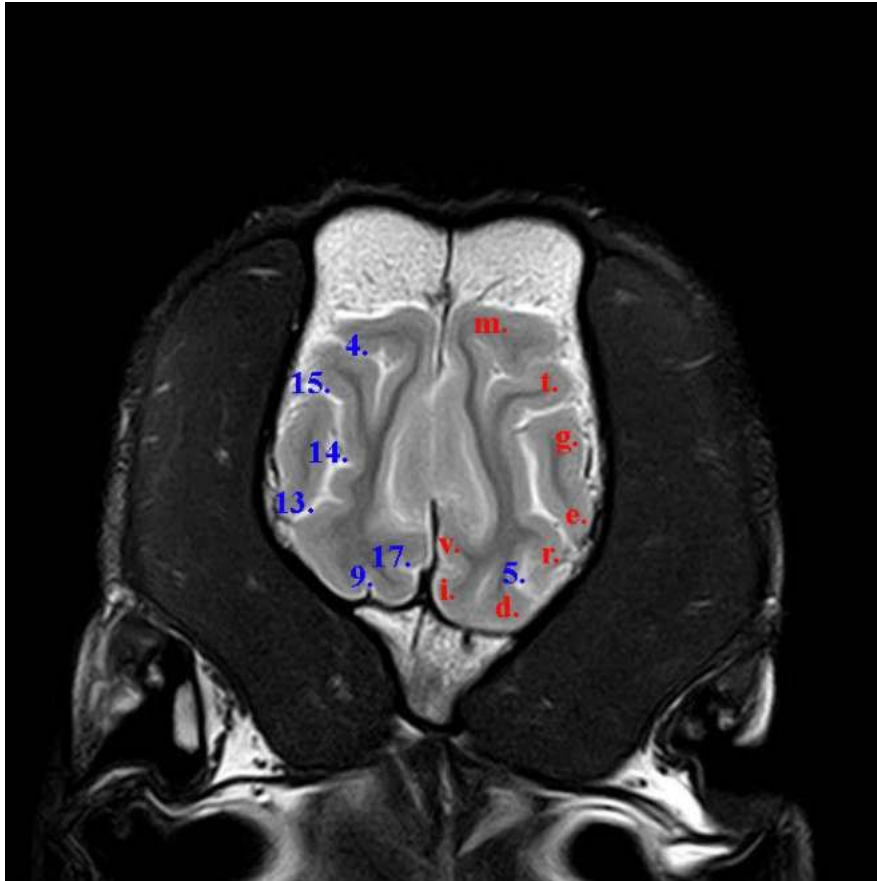
Cane brachicefalo



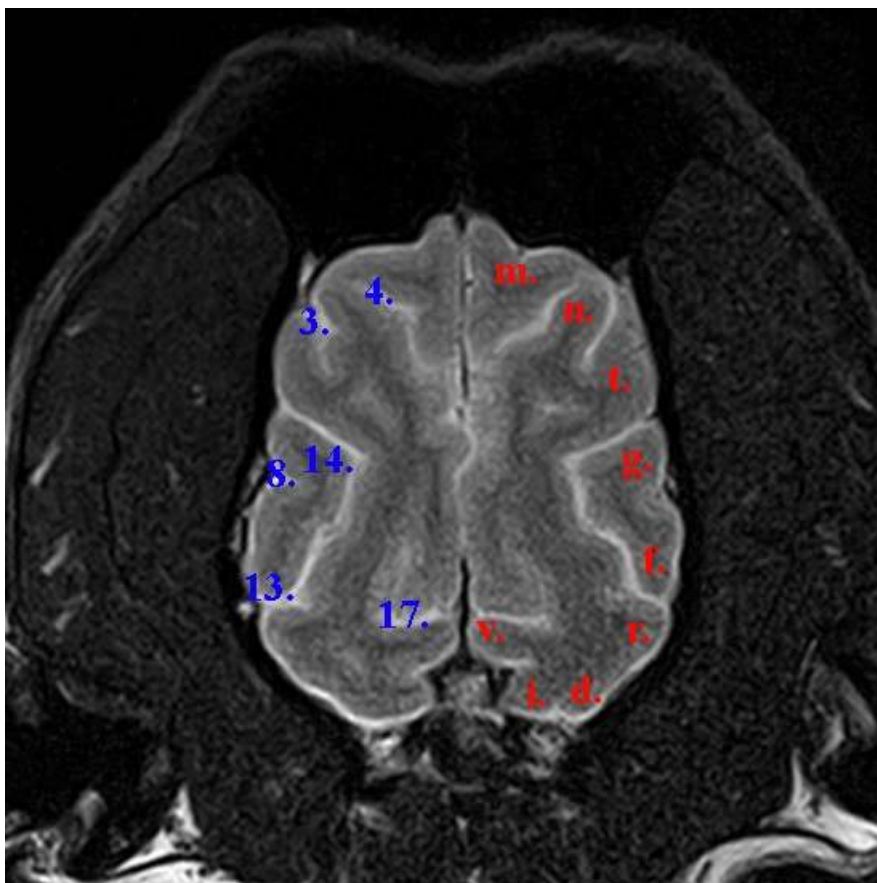
Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
- f. Circonvoluzione ectosilviana media
- i. Circonvoluzione marginale
- m. Circonvoluzione precrociata
- t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
- 3. Solco coronale
- 4. Solco crociato
- 14. Solco soprassalivano medio
- 15. Solco soprassalivano rostrale
- 17. Solco spleniale

Tav. 19

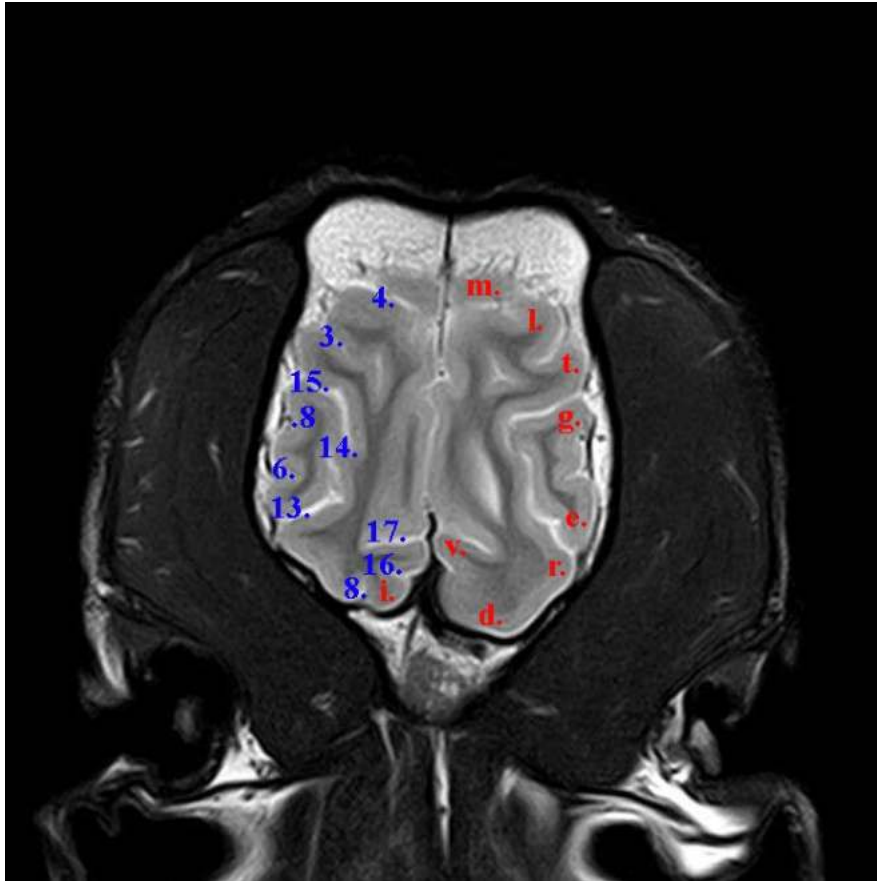


Cane brachicefalo

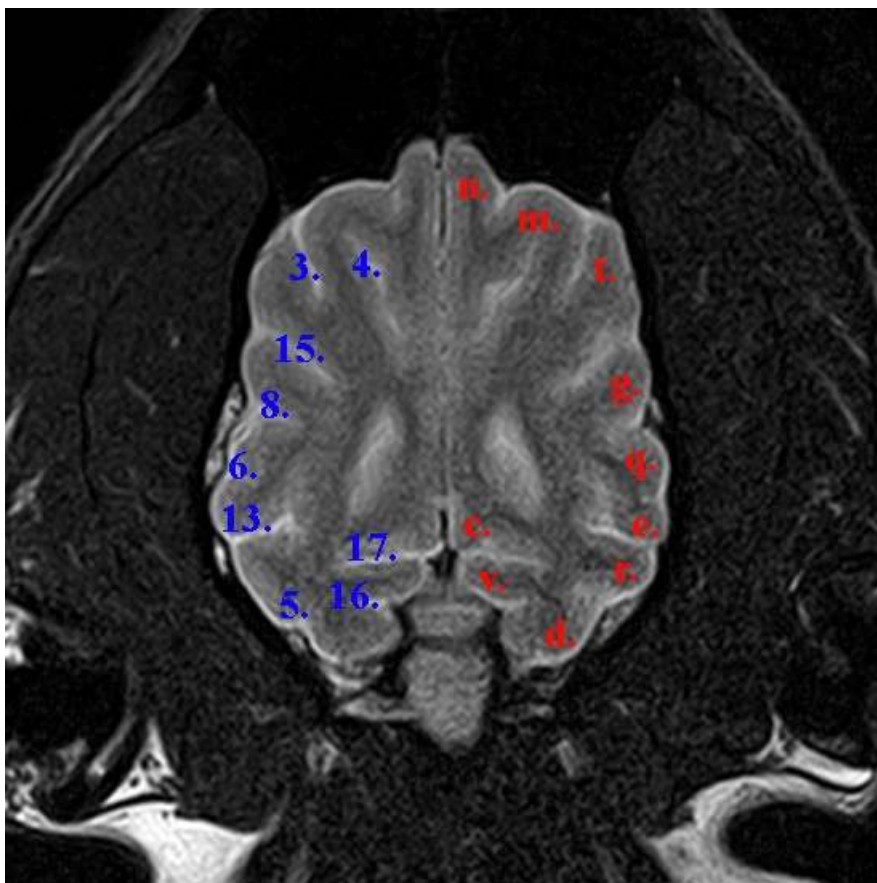


Cane mesocefalo

Tav. 20

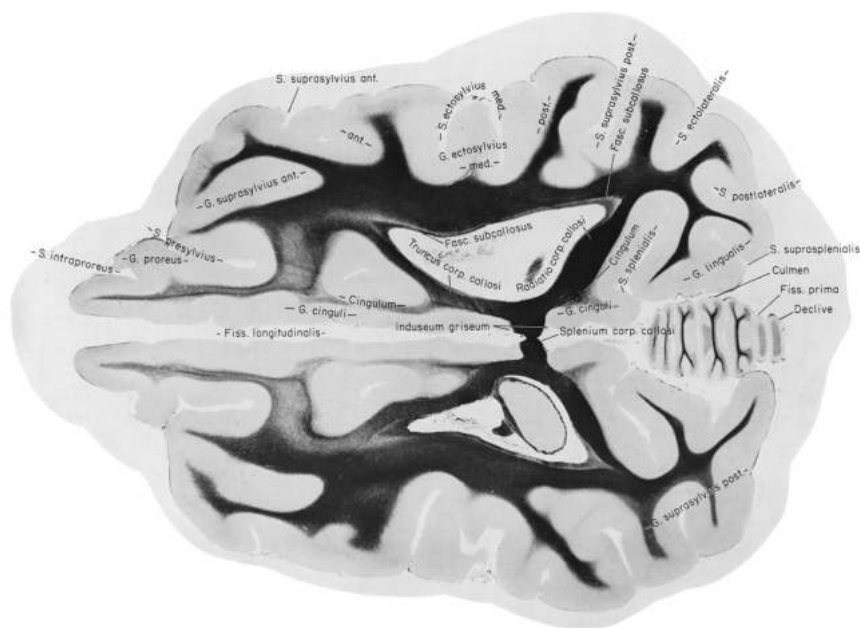


Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

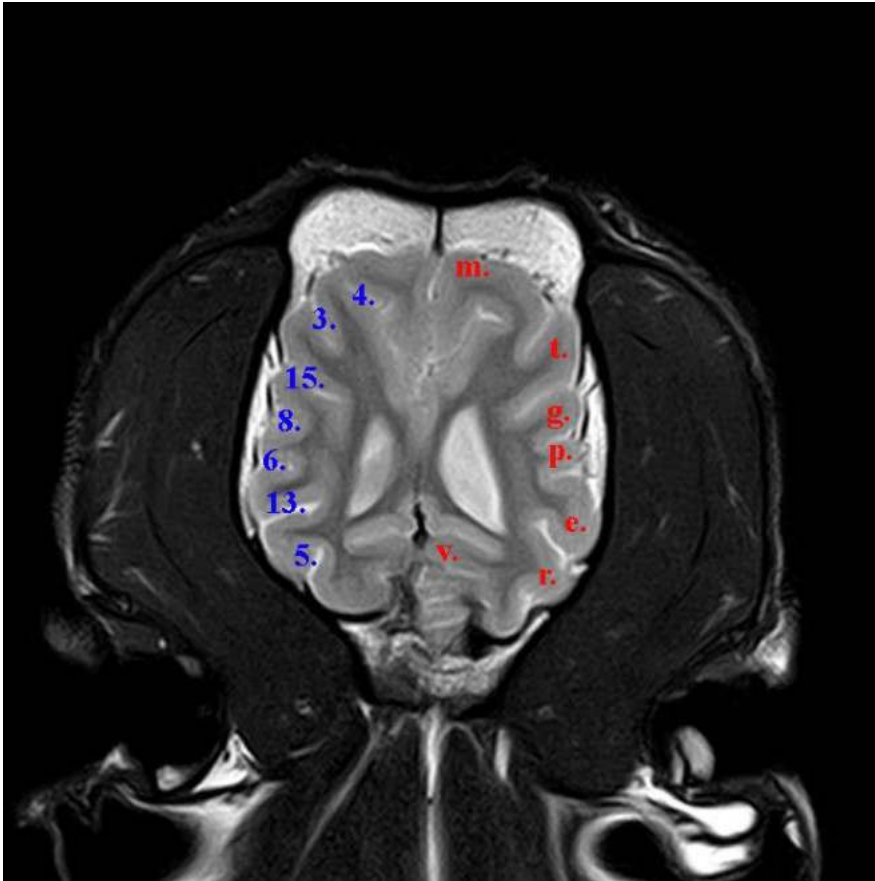
- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 3. Solco coronale
 - 4. Solco crociato
 - 5. Solco ectomarginale
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 13. Solco soprassalivano caudale
 - 14. Solco soprassalivano medio
 - 15. Solco soprassalivano rostrale
 - 16. Solco soprasspleniale
 - 17. Solco spleniale



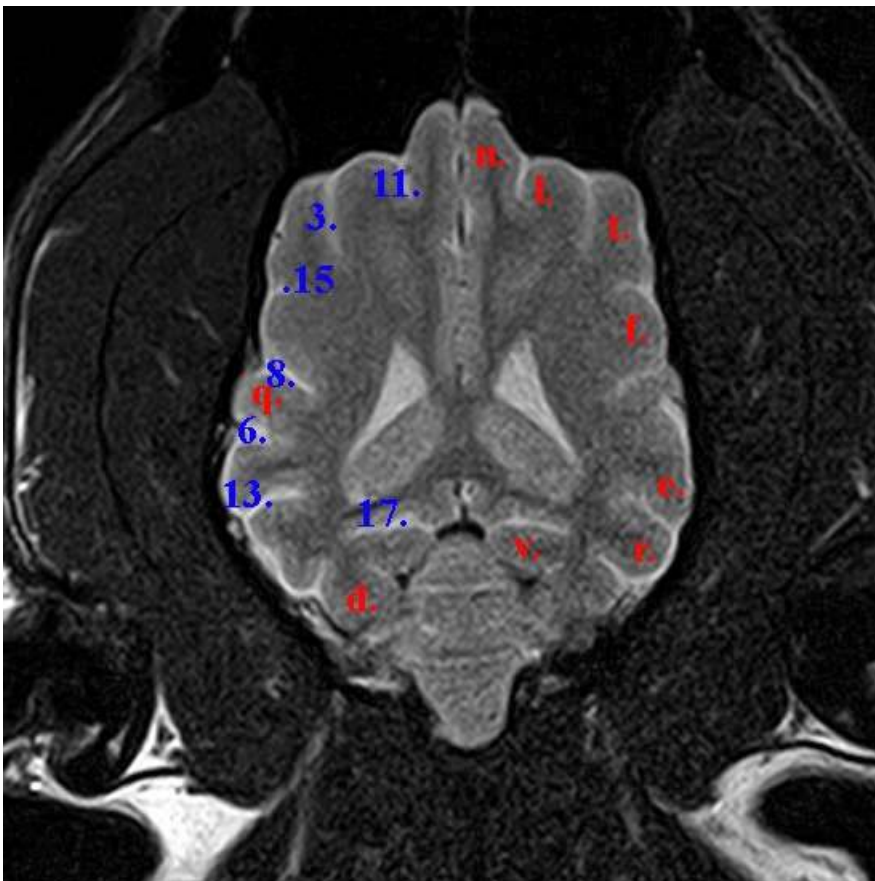
645

Plate 101

Tav. 21



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - p. Circonvoluzione silviana media
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - v. Circonvoluzione spleniaie
- 3. Solco coronale
 - 4. Solco crociato
 - 5. Solco ectomarginale
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 11. Solco proreo
 - 13. Solco soprassalivano caudale
 - 15. Solco soprassalivano rostrale
 - 17. Solco spleniaie

625

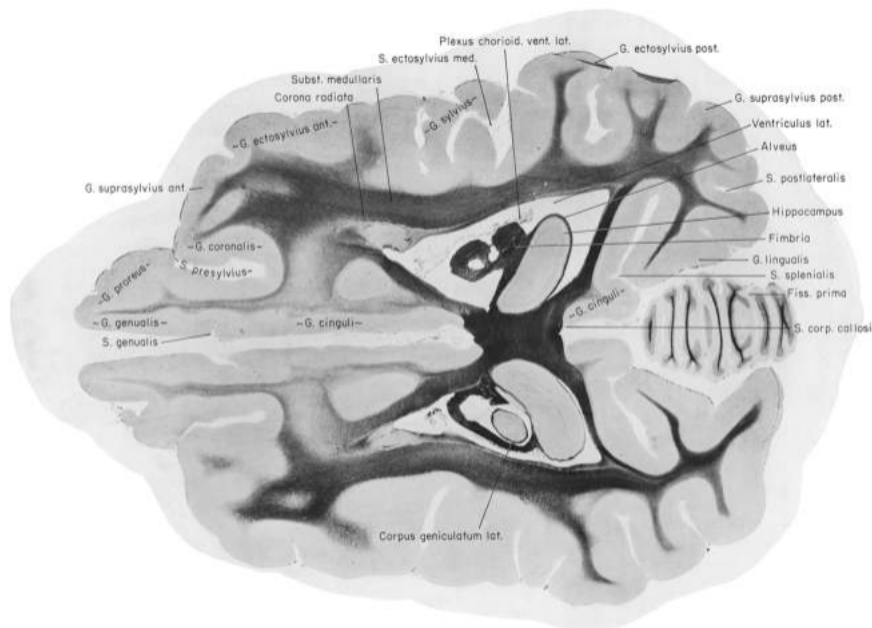
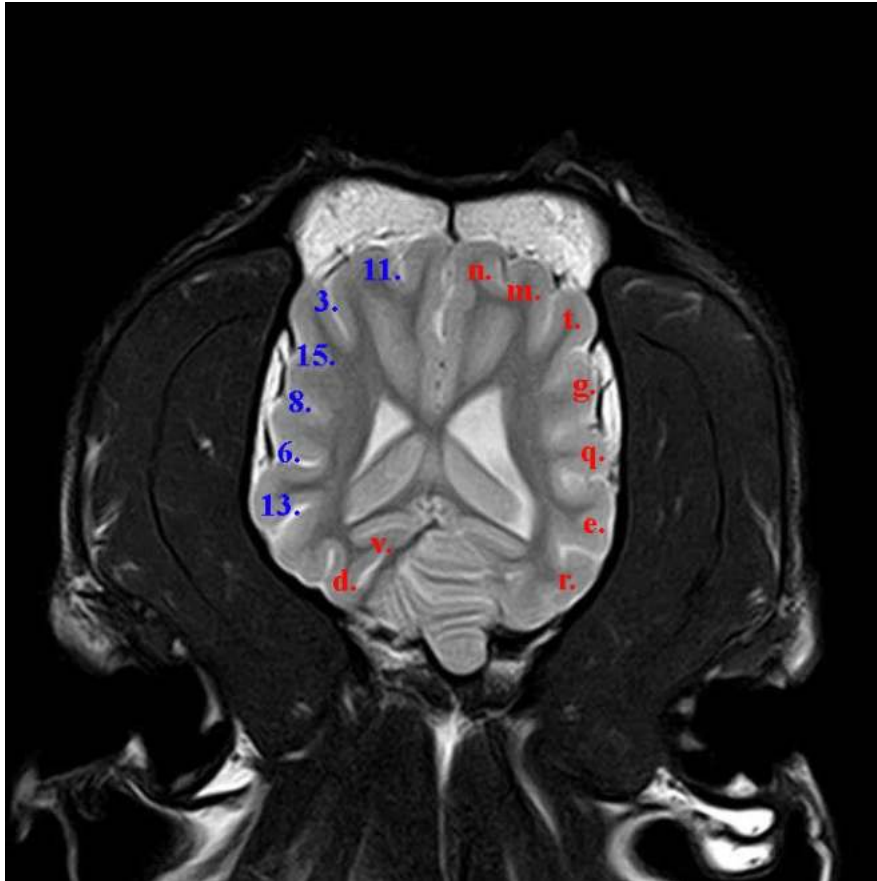
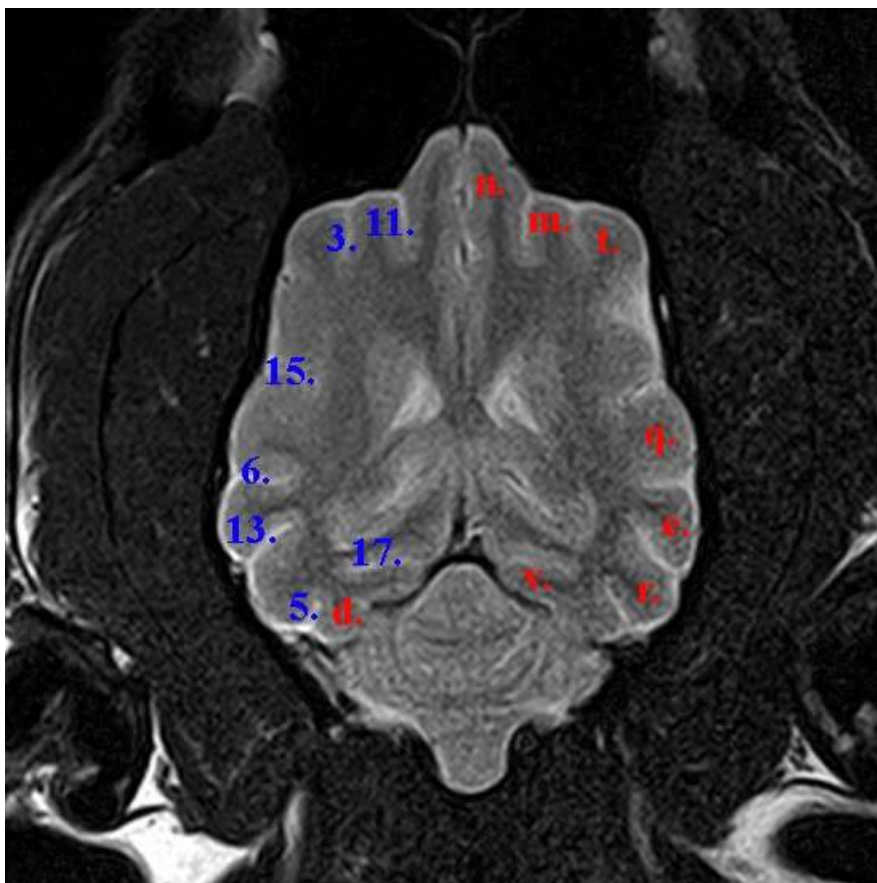


Plate 102

Tav. 22



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - v. Circonvoluzione spleniaie
- 3. Solco coronale
 - 5. Solco ectomarginale
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 11. Solco proreo
 - 13. Solco soprassalivano caudale
 - 15. Solco soprassalivano rostrale
 - 17. Solco spleniaie

625

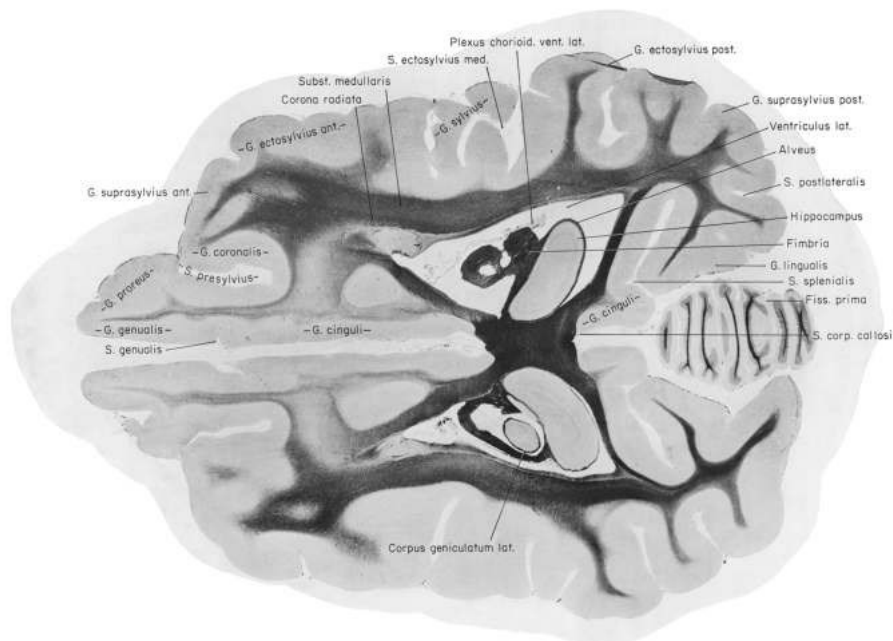
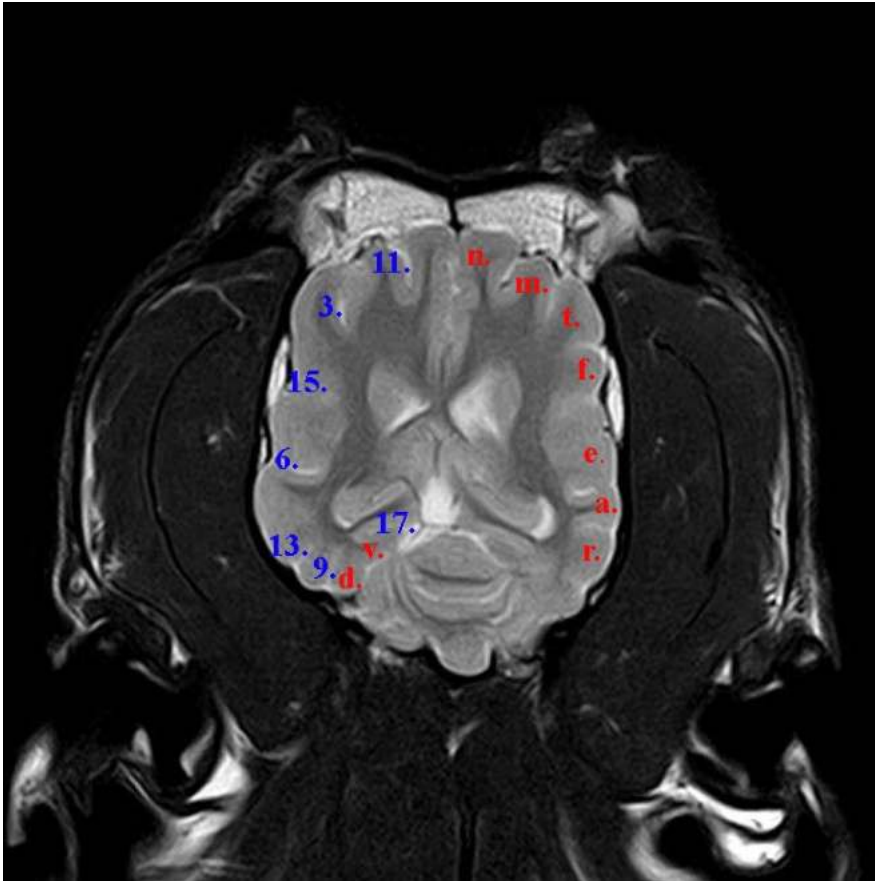
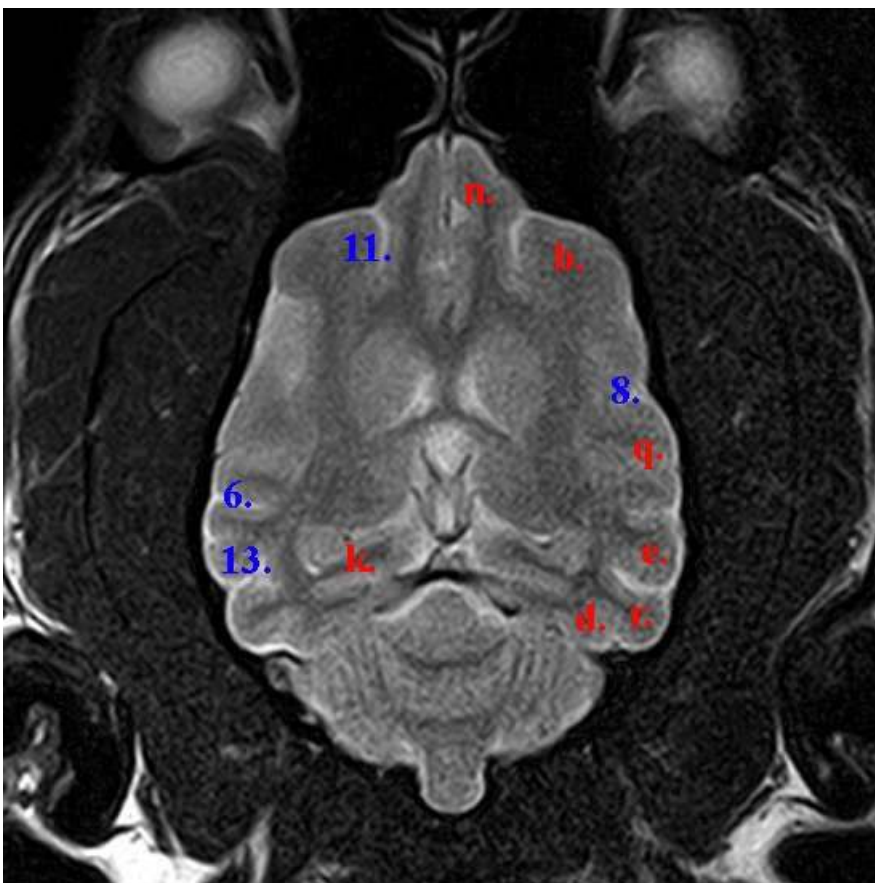


Plate 102

Tav. 23

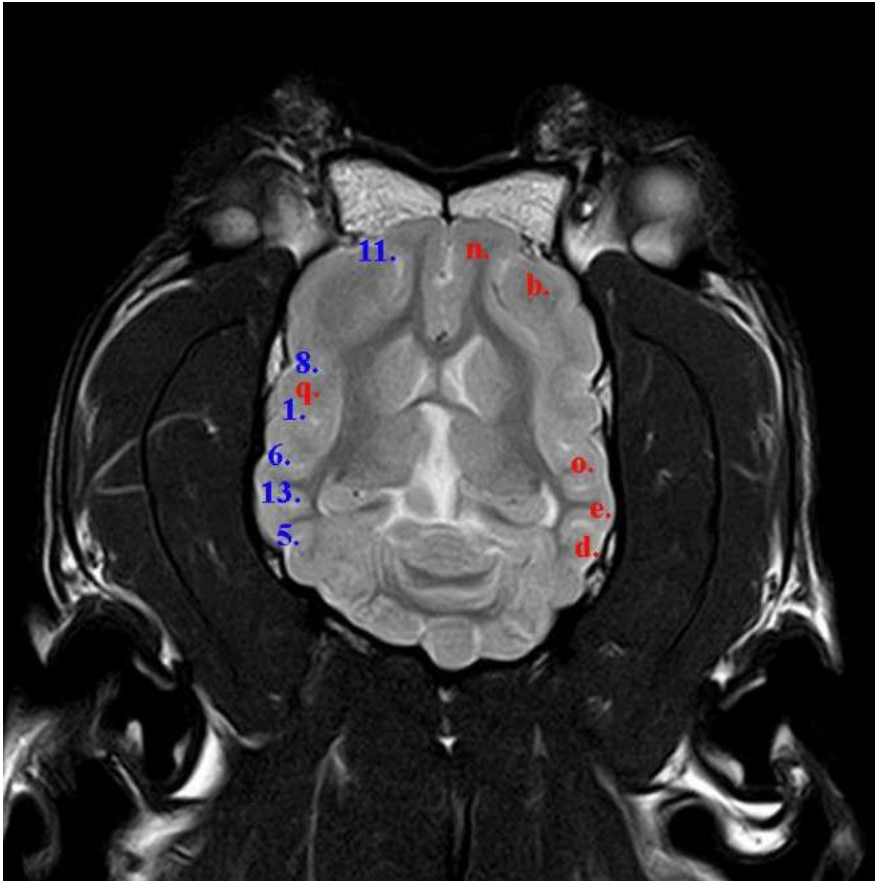


Cane brachicefalo

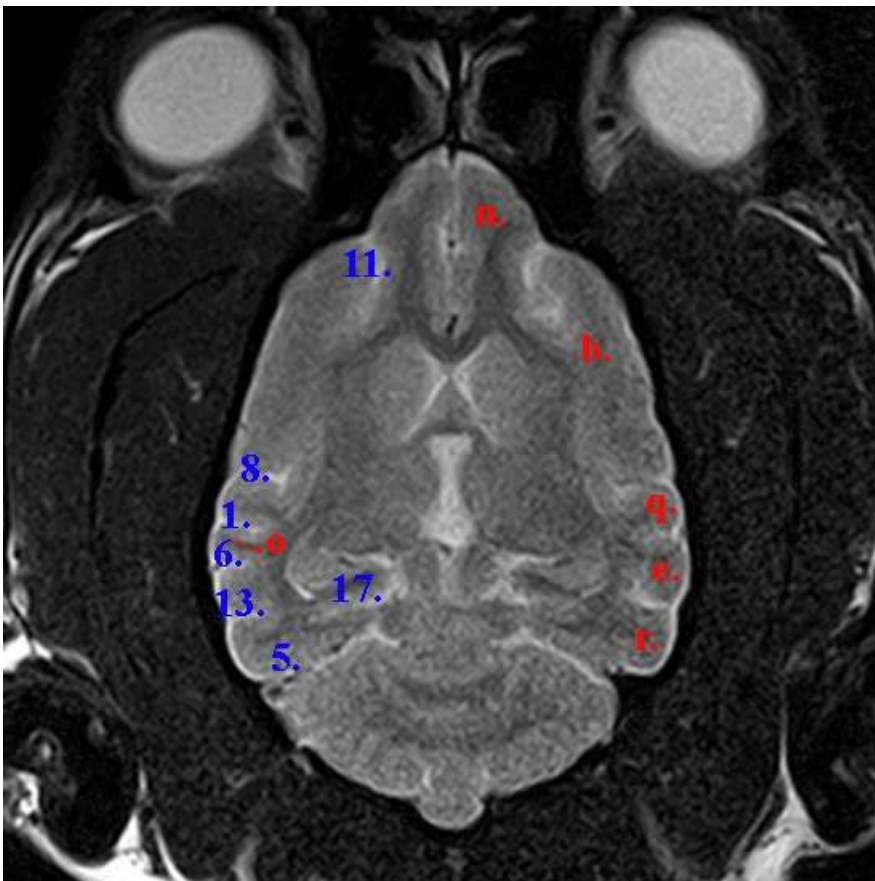


Cane mesocefalo

Tav. 24



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- b. Circonvoluzione composta rostrale
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - n. Circonvoluzione prorea
 - o. Circonvoluzione silviana caudale
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- 1. Fessura pseudosilviana
 - 5. Solco ectomarginale
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 11. Solco proreo
 - 13. Solco soprassaliviano caudale
 - 17. Solco spleniaie

495

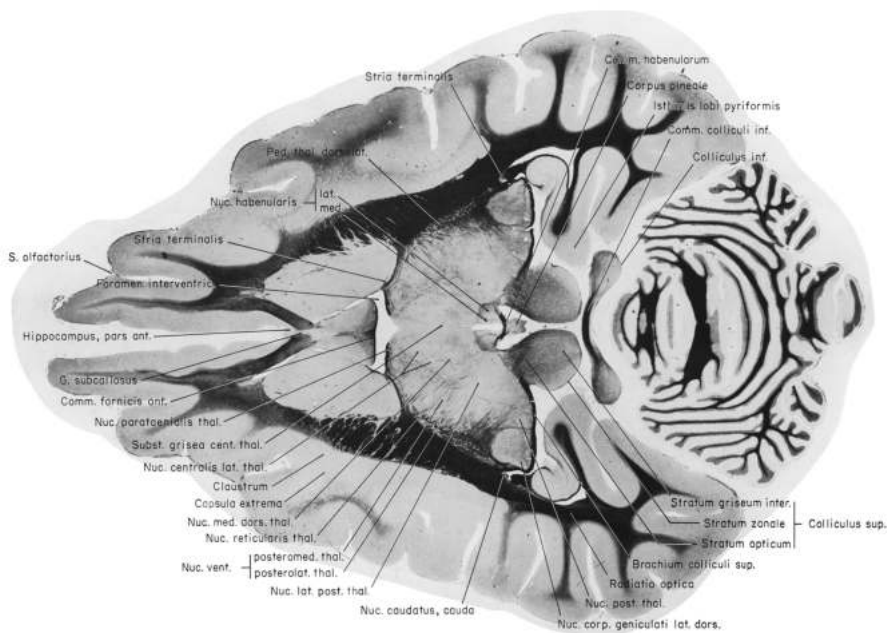
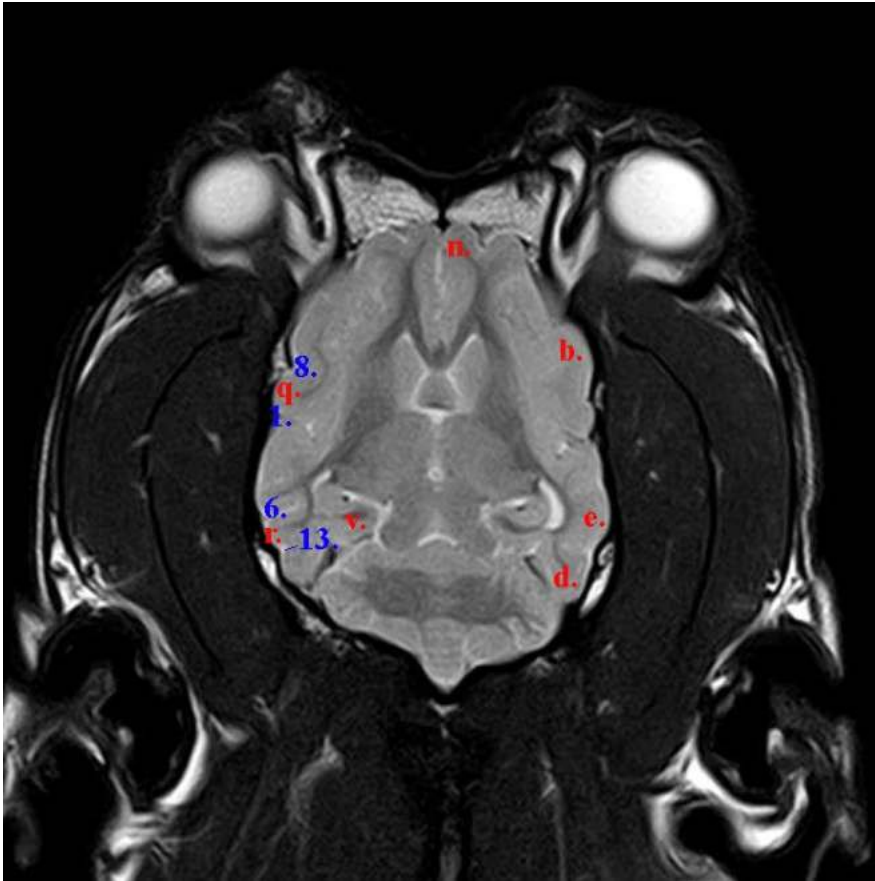
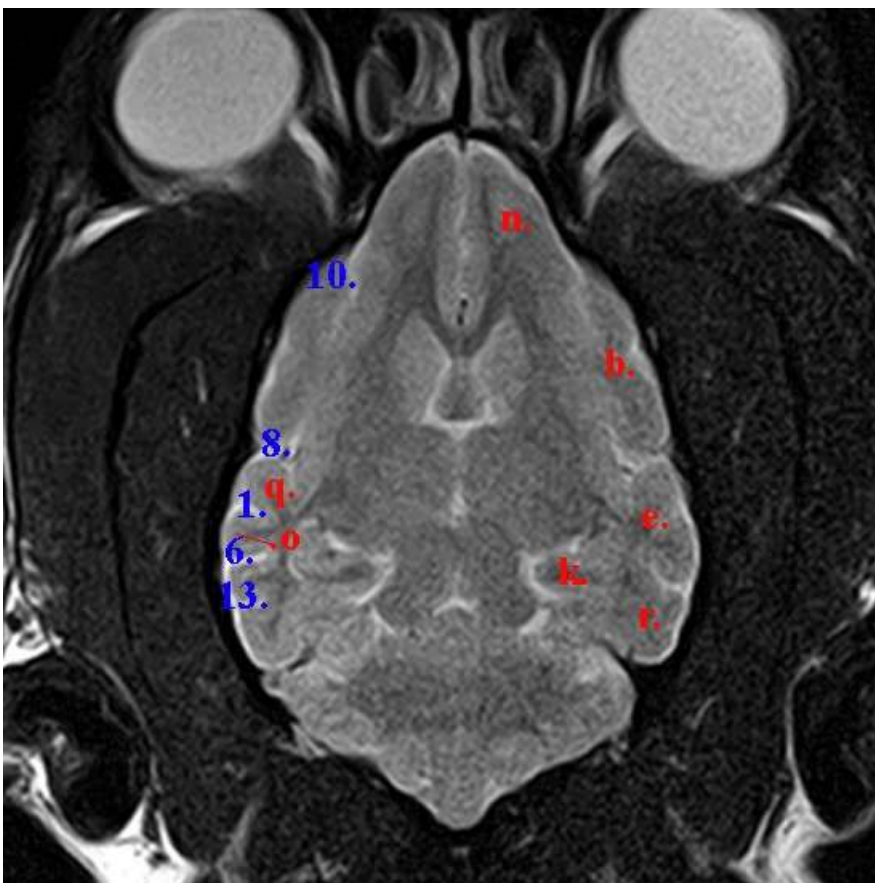


Plate 108

Tav. 25



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- b. Circonvoluzione composta rostrale
- d. Circonvoluzione ectomarginale
- e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
- k. Circonvoluzione paraippocampale
- n. Circonvoluzione prorea
- o. Circonvoluzione silviana caudale
- q. Circonvoluzione silviana rostrale
- r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- v. Circonvoluzione spleniale

- 1. Fessura pseudosilviana
- 6. Solco ectosilviano caudale
- 8. Solco ectosilviano rostrale
- 10. Solco presilviano
- 13. Solco soprassilviano caudale

456

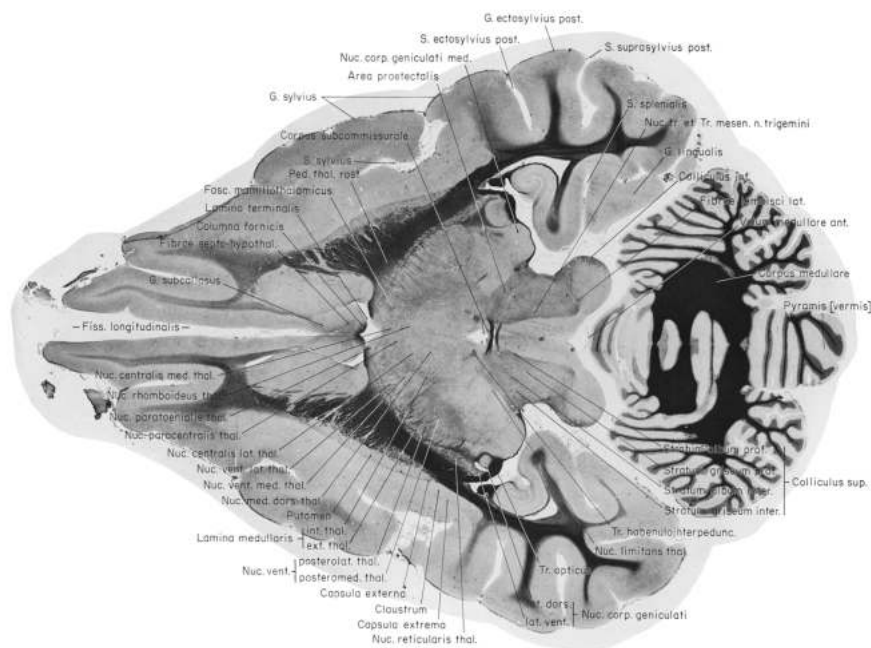
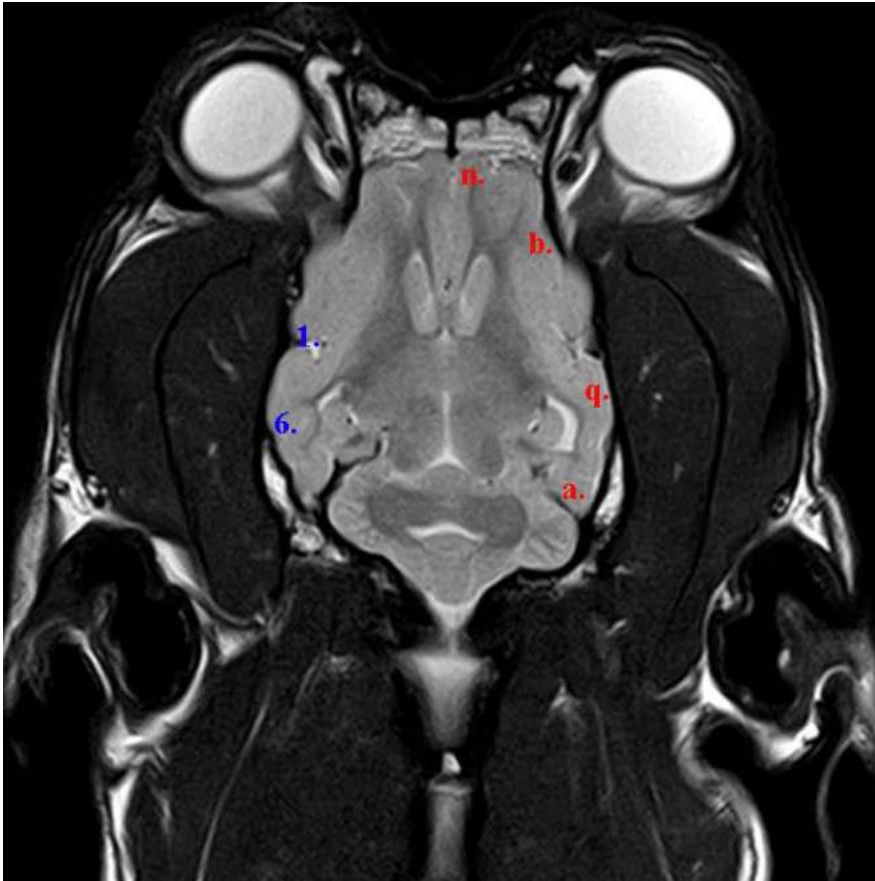
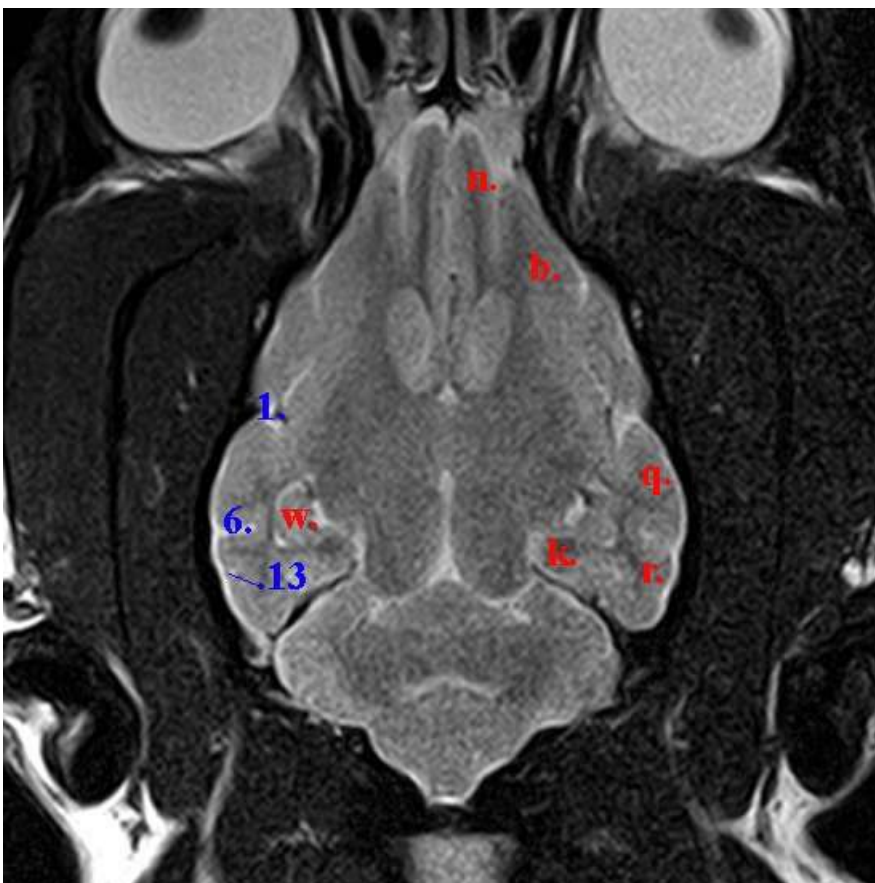


Plate 110

Tav. 26



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
 - b. Circonvoluzione composta rostrale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - n. Circonvoluzione prorea
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - w. Circonvoluzione dentata
- 1. Fessura pseudosilviana
 - 6. Solco ectosilviano caudale
 - 13. Solco soprassilvano caudale

415

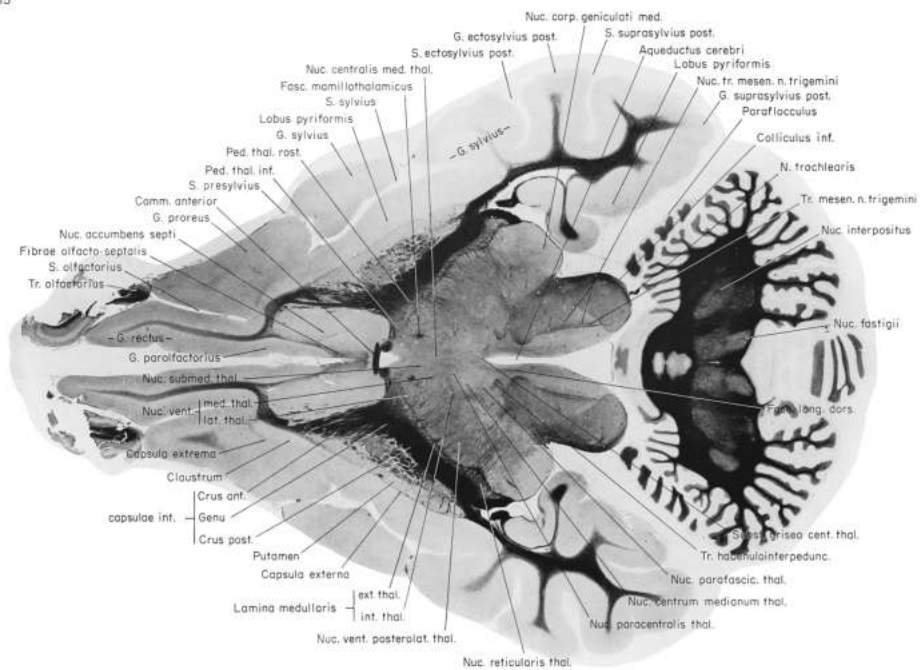
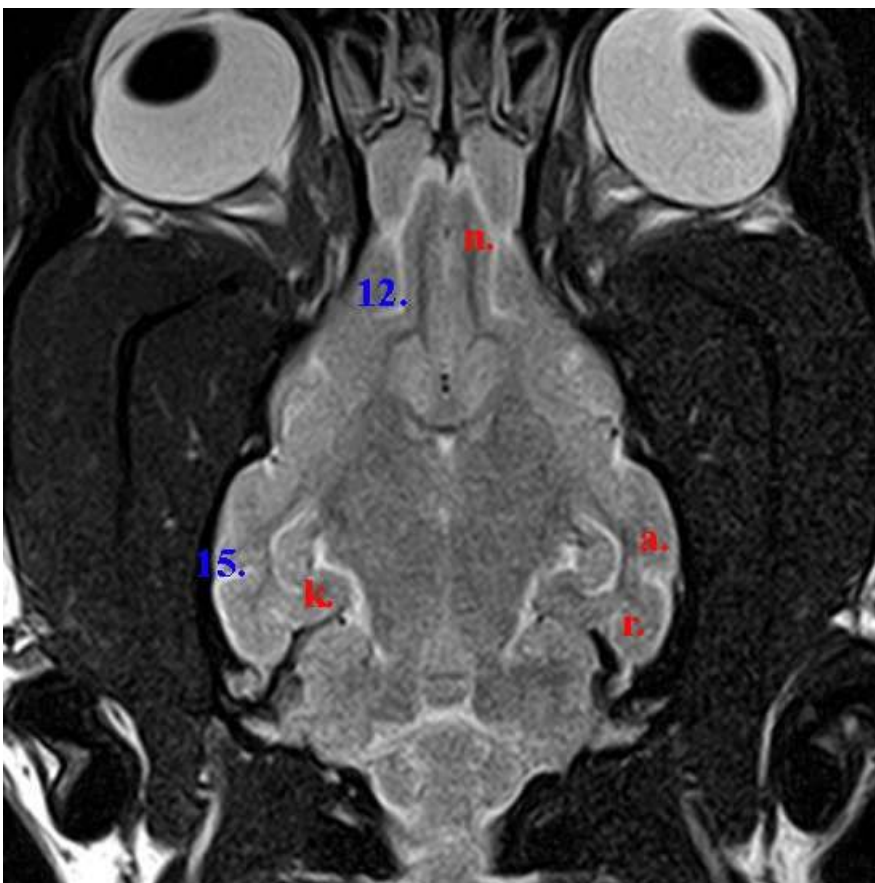


Plate 112

Tav. 27



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
 - k. Circonvoluzione paraippocampale
 - n. Circonvoluzione prorea
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
- 12. Solco rinale laterale
 - 15. Solco soprassalivano rostrale

415

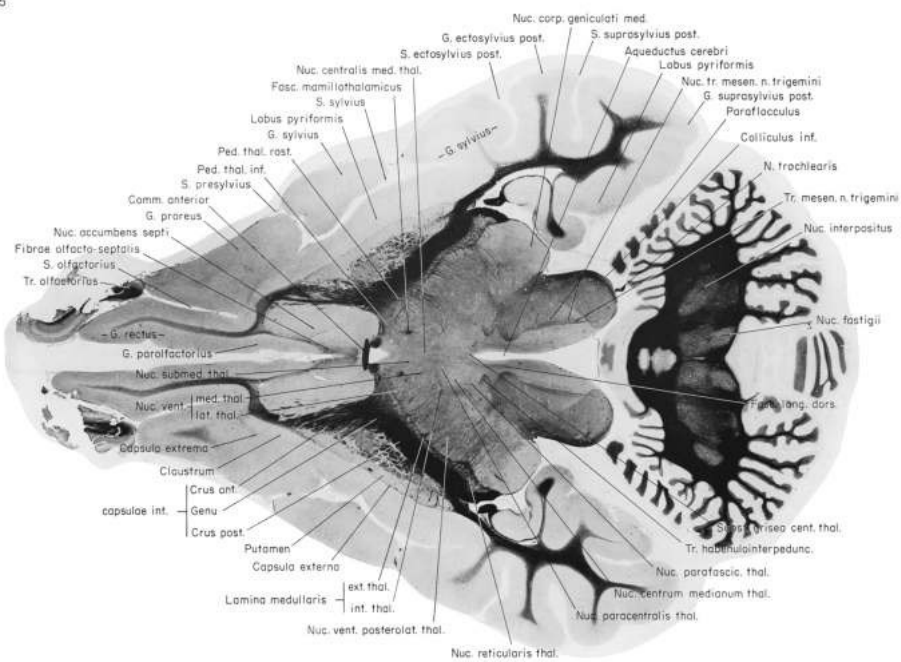
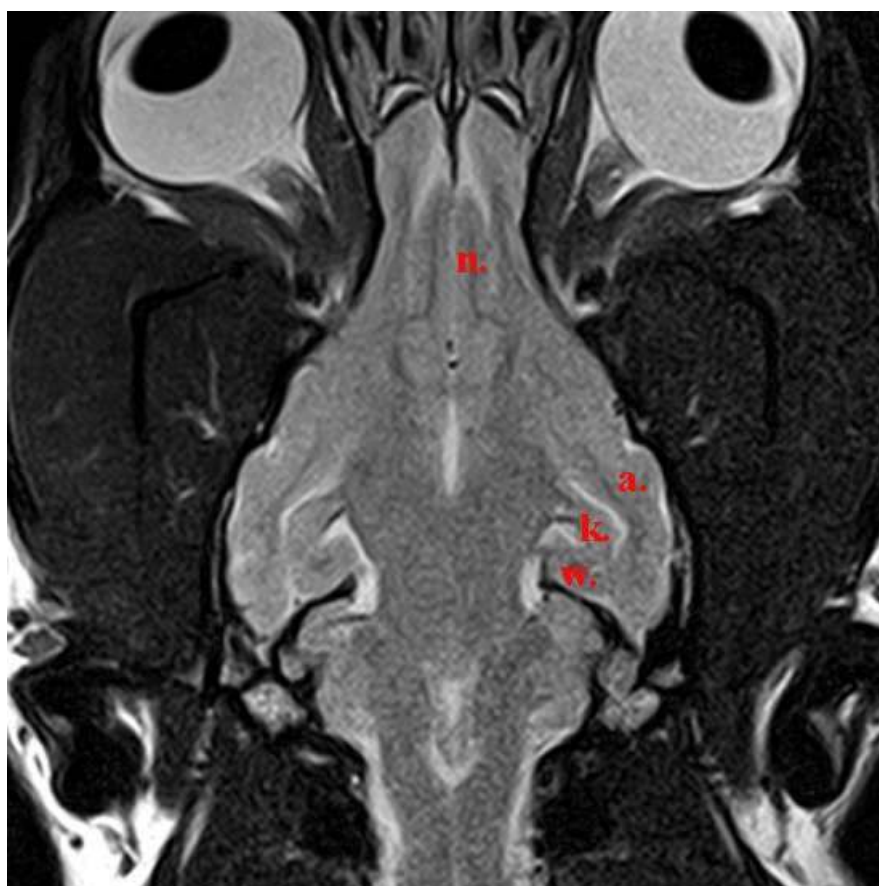


Plate 112

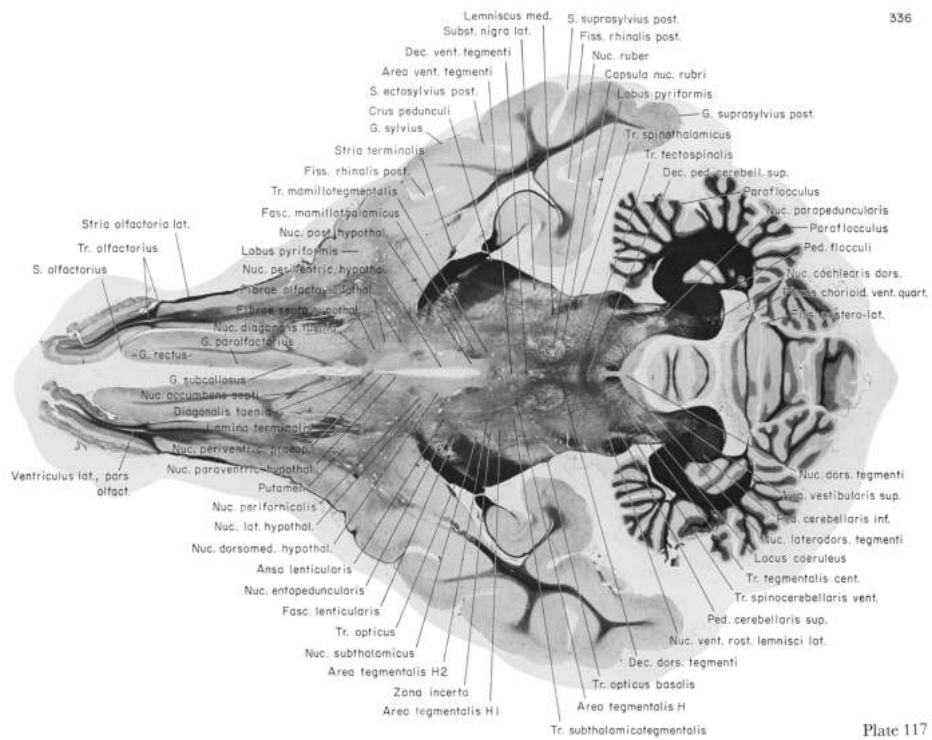
Tav. 28

Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
- k. Circonvoluzione paraippocampale
- n. Circonvoluzione prorea
- w. Circonvoluzione dentata



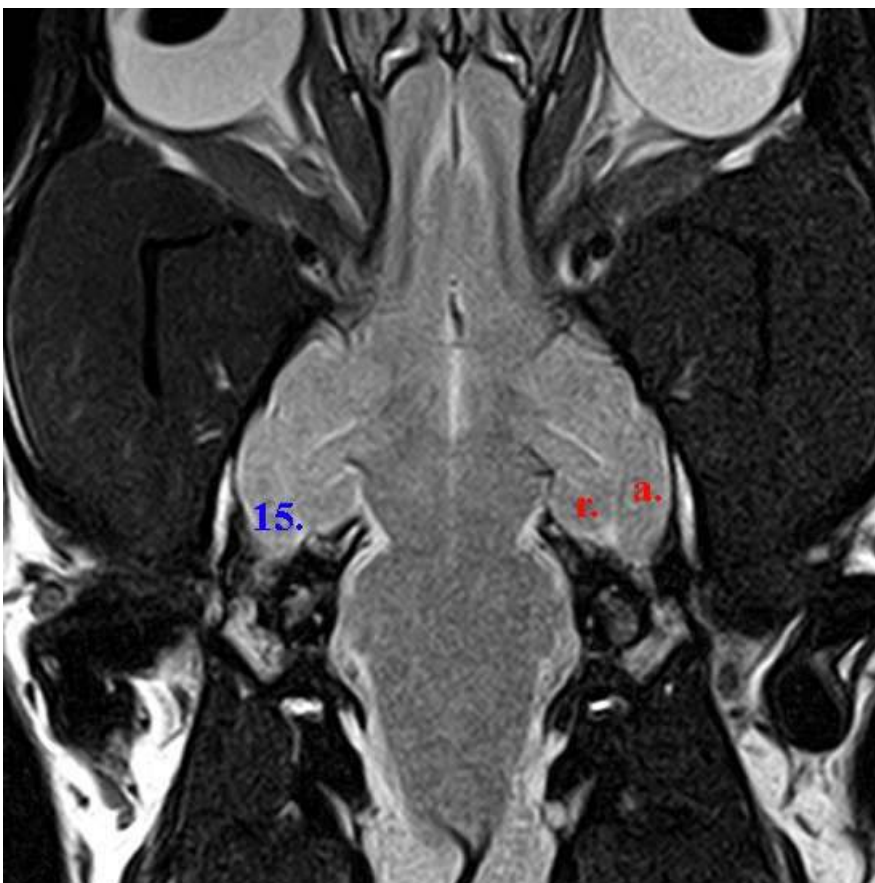
336

Plate 117

Tav. 29



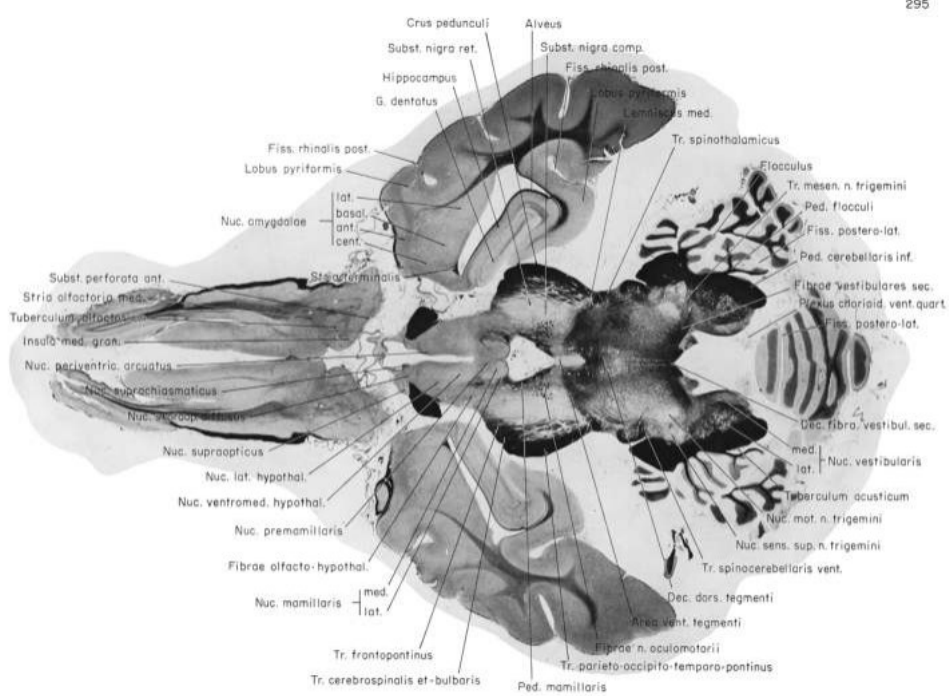
Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- a. Circonvoluzione composta caudale
- r. Circonvoluzione soprassilviana caudale

15. Solco soprassalivano rostrale



295

Plate 119

Tav. 30



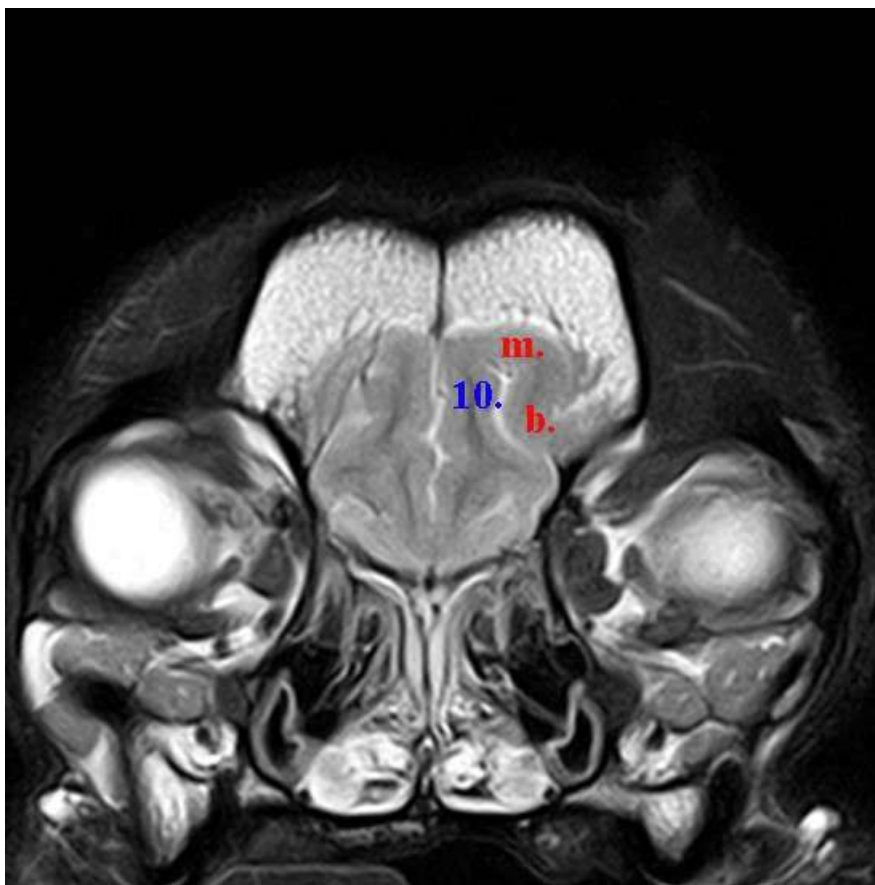
Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

n. Circonvoluzione prorea

Tav. 31



Cane brachicefalo

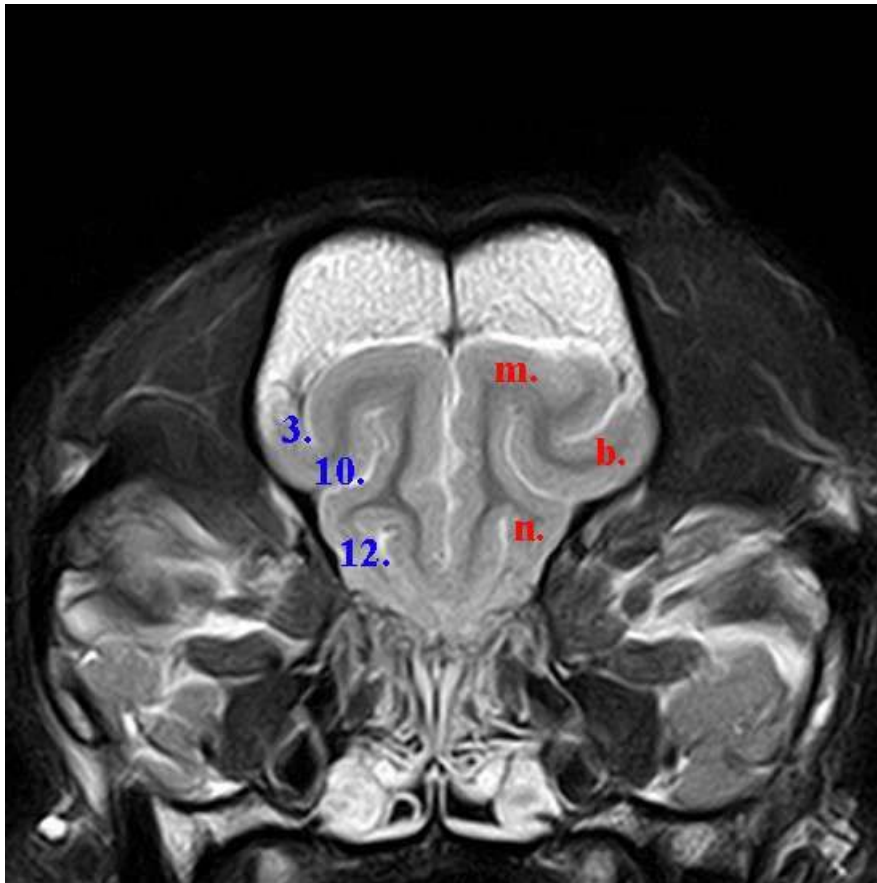


Cane mesocefalo

- b. Circonvoluzione composta rostrale
- m. Circonvoluzione precociata

10. Solco presilviano

Tav. 32



Cane brachicefalo

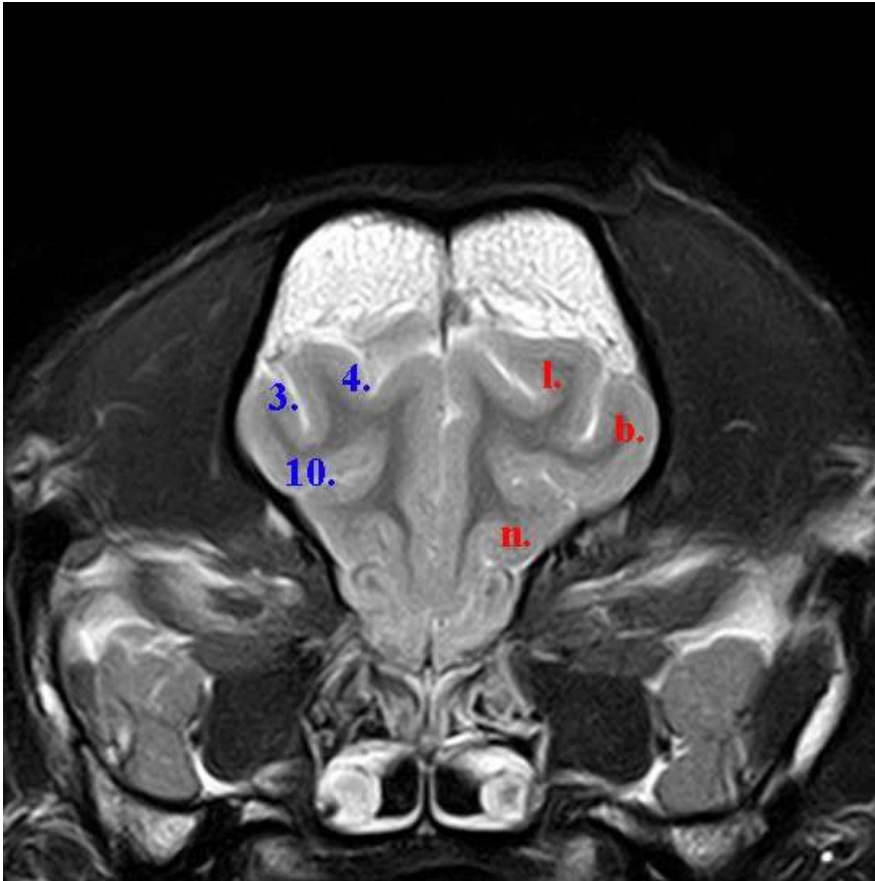


Cane mesocefalo

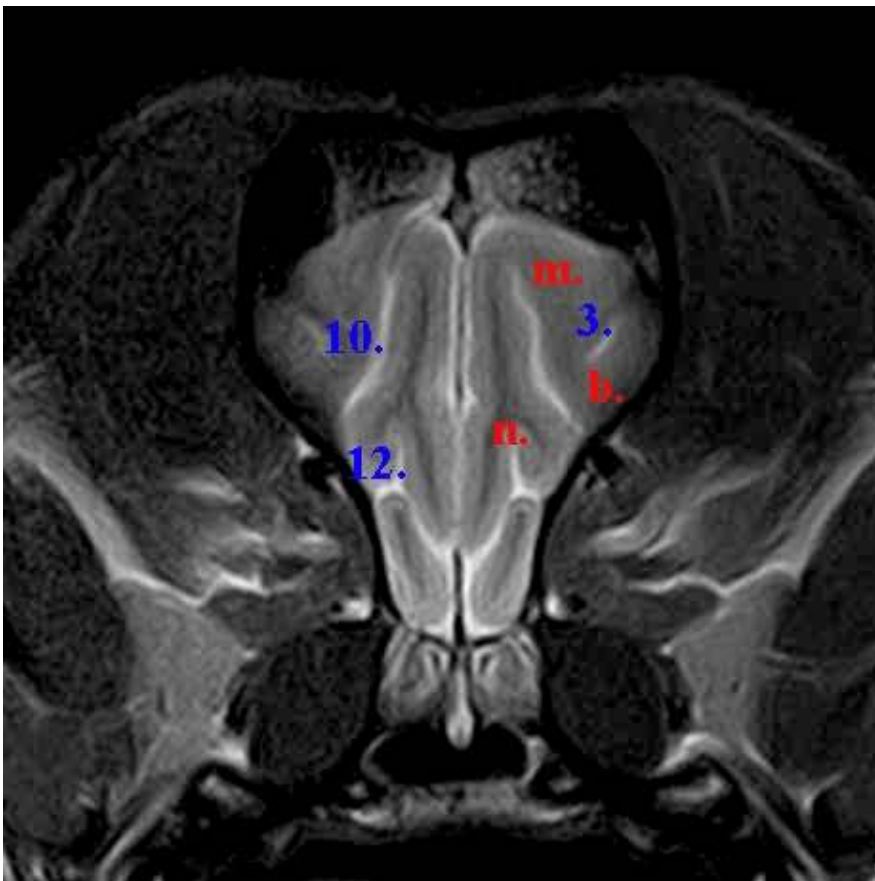
- b. Circonvoluzione composta rostrale
- m. Circonvoluzione precrociata
- n. Circonvoluzione prorea

- 3. Solco coronale
- 10. Solco presilviano
- 12. Solco rinale laterale

Tav. 33



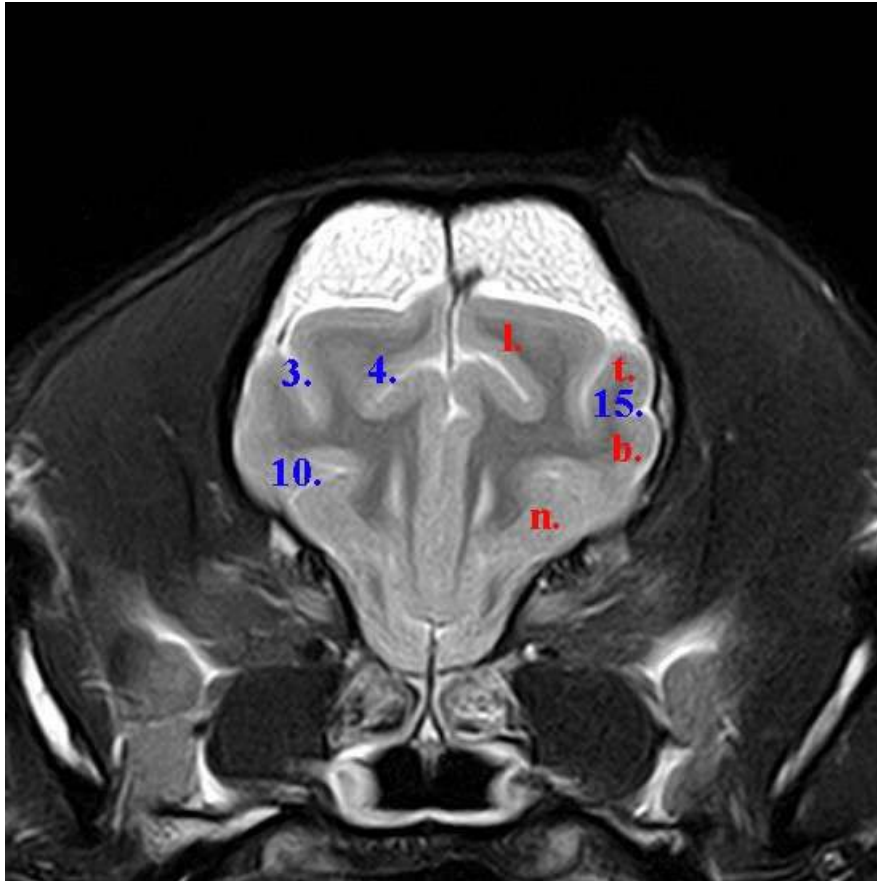
Cane brachicefalo



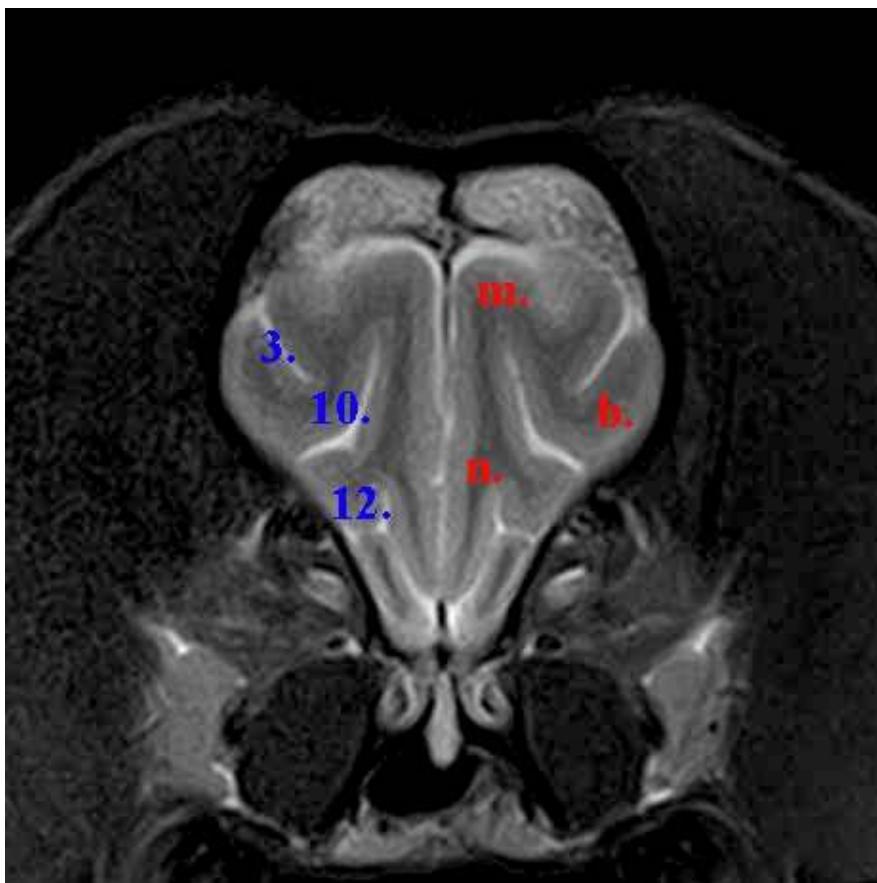
Cane mesocefalo

- b. Circonvoluzione composta rostrale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - m. Circonvoluzione precrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
- 3. Solco coronale
 - 4. Solco crociato
 - 10. Solco presilviano
 - 12. Solco rinale laterale

Tav. 34

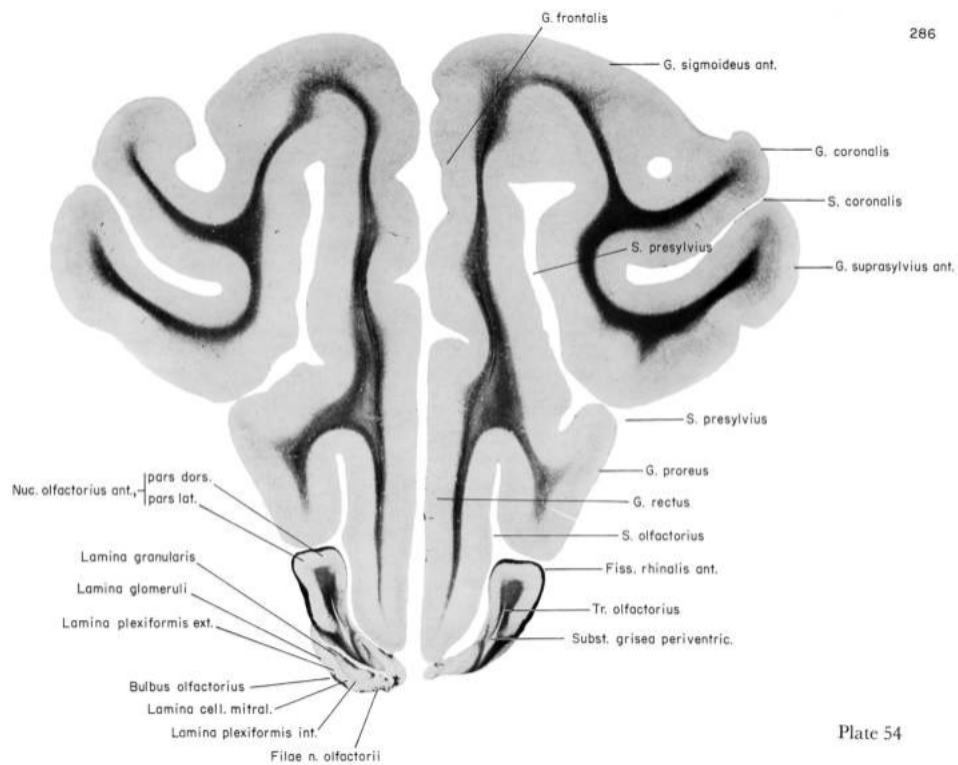


Cane brachicefalo

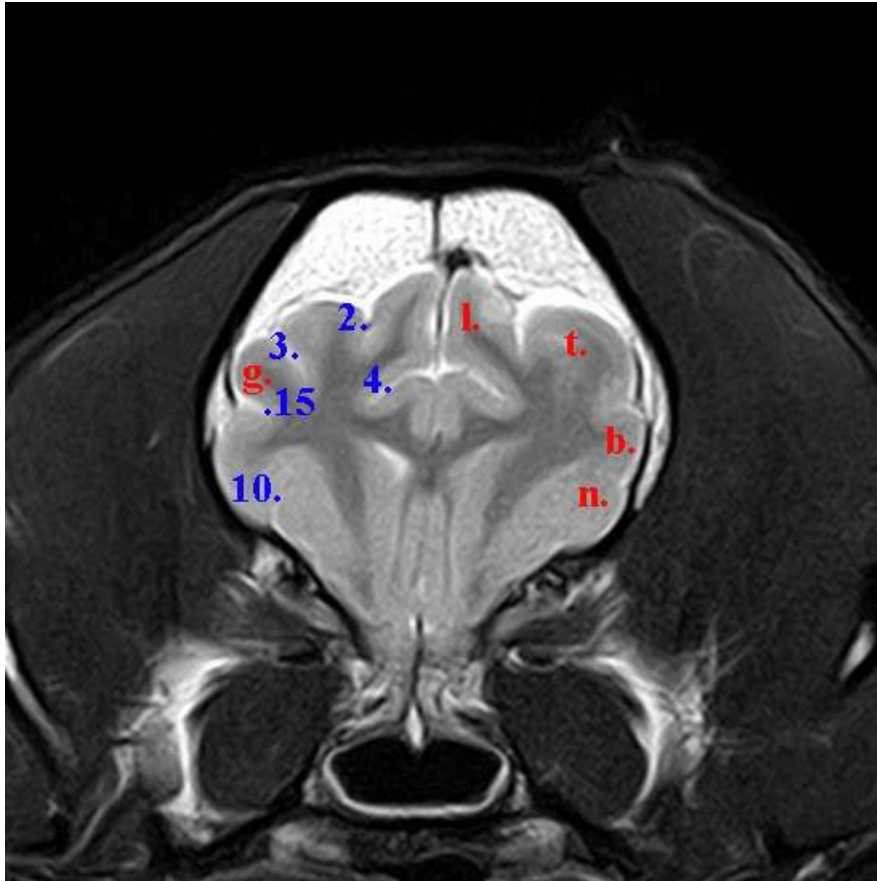


Cane mesocefalo

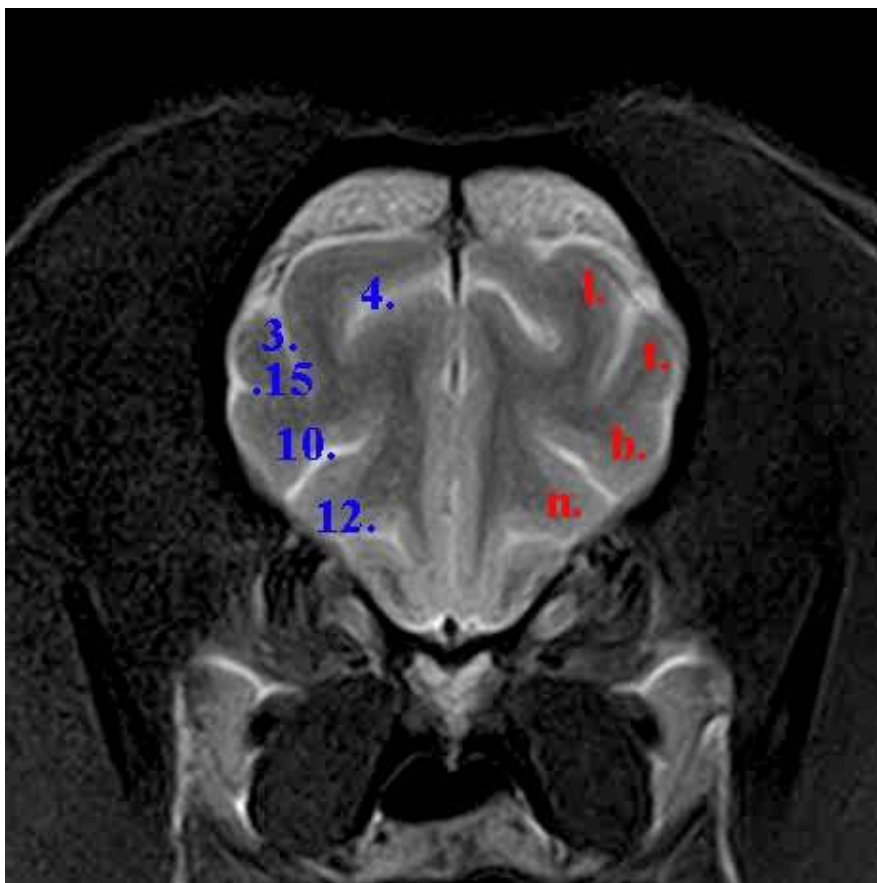
- | | |
|--|-----------------------------------|
| b. Circonvoluzione composta rostrale | 3. Solco coronale |
| l. Circonvoluzione postcrociata | 4. Solco crociato |
| m. Circonvoluzione precrociata | 10. Solco presilviano |
| n. Circonvoluzione prorea | 12. Solco rinale laterale |
| t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale | 15. Solco soprassalivano rostrale |



Tav. 35

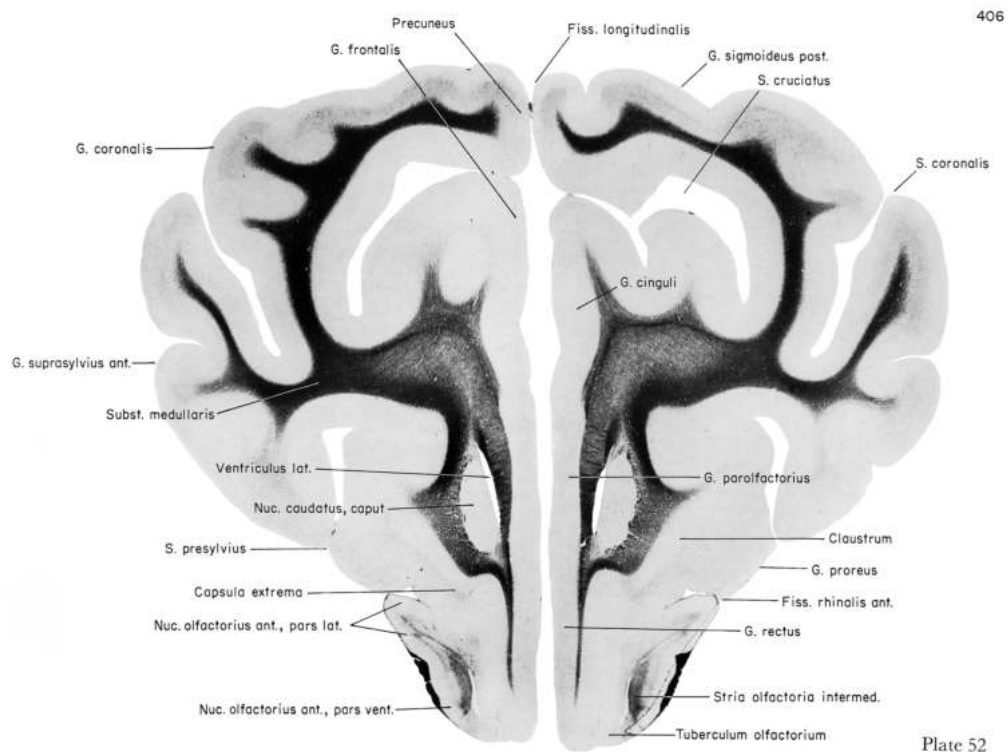


Cane brachicefalo

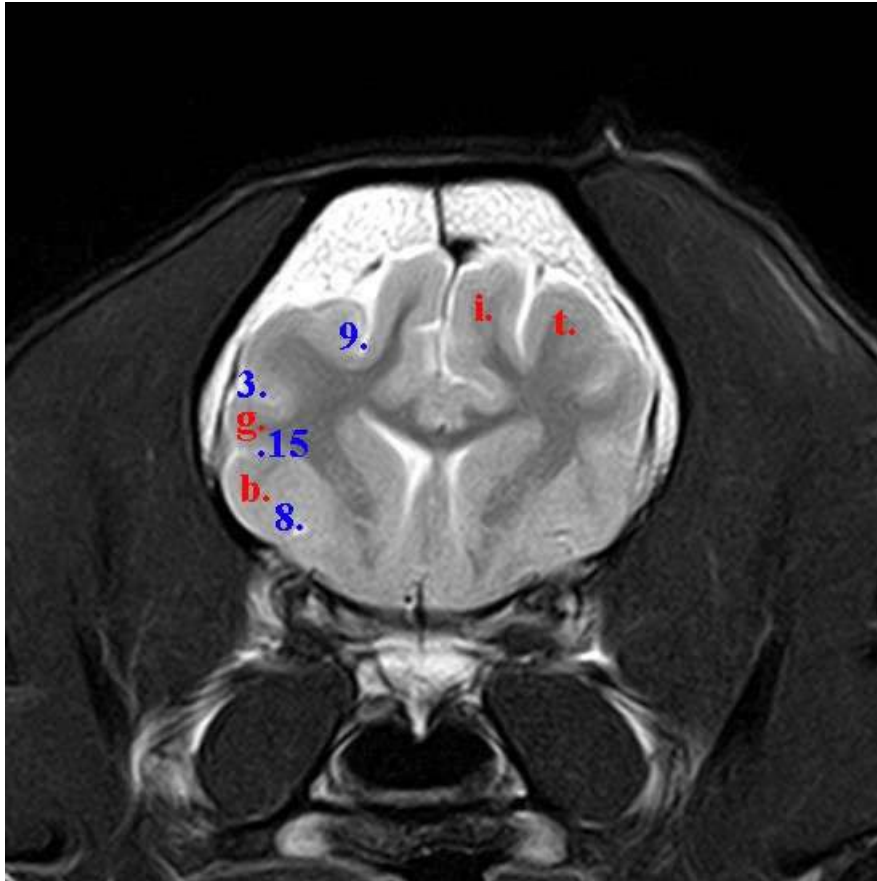


Cane mesocefalo

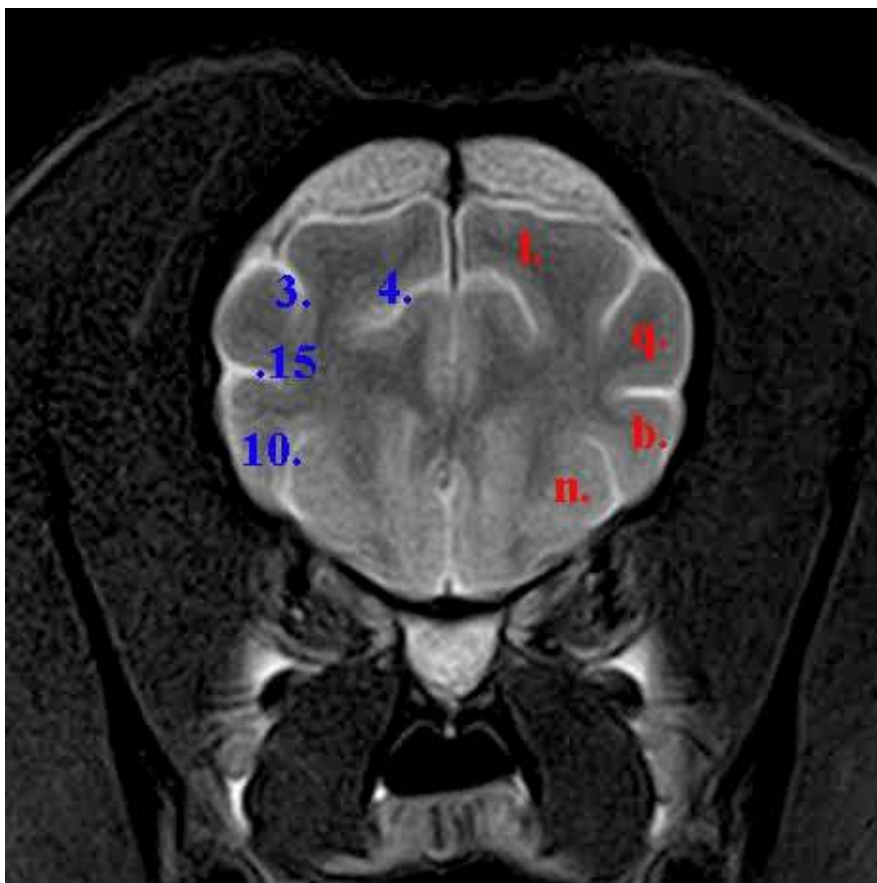
- | | |
|--|-----------------------------------|
| b. Circonvoluzione composta rostrale | 2. Solco ansato |
| g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale | 3. Solco coronale |
| l. Circonvoluzione postcrociata | 4. Solco crociato |
| n. Circonvoluzione prorea | 10. Solco presilviano |
| t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale | 12. Solco rinale laterale |
| | 15. Solco soprassalivano rostrale |



Tav. 36

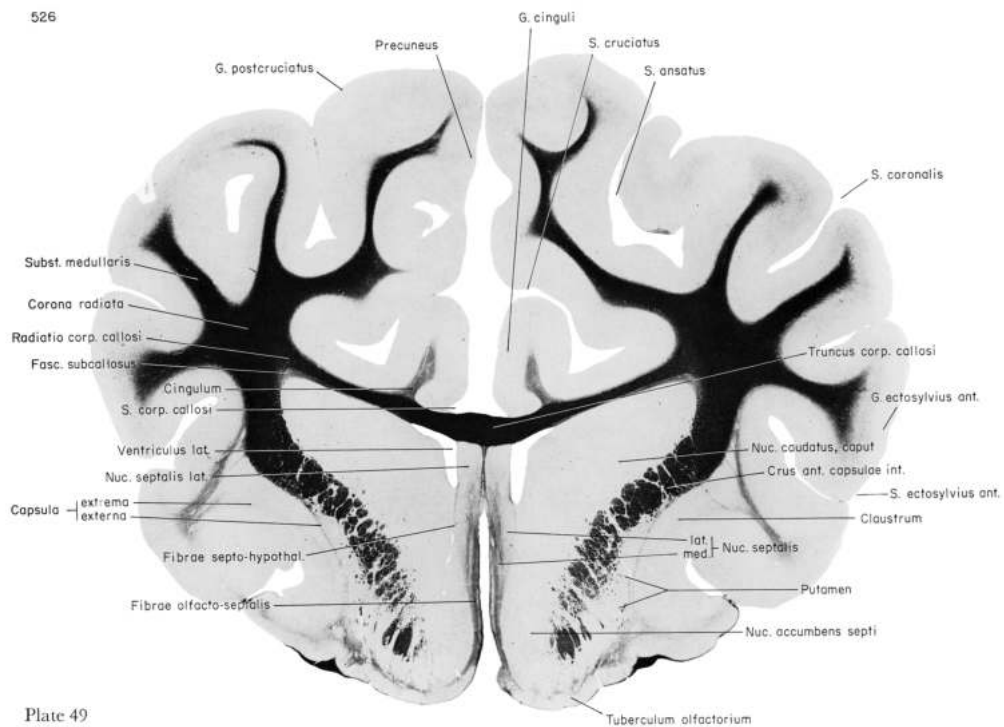


Cane brachicefalo

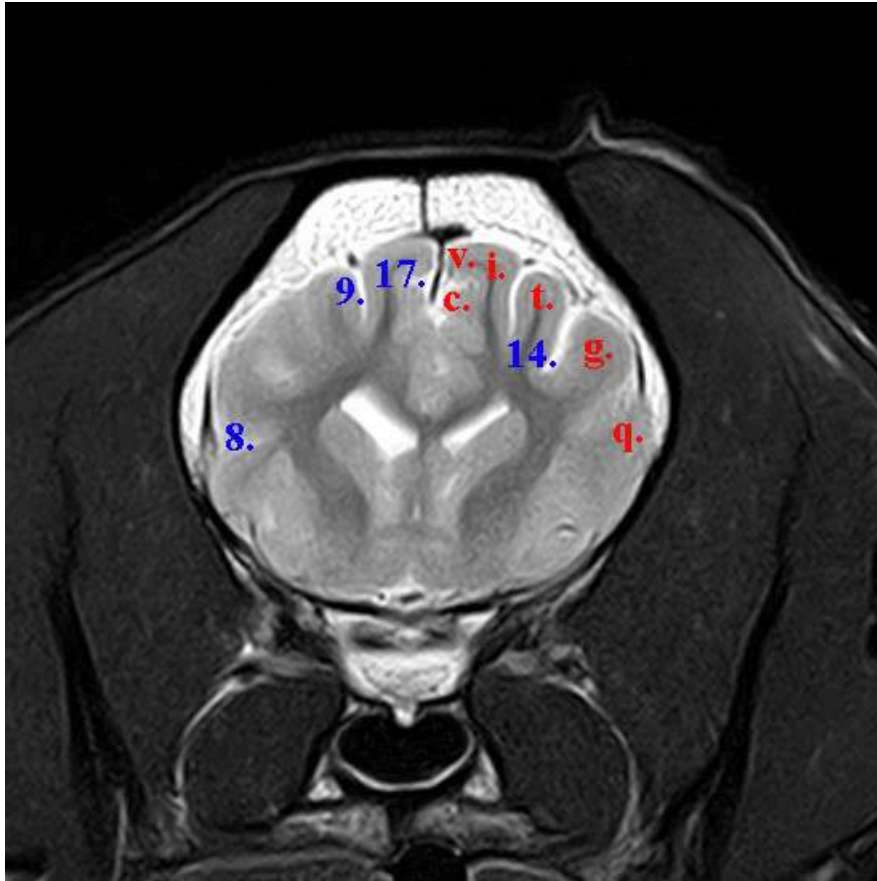


Cane mesocefalo

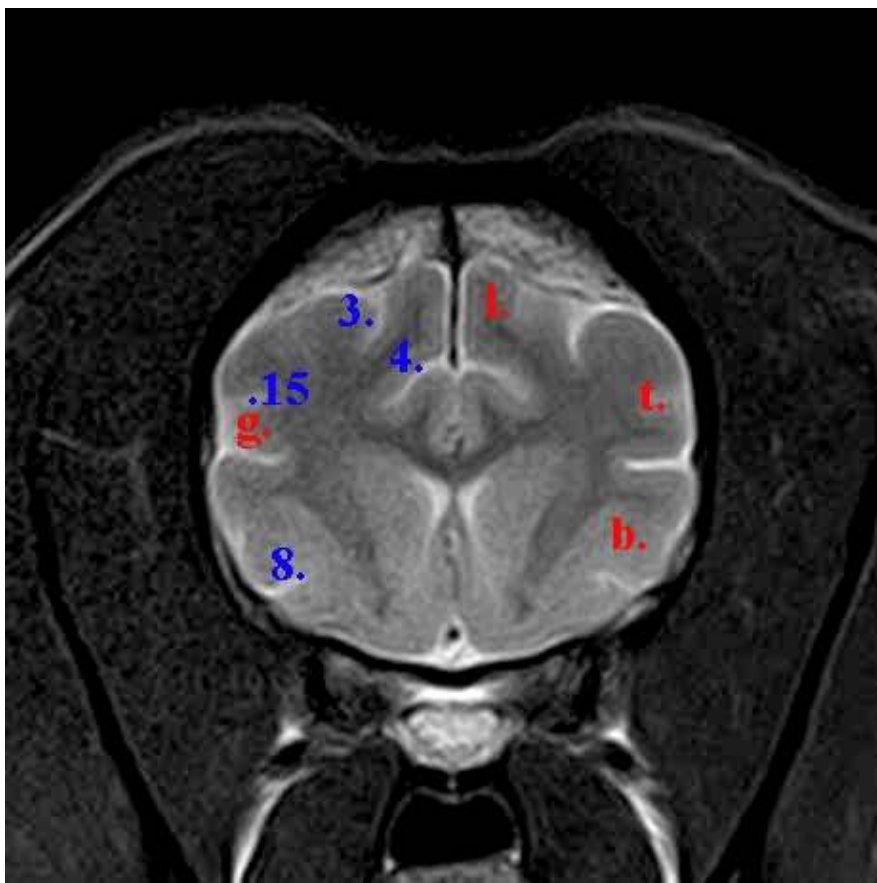
- b. Circonvoluzione composta rostrale
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - n. Circonvoluzione prorea
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
- 3. Solco coronale
 - 4. Solco crociato
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 9. Solco marginale
 - 10. Solco presilviano
 - 15. Solco soprassalivano rostrale



Tav. 37



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- | | |
|--|-----------------------------------|
| b. Circonvoluzione composta rostrale | 3. Solco coronale |
| c. Circonvoluzione del cingolo | 4. Solco crociato |
| g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale | 8. Solco ectosilviano rostrale |
| i. Circonvoluzione marginale | 9. Solco marginale |
| l. Circonvoluzione postcrociata | 14. Solco soprassalivano medio |
| q. Circonvoluzione silviana rostrale | 15. Solco soprassalivano rostrale |
| t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale | 17. Solco spleniale |
| v. Circonvoluzione spleniale | |

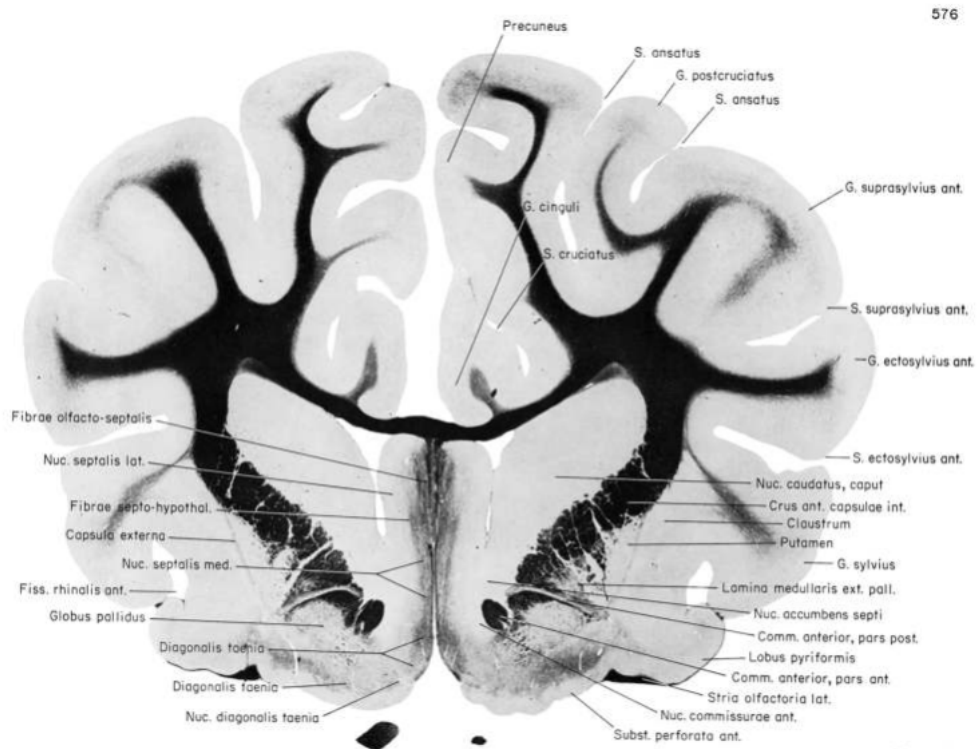
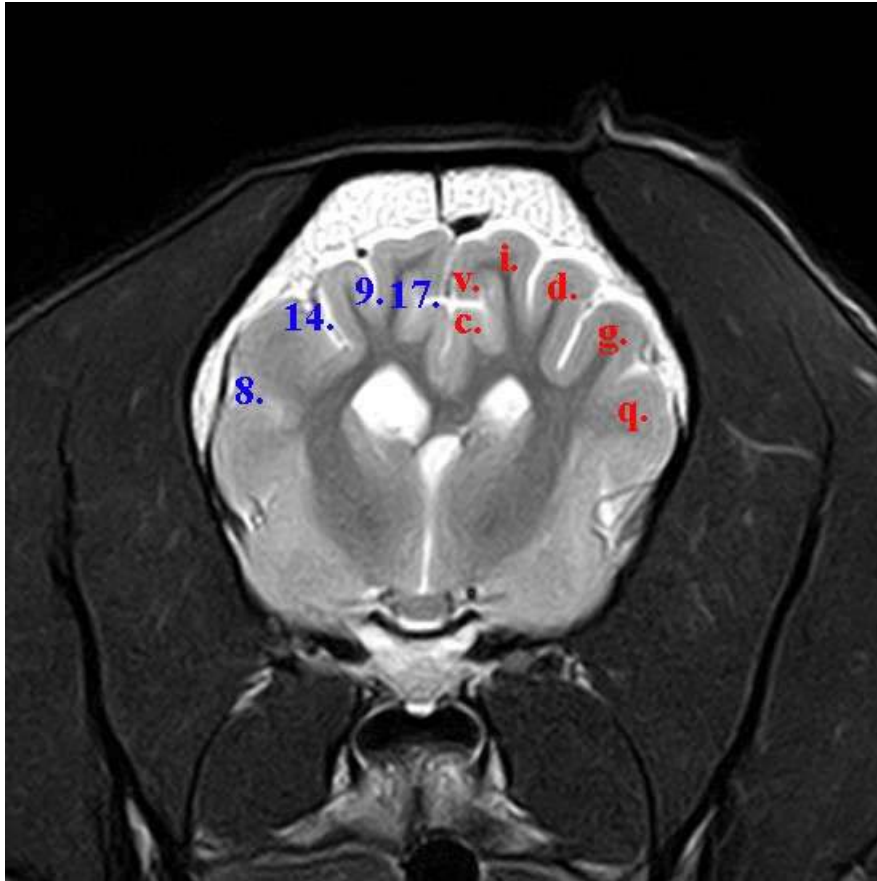
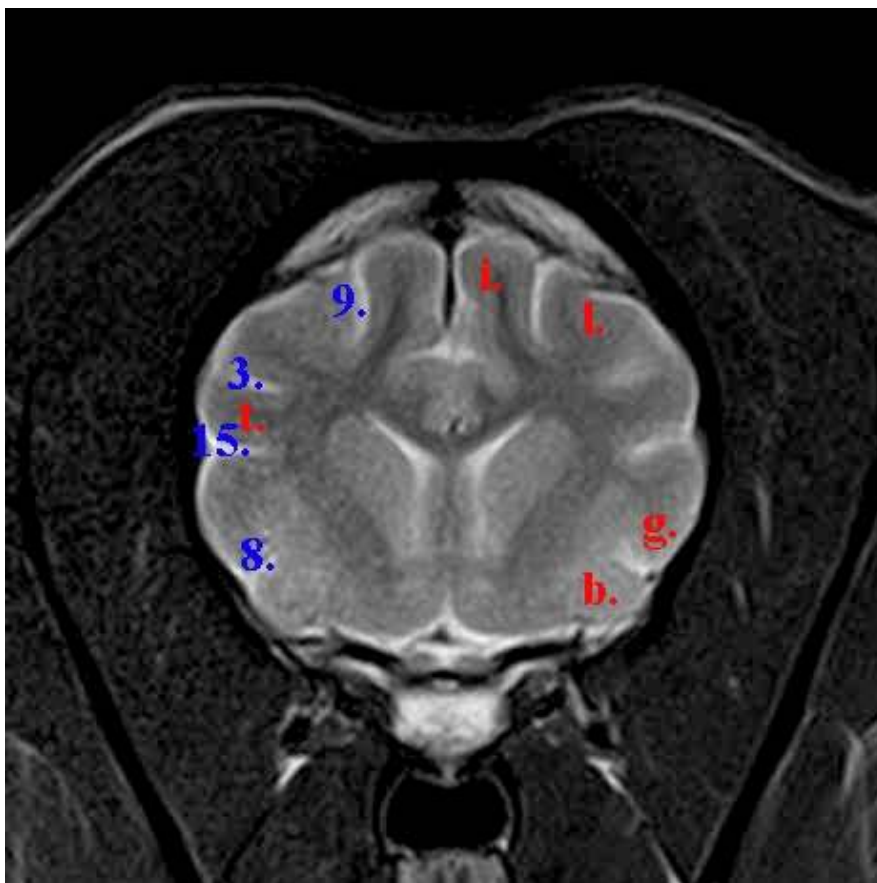


Plate 48

Tav. 38

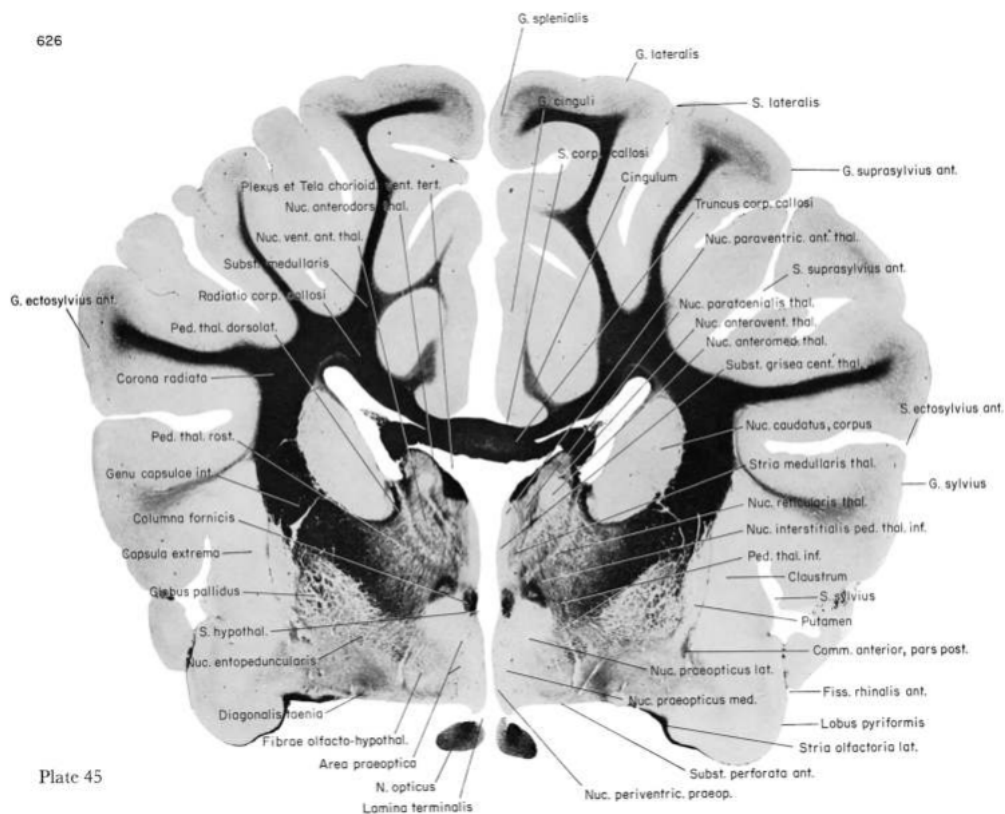


Cane brachicefalo

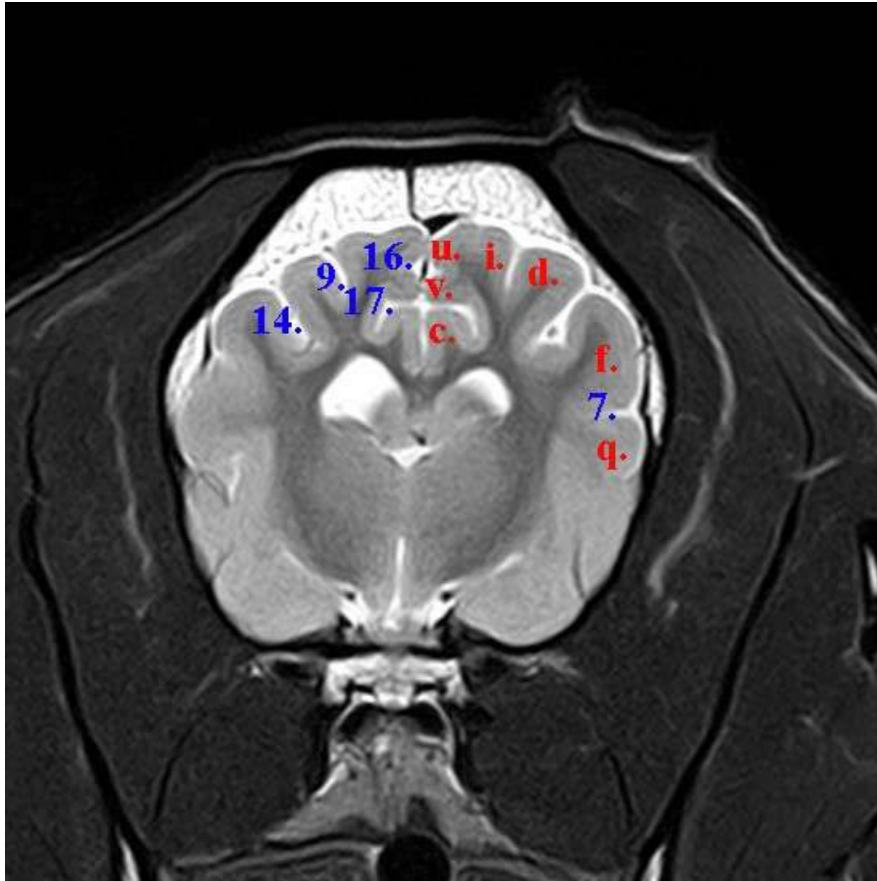


Cane mesocefalo

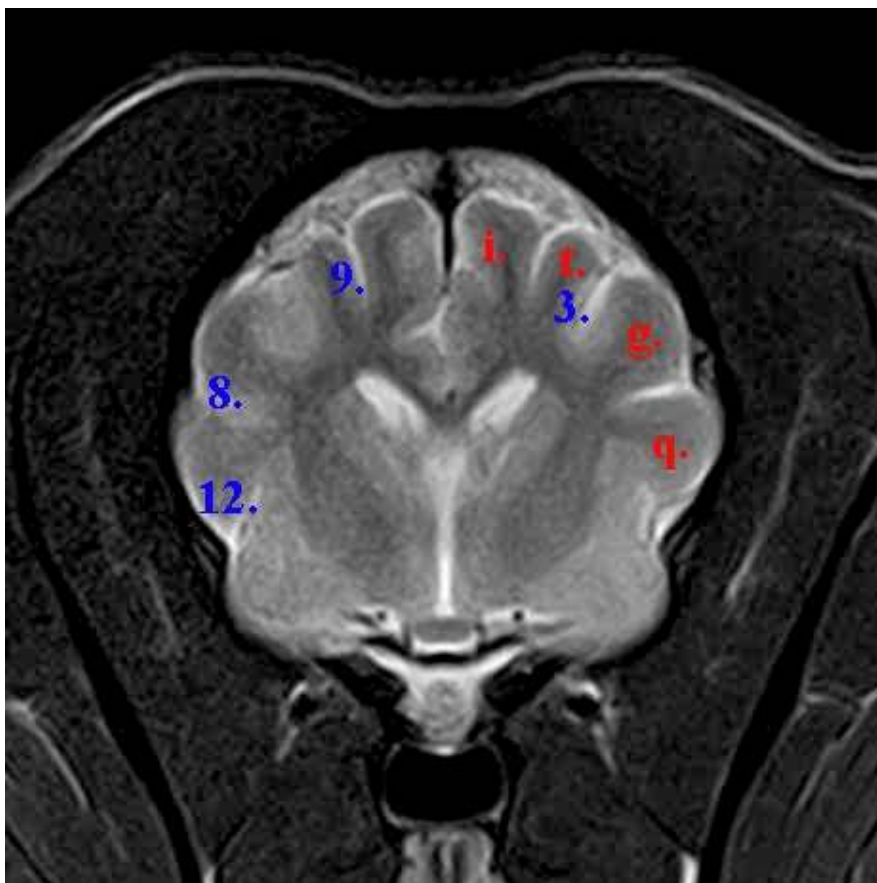
- b. Circonvoluzione composta rostrale
 - c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - l. Circonvoluzione postcrociata
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 3. Solco coronale
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 9. Solco marginale
 - 14. Solco soprassalivano medio
 - 15. Solco soprassalivano rostrale
 - 17. Solco spleniale



Tav. 39

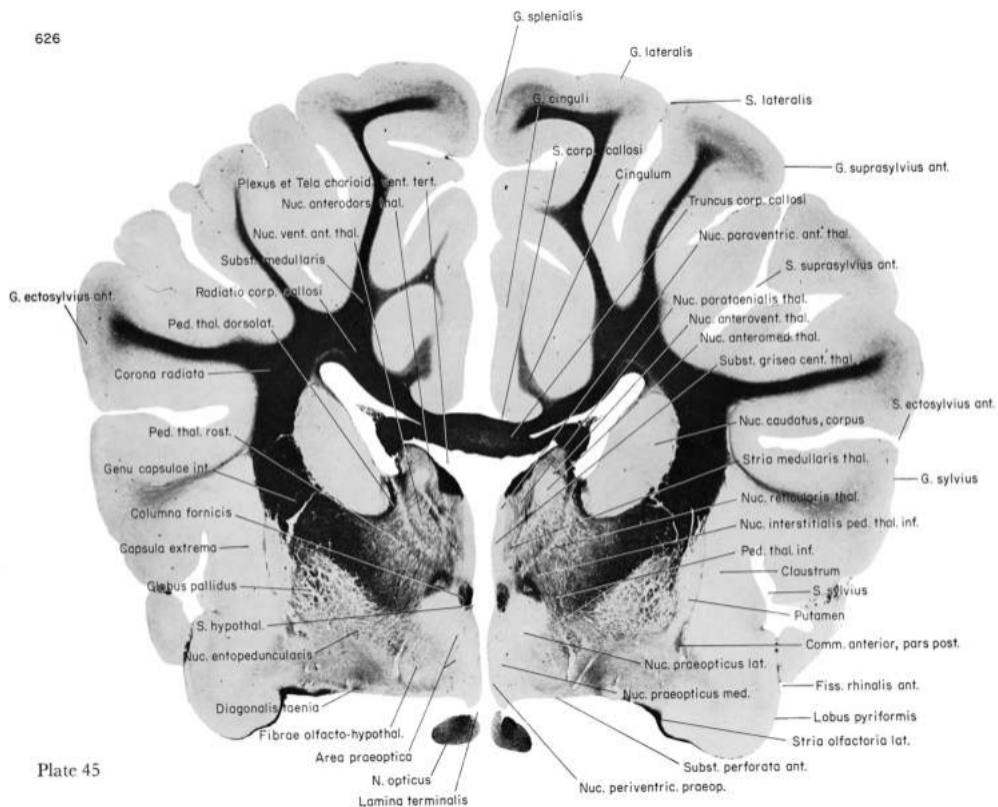


Cane brachicefalo

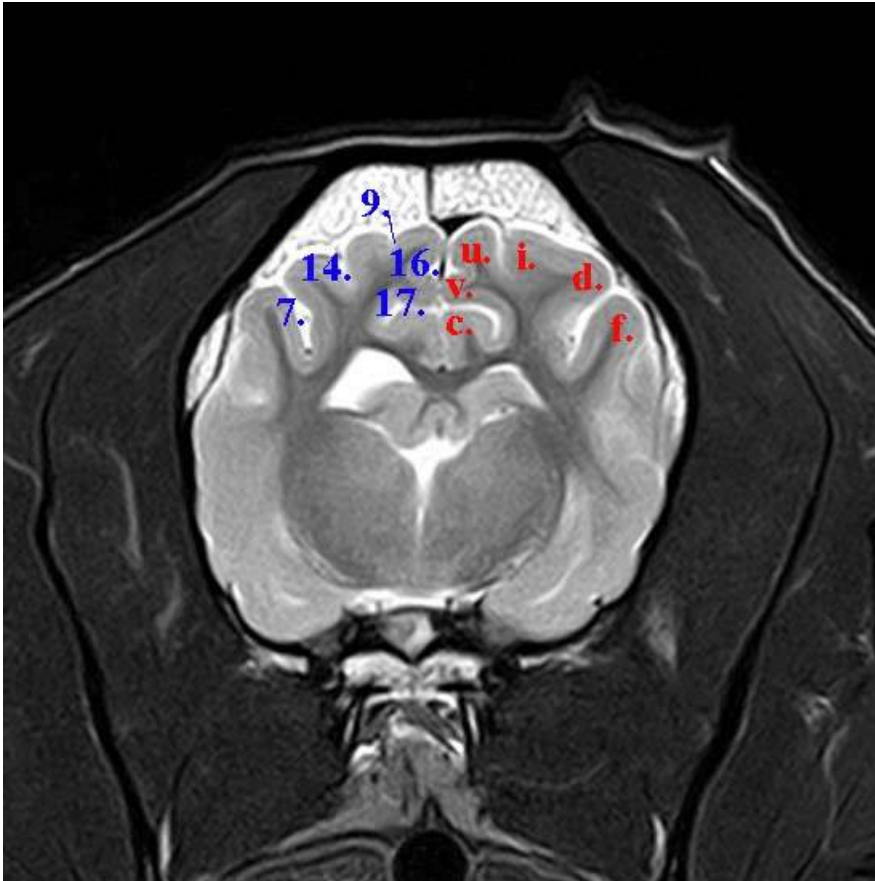


Cane mesocefalo

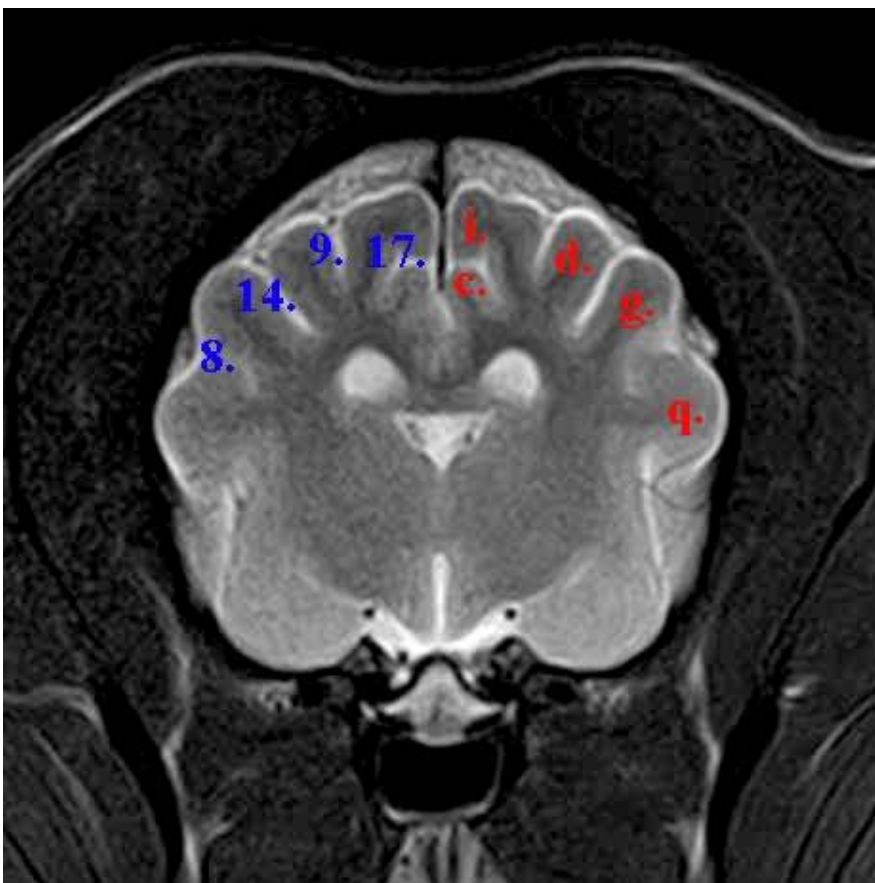
- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - t. Circonvoluzione soprassilviana rostrale
 - u. Circonvoluzione soprasspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 3. Solco coronale
 - 7. Solco ectosilviano medio
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 9. Solco marginale
 - 12. Solco rinale laterale
 - 14. Solco soprassaliviano medio
 - 16. Solco soprasspleniale
 - 17. Solco spleniale



Tav. 40

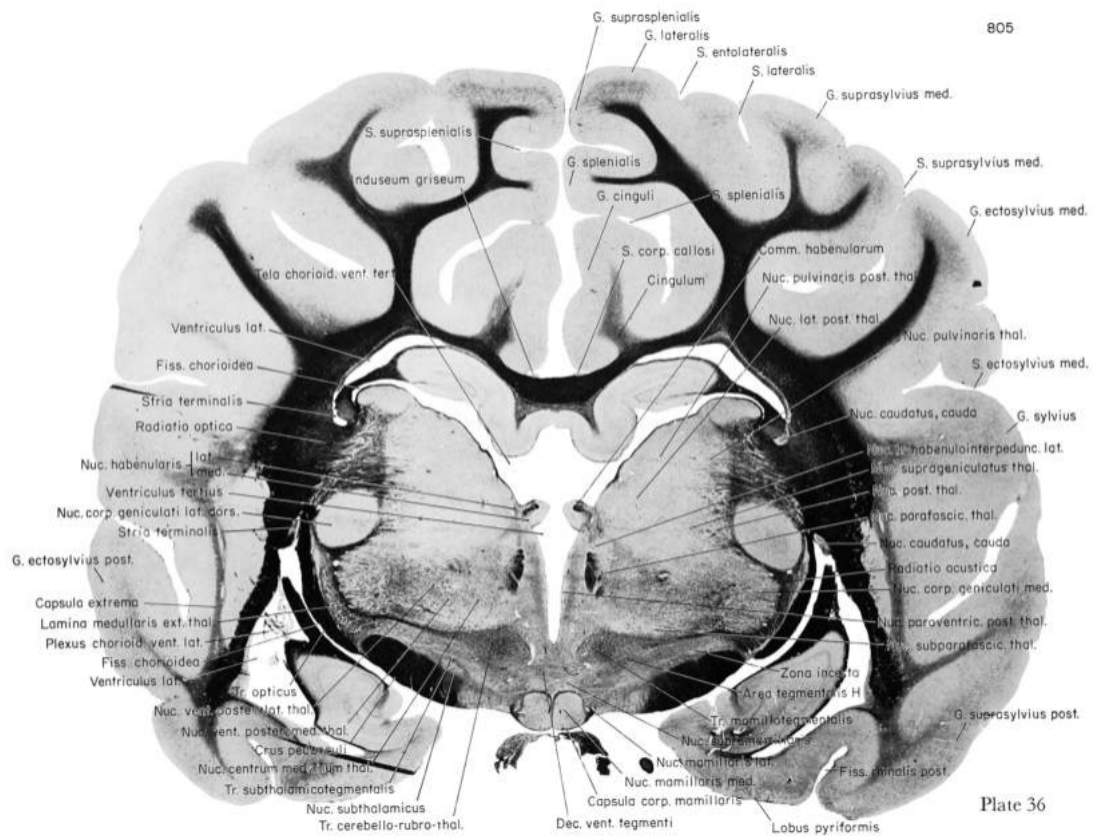


Cane brachicefalo

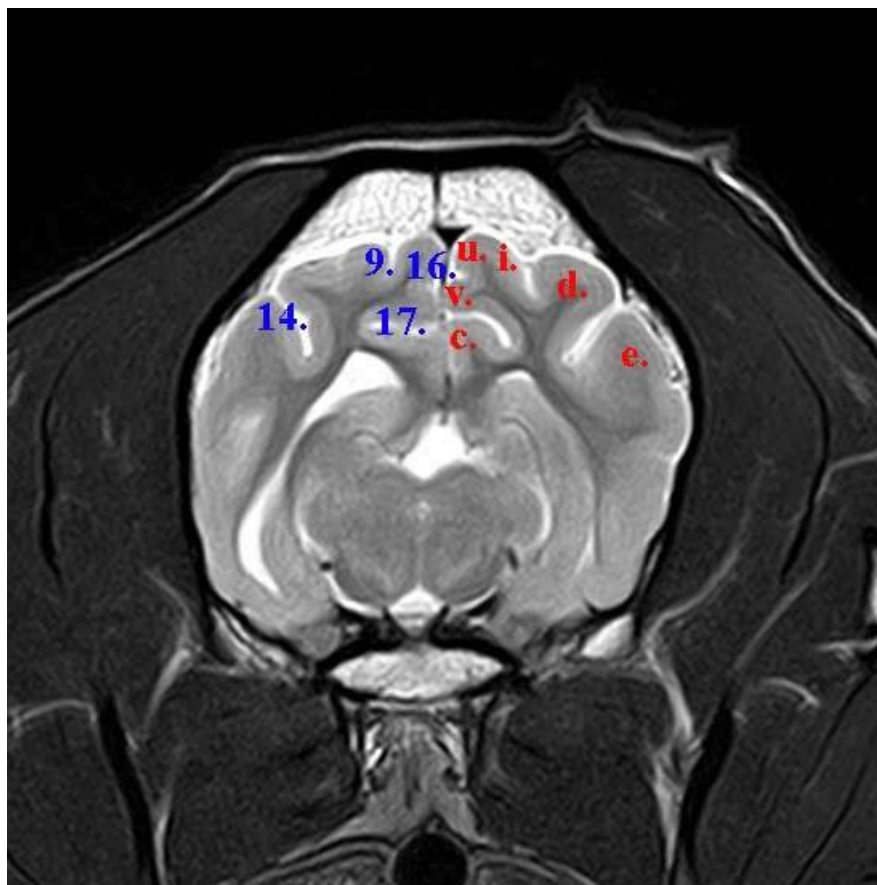


Cane mesocefalo

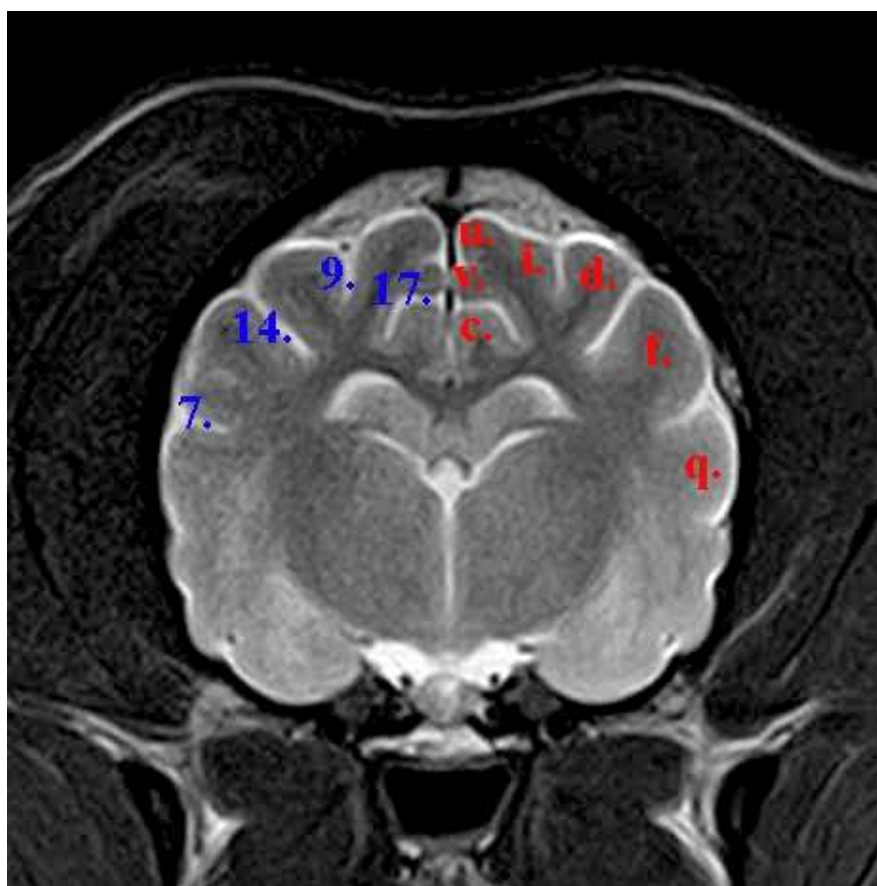
- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - g. Circonvoluzione ectosilviana rostrale
 - i. Circonvoluzione marginale
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - u. Circonvoluzione soprasspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 7. Solco ectosilviano medio
 - 8. Solco ectosilviano rostrale
 - 9. Solco marginale
 - 14. Solco soprassalivano medio
 - 16. Solco soprasspleniale
 - 17. Solco spleniale



Tav. 41

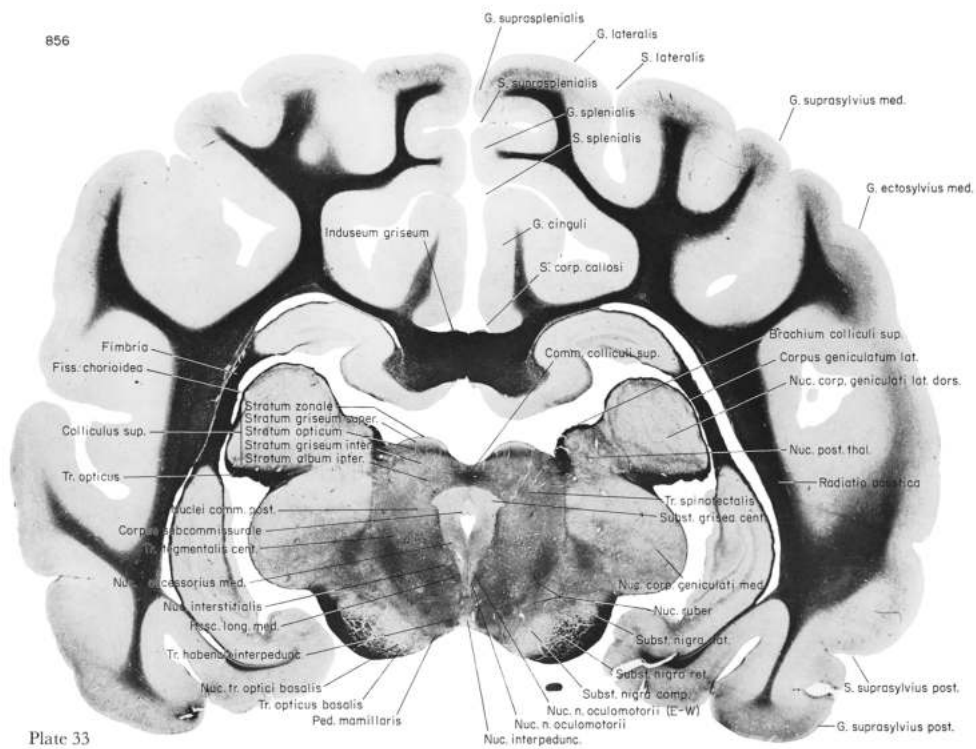


Cane brachicefalo

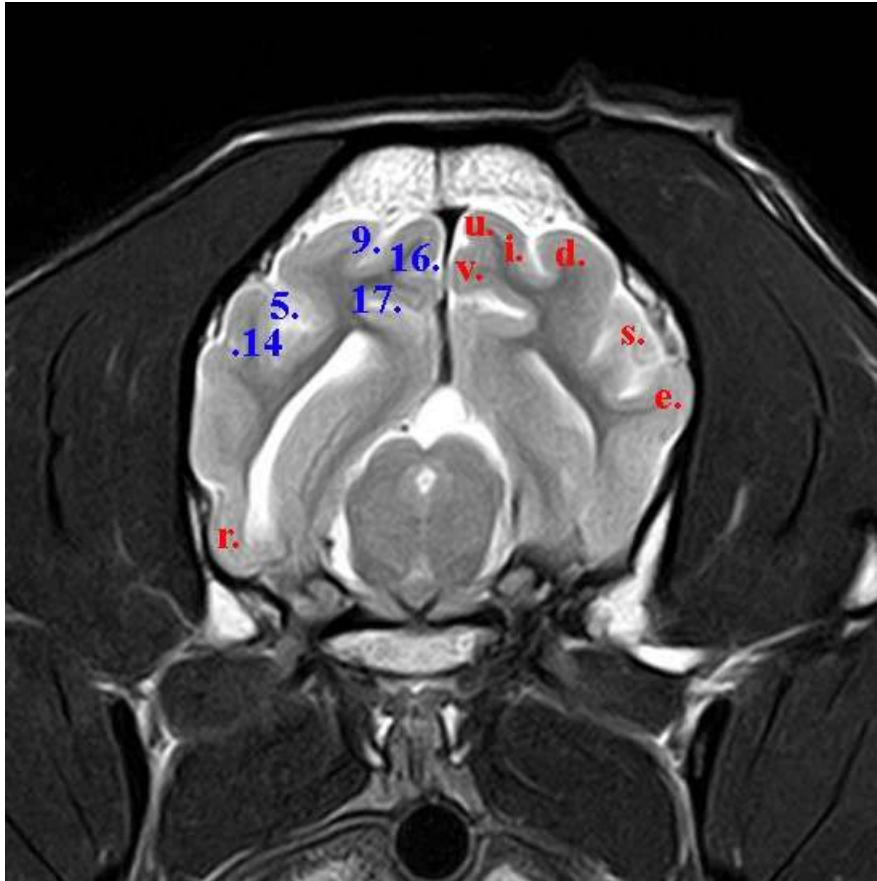


Cane mesocefalo

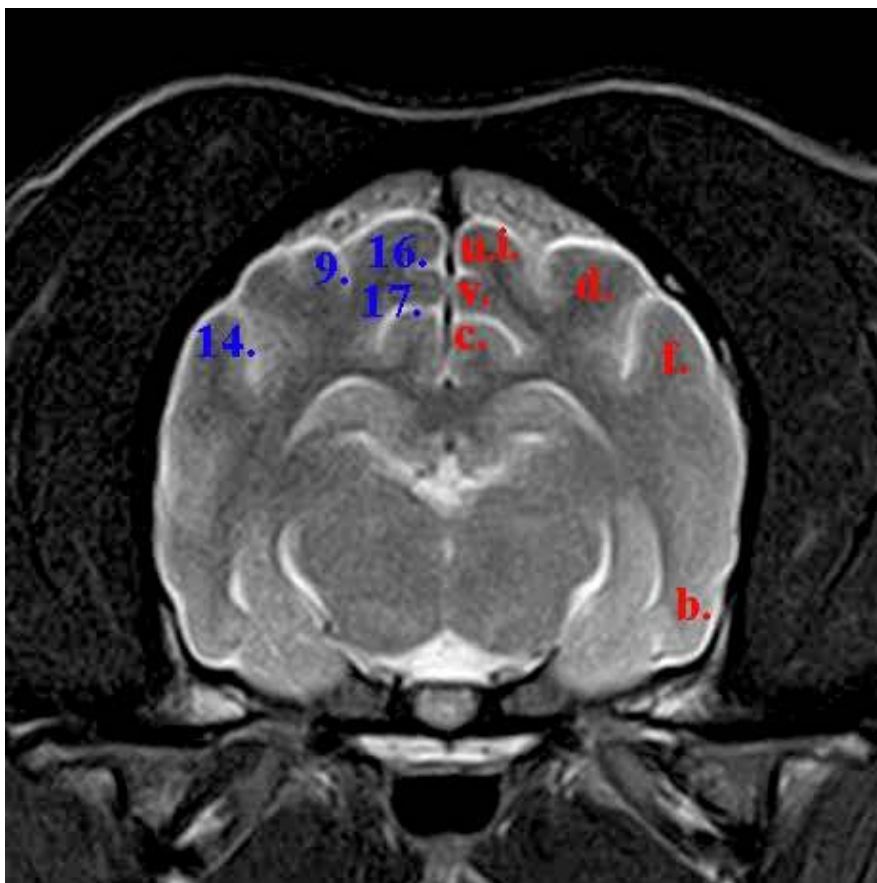
- c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - i. Circonvoluzione marginale
 - q. Circonvoluzione silviana rostrale
 - u. Circonvoluzione sopraspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 7. Solco ectosilviano medio
 - 9. Solco marginale
 - 14. Solco soprassaliviano medio
 - 16. Solco sopraspleniale
 - 17. Solco spleniale



Tav. 42



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- b. Circonvoluzione composta rostrale
 - c. Circonvoluzione del cingolo
 - d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - i. Circonvoluzione marginale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - s. Circonvoluzione soprassilviana media
 - u. Circonvoluzione soprassilviana media
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 5. Solco ectomarginale
 - 9. Solco marginale
 - 14. Solco soprassilviano medio
 - 16. Solco soprassilviano medio
 - 17. Solco spleniale

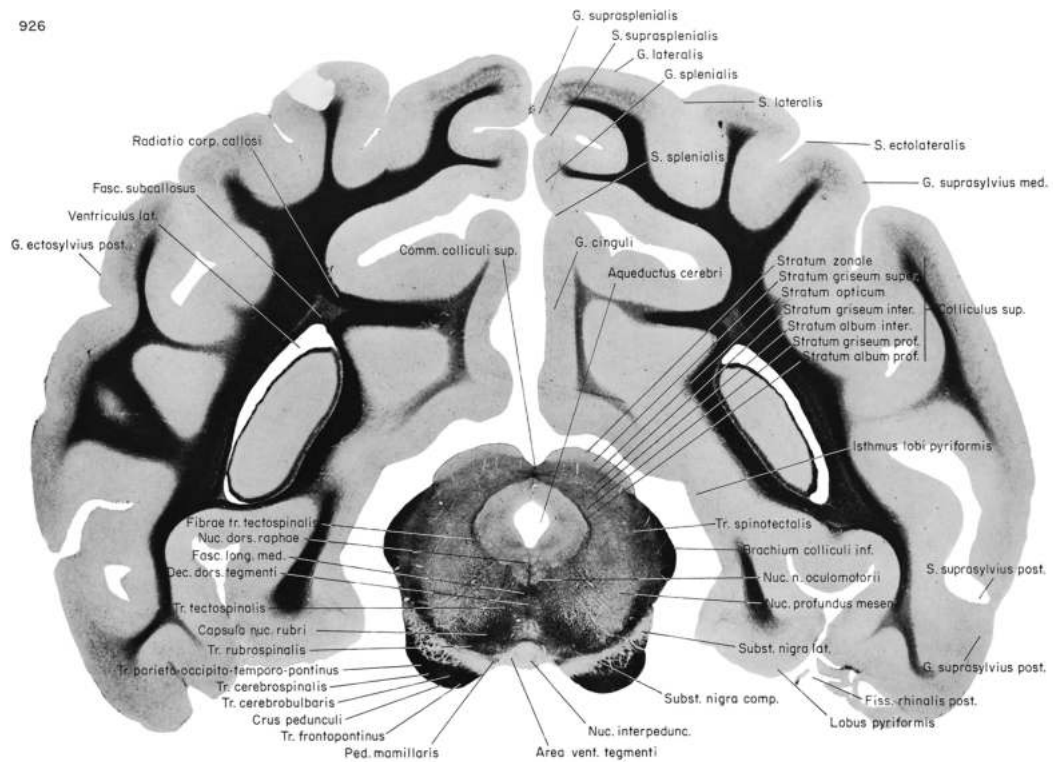
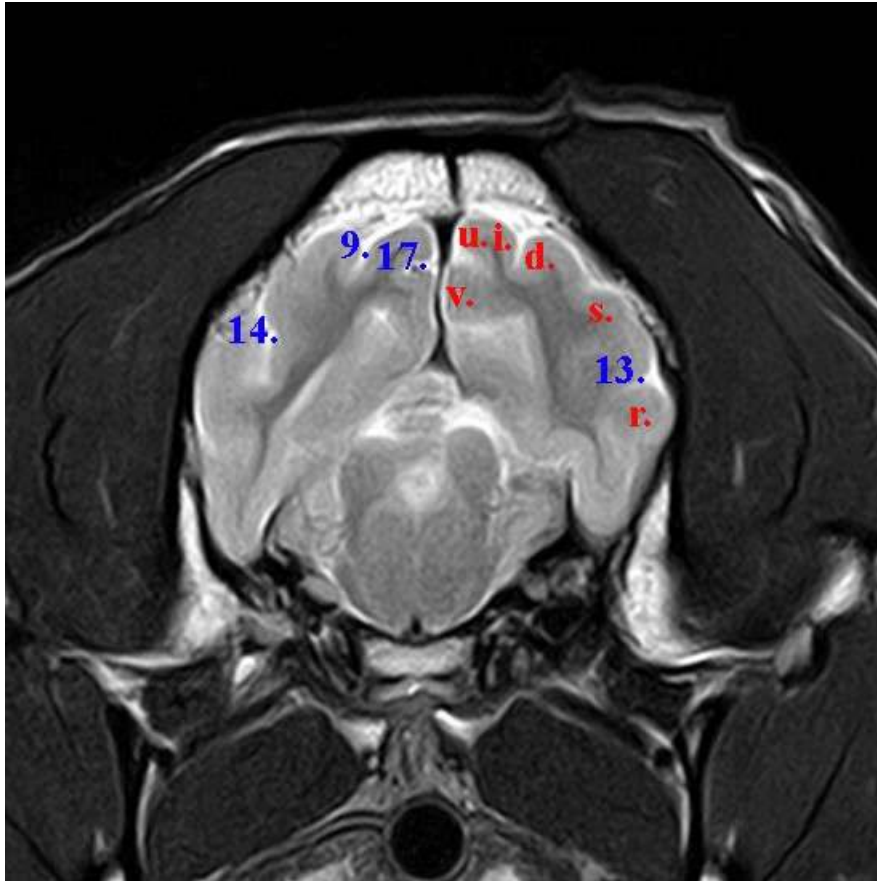
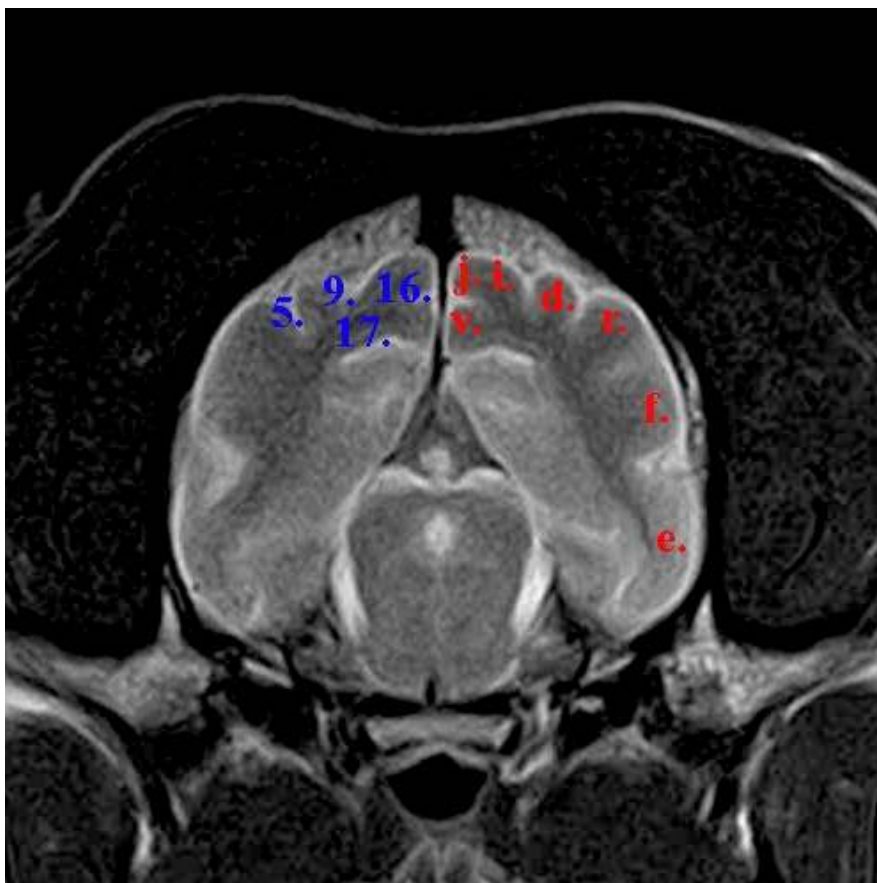


Plate 29

Tav. 43



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

- d. Circonvoluzione ectomarginale
 - e. Circonvoluzione ectosilviana caudale
 - f. Circonvoluzione ectosilviana media
 - i. Circonvoluzione marginale
 - j. Circonvoluzione occipitale
 - r. Circonvoluzione soprassilviana caudale
 - s. Circonvoluzione soprassilviana media
 - u. Circonvoluzione soprasspleniale
 - v. Circonvoluzione spleniale
- 5. Solco ectomarginale
 - 9. Solco marginale
 - 13. Solco soprassalivano caudale
 - 14. Solco soprassalivano medio
 - 16. Solco soprasspleniale
 - 17. Solco spleniale

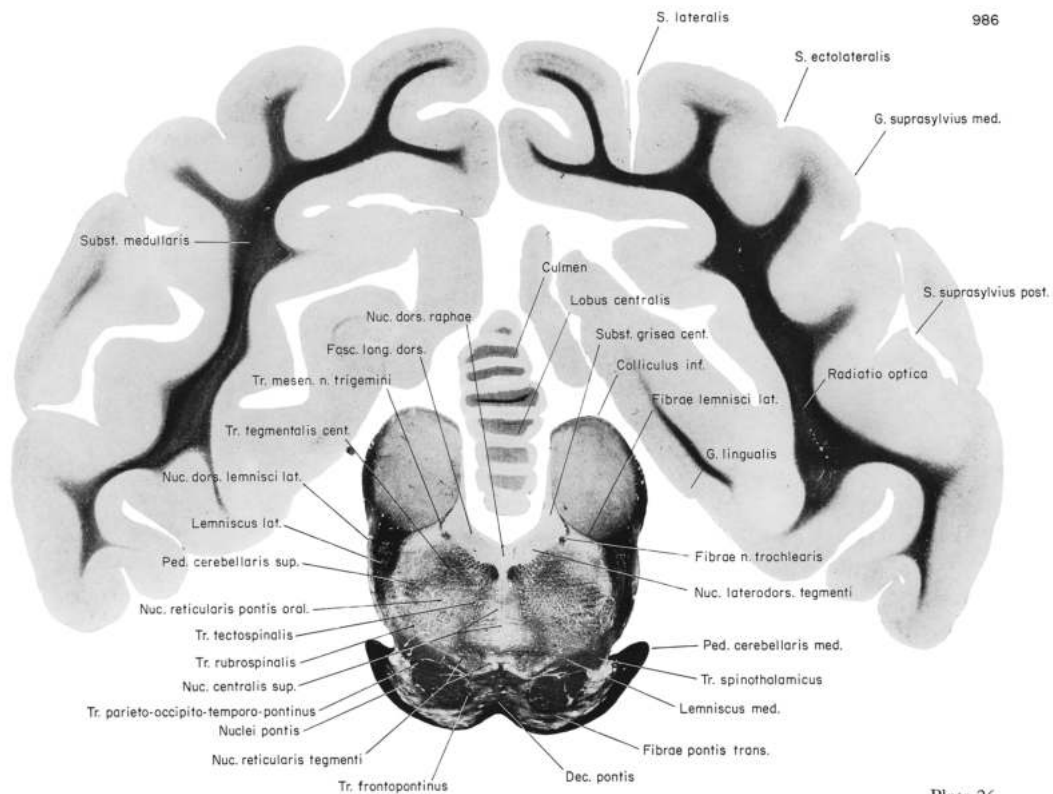
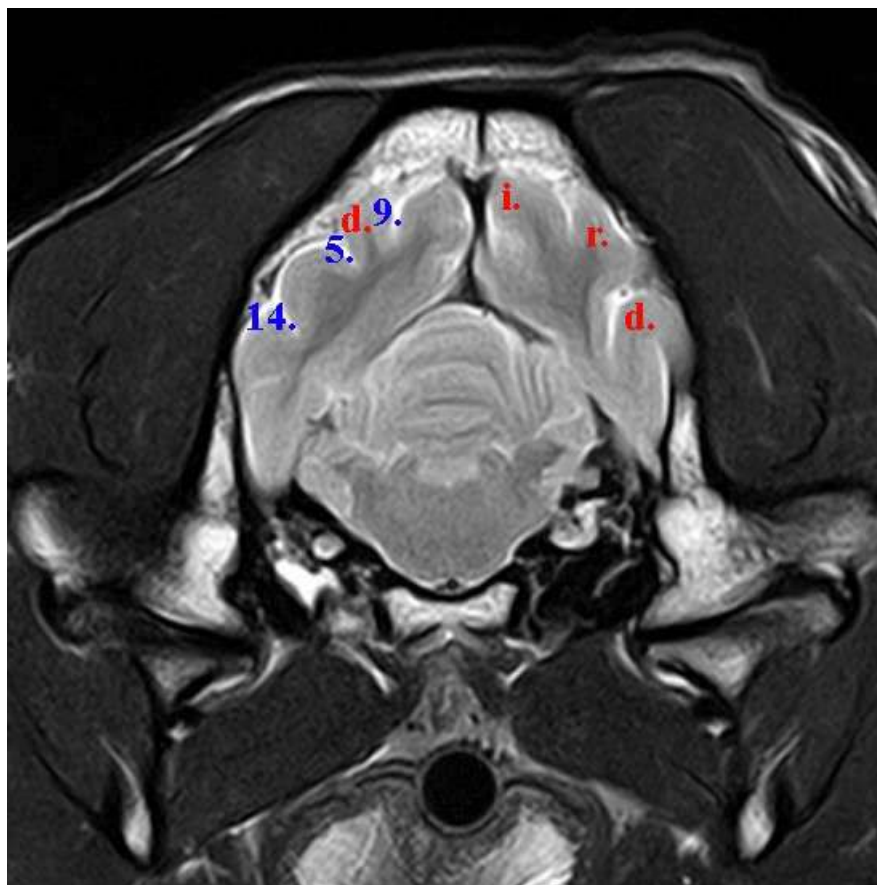
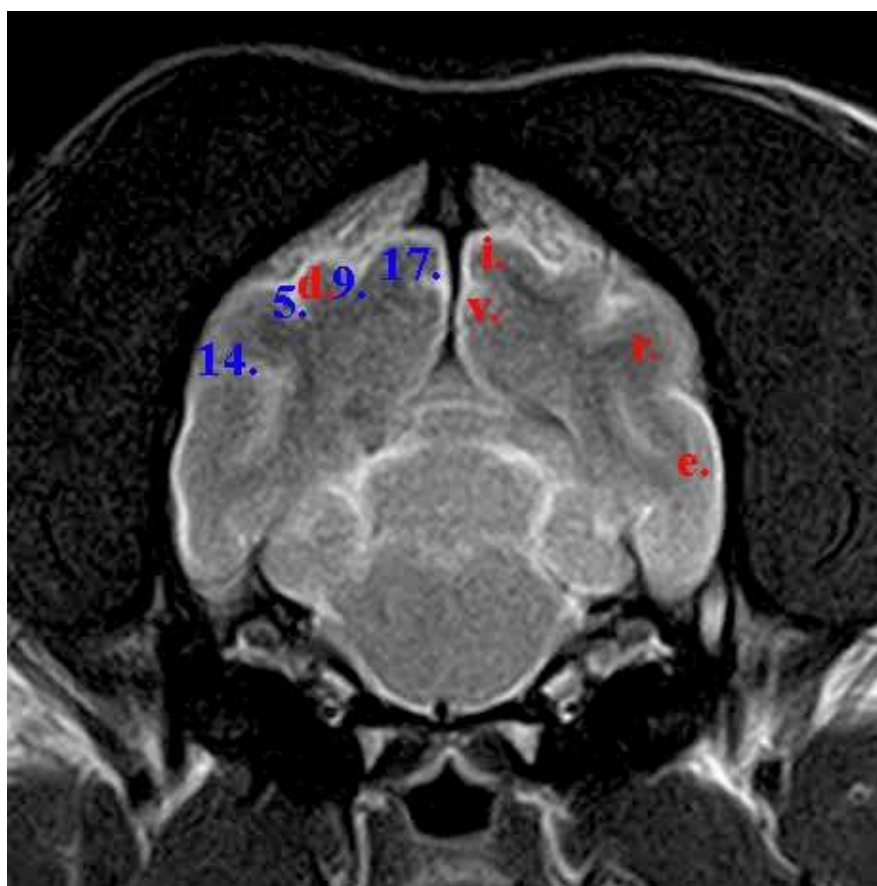


Plate 26

Tav. 44

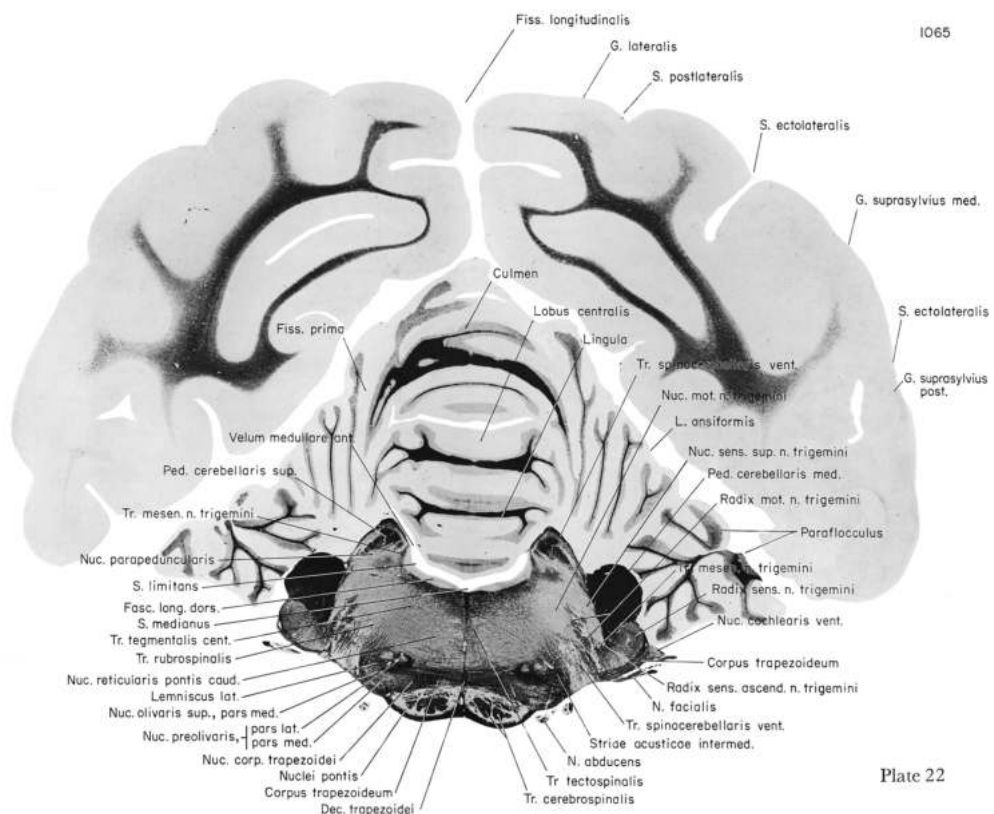


Cane brachicefalo

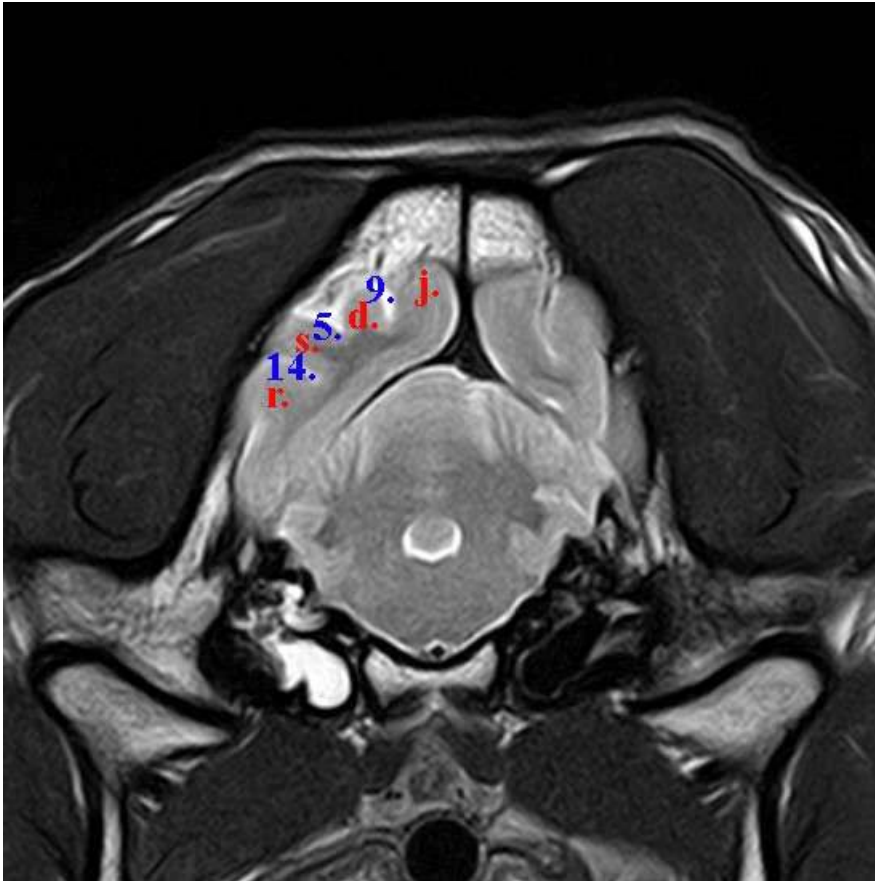


Cane mesocefalo

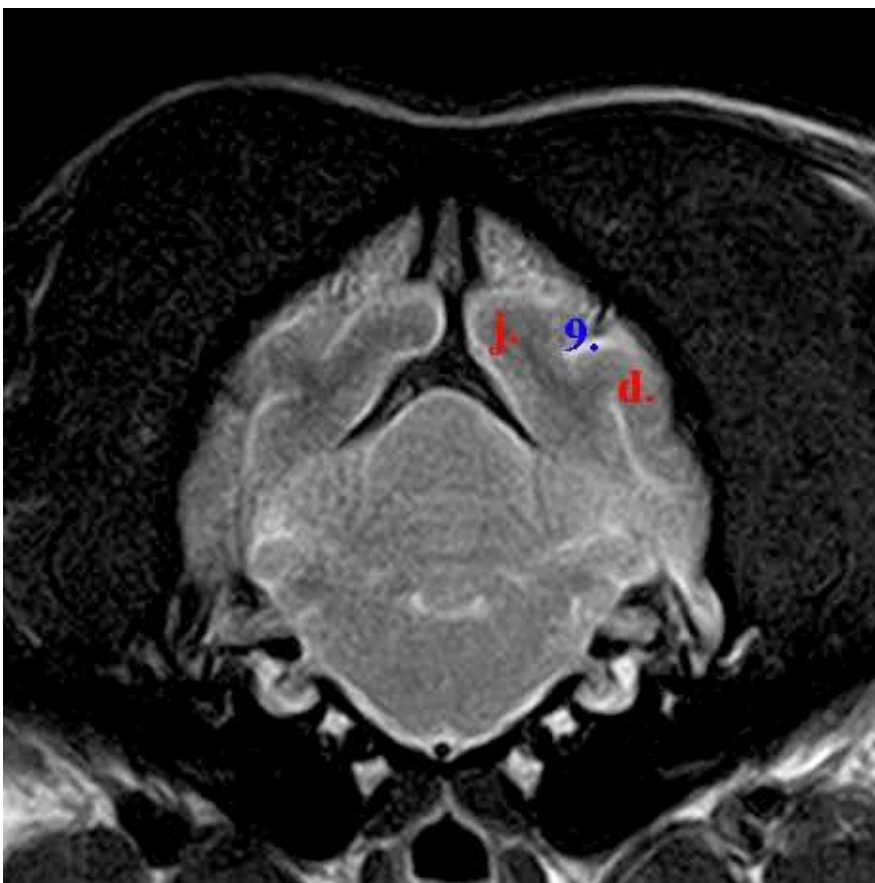
- | | |
|---|---------------------------------|
| d. Circonvoluzione ectomarginale | 5. Solco ectomarginale |
| e. Circonvoluzione ectosilviana caudale | 9. Solco marginale |
| i. Circonvoluzione marginale | 14. Solco soprassaliviano medio |
| r. Circonvoluzione soprassilviana caudale | 17. Solco spleniale |
| v. Circonvoluzione spleniale | |



Tav. 45

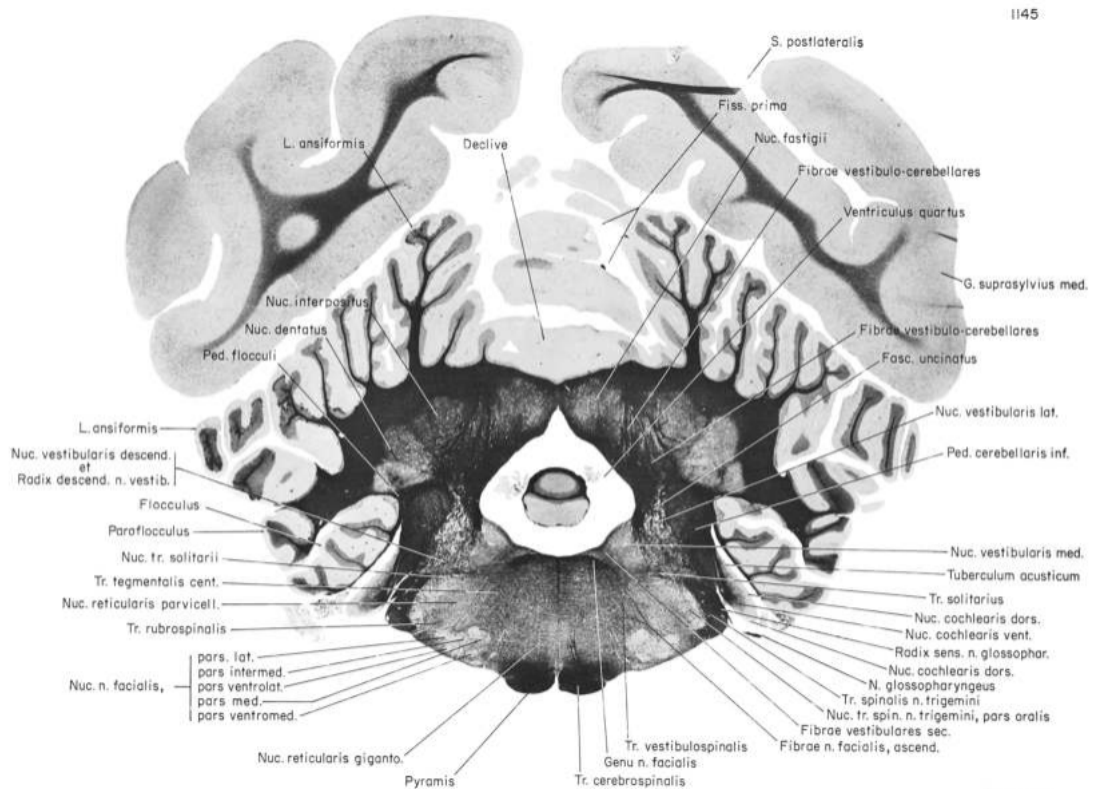


Cane brachicefalo

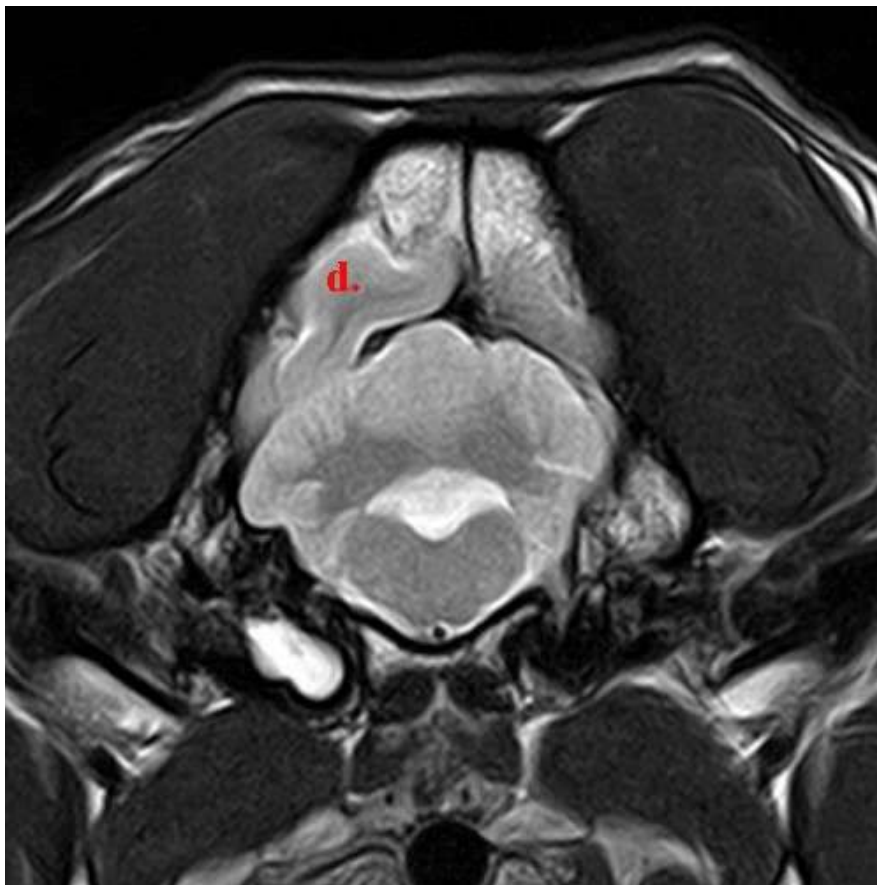


Cane mesocefalo

- | | |
|---|--------------------------------|
| d. Circonvoluzione ectomarginale | 5. Solco ectomarginale |
| j. Circonvoluzione occipitale | 9. Solco marginale |
| r. Circonvoluzione soprassilviana caudale | 14. Solco soprassalivano medio |
| s. Circonvoluzione soprassilviana media | |



Tav. 46



Cane brachicefalo



Cane mesocefalo

d. Circonvoluzione ectomarginale

1186

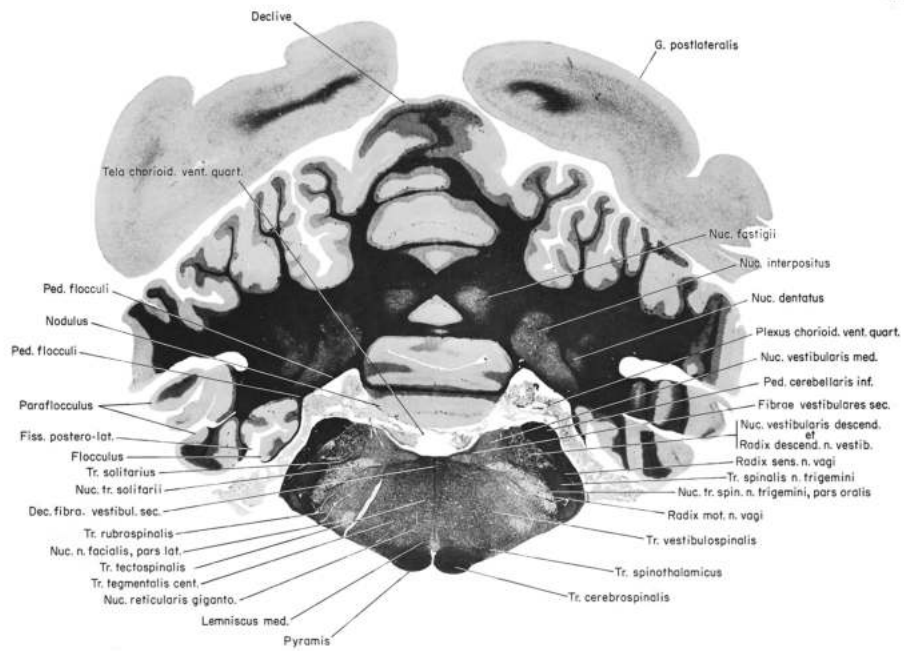


Plate 16

BIBLIOGRAFIA

- Aige Gil, V. (n.d.). *El encéfalo del perro: atlas fotográfico*. 2004. Retrieved March 15, 2023, from https://www.abebooks.com/servlet/BookDetailsPL?bi=30825894072&searchurl=an%3Daige%26sortby%3D17%26tn%3Denc%25E9falo%2Bperro%2Batlas%2Bfotogr%25E1fico&cm_sp=snippet-_-srp1-_-title1
- Barone, R. (2006). 1: Sistema nervoso centrale / di Robert Barone e Ruggero Bortolami. In *1: Sistema nervoso centrale*. Edagricole.
- Barone, Robert., Bortolami, Ruggero., & Callegari, Emilio. (2006). *Anatomia comparata dei mammiferi domestici. 1, Osteologia*.
- BOULEDOGUE FRANCESE. (n.d.). ENCI - Ente Nazionale Della Cinofilia Italiana. Retrieved April 1, 2023, from <https://www.enci.it/libro-genealogico/razze/bouledogue-francese#:~:text=Un%20tipico%20molossoide%20di%20piccola,e%20una%20coda%20naturalmente%20corta.>
- Carreira, L. M., & Ferreira, A. (2015a). Anatomical Variations in the Pseudosylvian Fissure Morphology of Brachy-, Dolicho-, and Mesaticephalic Dogs. *The Anatomical Record*, 298(7), 1255–1260. <https://doi.org/10.1002/ar.23171>
- Carreira, L. M., & Ferreira, A. (2015b). Longitudinal Cerebral Fissure Anatomy Variations in Brachy-, Dolicho- and Mesaticephalic Dogs and Their Importance to Brain Surgery. *The Anatomical Record*, 298(9), 1612–1621. <https://doi.org/10.1002/AR.23183>
- Carreira, L. M., & Ferreira, A. (2016). Morphological Variations in the Transverse Venous Sinus Anatomy of Dogs and its Relationship to Skull Landmarks. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 45(4), 308–318. <https://doi.org/10.1111/ahe.12199>
- Carreira, L. M., Ferreira, A., & Burilo, F. L. (2011). The Dorsal Sagittal Venous Sinus Anatomical Variations in Brachycephalic, Dolichocephalic, and Mesocephalic Dogs and Their Significance for Brain Surgery. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 294(11), 1920–1929. <https://doi.org/10.1002/ar.21474>
- Chavhan, G. B., Babyn, P. S., Thomas, B., Shroff, M. M., & Haacke, E. M. (2009). Principles, Techniques, and Applications of T2*-based MR Imaging and Its

- Special Applications. *RadioGraphics*, 29(5), 1433–1449.
<https://doi.org/10.1148/rg.295095034>
- Coriasco, M. (2014). Elementi di Risonanza Magnetica: dal protone alle sequenze per le principali applicazioni diagnostiche. *Springer-Verlag*, 257–280.
- Currie, S., Hoggard, N., Craven, I. J., Hadjivassiliou, M., & Wilkinson, I. D. (2013). Understanding MRI: basic MR physics for physicians. *Postgraduate Medical Journal*, 89(1050), 209–223. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2012-131342>
- Dyce, K. M. (1996). *Textbook of veterinary anatomy / K. M. Dyce, W. O. Sack, C. J. Wensing* (2. ed). W. B. Saunders.
- Ekenstedt, K. J., Crosse, K. R., & Risselada, M. (2020a). Canine Brachycephaly: Anatomy, Pathology, Genetics and Welfare. *Journal of Comparative Pathology*, 176, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2020.02.008>
- Ekenstedt, K. J., Crosse, K. R., & Risselada, M. (2020b). Canine Brachycephaly: Anatomy, Pathology, Genetics and Welfare. *Journal of Comparative Pathology*, 176, 109. <https://doi.org/10.1016/J.JCPA.2020.02.008>
- Elementi di risonanza magnetica. (2014). In *Elementi di risonanza magnetica*. Springer Milan. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-5641-1>
- Ellis, J. L., Thomason, J., Kebreab, E., Zubair, K., & France, J. (2009). Cranial dimensions and forces of biting in the domestic dog. *Journal of Anatomy*, 214(3), 362–373. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.01042.x>
- ENCI - Ente Nazionale Cinofilia Italiana. (n.d.). Retrieved April 4, 2023, from <https://www.enci.it/>
- Fiorone, F. (1955). Le razze canine: storia, origini, doti, caratteri somatici, standards di 220 razze e varietà con 400 illustrazioni. In *International Spring Editions*.
https://galileodiscovery.unipd.it/discovery/fulldisplay/alma990001992030206046/39UPD_INST:VU1
- Fletcher, T. F., & Saveraid, T. C. (2009). *Canine MRI Brain Atlas*.
<http://vanat.cvm.umn.edu/mriBrainAtlas/>
- Geiger, M., & Haussman, S. (2016). Cranial Suture Closure in Domestic Dog Breeds and Its Relationships to Skull Morphology. *The Anatomical Record*, 299(4), 412–420. <https://doi.org/10.1002/ar.23313>

- Geiger, M., Schoenebeck, J. J., Schneider, R. A., Schmidt, M. J., Fischer, M. S., & Sánchez-Villagra, M. R. (2021). Exceptional Changes in Skeletal Anatomy under Domestication: The Case of Brachycephaly. *Integrative Organismal Biology (Oxford, England)*, 3(1). <https://doi.org/10.1093/IOB/OBAB023>
- Gianotti Andrea. (2022). *I cani, i figli e la demografia. E il senso “infallibile” della correlazione.* <https://www.infodata.ilsole24ore.com/2022/01/25/papa-francesco-e-infallibile-anche-in-statistica-i-cani-la-demografia-e-il-futuro-del-paese/>
- Gough, A., Thomas, A., & O'Neill, D. (2018). *Breed Predispositions to Disease in Dogs and Cats.* John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119225584>
- Hecht, E. E., Smaers, J. B., Dunn, W. D., Kent, M., Preuss, T. M., & Gutman, D. A. (2019). Significant Neuroanatomical Variation Among Domestic Dog Breeds. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 39(39), 7748–7758. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0303-19.2019>
- Horschler, D. J., Hare, B., Call, J., Kaminski, J., Miklósi, Á., & MacLean, E. L. (2019). Absolute brain size predicts dog breed differences in executive function. *Animal Cognition*, 22(2), 187–198. <https://doi.org/10.1007/S10071-018-01234-1/TABLES/2>
- Hussein, A. K., Sullivan, M., & Penderis, J. (2012). Effect of brachycephalic, mesaticephalic, and dolichocephalic head conformations on olfactory bulb angle and orientation in dogs as determined by use of in vivo magnetic resonance imaging. *American Journal of Veterinary Research*, 73(7), 946–951. <https://doi.org/10.2460/ajvr.73.7.946>
- Imaging a risonanza magnetica.* (2023). Wikipedia, l'enciclopedia Libera. https://it.wikipedia.org/wiki/Imaging_a_risonanza_magnetica
- Jacquemetton, C., Drexler, A., Kellerman, G., Bird, D., & van Valkenburgh, B. (2021). The impact of extreme skull morphology in domestic dogs on cribriform plate shape. *Anatomical Record (Hoboken, N.J. : 2007)*, 304(1), 190–201. <https://doi.org/10.1002/AR.24512>
- Kawamura, K., & Naito, J. (1978). Variations of the dog cerebral sulci, compared in particular with those of the cat. *Journal Fur Hirnforschung*, 19(5), 457–467.
- Larson, G., Karlsson, E. K., Perri, A., Webster, M. T., Ho, S. Y. W., Peters, J., Stahl, P. W., Piper, P. J., Lingaas, F., Fredholm, M., Comstock, K. E.,

- Modiano, J. F., Schelling, C., Agoulnik, A. I., Leegwater, P. A., Dobney, K., Vigne, J. D., Vilà, C., Andersson, L., & Lindblad-Toh, K. (2012). Rethinking dog domestication by integrating genetics, archeology, and biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(23), 8878–8883. https://doi.org/10.1073/PNAS.1203005109/SUPPL_FILE/ST04.DOCX
- Loeb, J., & Williams, A. (2022). French bulldogs still as popular as ever. *Veterinary Record*, *190*(12), 480. <https://doi.org/10.1002/VETR.1906>
- Mai, W. (2018). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats* (W. Mai, Ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315121055>
- Miller, M. E. (1979). Millers anatomy of the dog. In *W.B. Saunders Company*.
- Nitzsche, B., Boltze, J., Ludewig, E., Flegel, T., Schmidt, M. J., Seeger, J., Barthel, H., Brooks, O. W., Gounis, M. J., Stoffel, M. H., & Schulze, S. (2019a). A stereotaxic breed-averaged, symmetric T2w canine brain atlas including detailed morphological and volumetrical data sets. *NeuroImage*, *187*, 93–103. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2018.01.066>
- Nitzsche, B., Boltze, J., Ludewig, E., Flegel, T., Schmidt, M. J., Seeger, J., Barthel, H., Brooks, O. W., Gounis, M. J., Stoffel, M. H., & Schulze, S. (2019b). A stereotaxic breed-averaged, symmetric T2w canine brain atlas including detailed morphological and volumetrical data sets. *NeuroImage*, *187*, 93–103. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2018.01.066>
- Packer, R. M. A., Hendricks, A., Tivers, M. S., & Burn, C. C. (2015). Impact of Facial Conformation on Canine Health: Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome. *PLOS ONE*, *10*(10), e0137496. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137496>
- Rinck PA. (2008). A short history of magnetic resonance imaging. *Spectroscopy Europe*, *20*.
- Risonanza magnetica nucleare*. (2022). Wikipedia, l'enciclopedia Libera. https://it.wikipedia.org/wiki/Risonanza_magnetica_nucleare
- Roberts, T., McGreevy, P., & Valenzuela, M. (2010). Human Induced Rotation and Reorganization of the Brain of Domestic Dogs. *PLoS ONE*, *5*(7), e11946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011946>
- Roedler, F. S., Pohl, S., & Oechtering, G. U. (2013). How does severe brachycephaly affect dog's lives? Results of a structured preoperative owner

- questionnaire. *The Veterinary Journal*, 198(3), 606–610.
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.009>
- Schaller, O., Cozzi, B., Costantinescu, G. M., & Mascarello, F. (1999). *Nomenclatura anatomica veterinaria illustrata / Oskar Schaller; con la collaborazione di Georghe M. Costantinescu ... et al.!*; edizione italiana a cura di Francesco Mascarello e Bruno Cozzi. A. Delfino medicina-scienze.
- Selba, M. C., Bryson, E. R., Rosenberg, C. L., Heng, H. G., & DeLeon, V. B. (2021). Selective breeding in domestic dogs: How selecting for a short face impacted canine neuroanatomy. *The Anatomical Record*, 304(1), 101–115.
<https://doi.org/10.1002/ar.24471>
- Signore, F. Del, Arribarat, G., Salda, L. Della, Mogicato, G., Deviers, A., Cartiaux, B., Vignoli, M., Peran, P., & de Pasquale, F. (2022). Volumetric assessment and longitudinal changes of subcortical structures in formalinized Beagle brains. *PLoS ONE*, 17(10 October).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261484>
- Singer, M. (1962). *The brain of the dog in section* (Saunders, Ed.).
<http://brainmaps.org/>
- Siniscalchi, M., Franchini, D., Pepe, A. M., Sasso, R., Dimatteo, S., Vallortigara, G., & Quaranta, A. (2010). Volumetric assessment of cerebral asymmetries in dogs. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/1357650X.2010.490838](http://Dx.Doi.Org/10.1080/1357650X.2010.490838), 16(5), 528–536. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.490838>
- Thompkins, A. M., Deshpande, G., Waggoner, P., & Katz, J. S. (2016). Functional Magnetic Resonance Imaging of the Domestic Dog: Research, Methodology, and Conceptual Issues. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 11(1), 63. <https://doi.org/10.3819/CCBR.2016.110004>
- Wayne, R. K. (1986). CRANIAL MORPHOLOGY OF DOMESTIC AND WILD CANIDS: THE INFLUENCE OF DEVELOPMENT ON MORPHOLOGICAL CHANGE. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 40(2), 243–261. <https://doi.org/10.1111/J.1558-5646.1986.TB00467.X>

SITOGRAFIA

ENCI - Ente Nazionale Cinofilia Italiana. (n.d.). Retrieved April 4, 2023, from <https://www.enci.it/>

BOULEDOGUE FRANCESE. (n.d.). ENCI - Ente Nazionale Della Cinofilia Italiana. Retrieved April 1, 2023, from <https://www.enci.it/librogenealogico/razze/bouledogue-francese#:~:text=Un%20tipico%20molossoide%20di%20piccola,e%20una%20coda%20naturalmente%20corta.>

Imaging a risonanza magnetica. (2023). Wikipedia, l'enciclopedia Libera. https://it.wikipedia.org/wiki/Imaging_a_risonanza_magnetica

Risonanza magnetica nucleare. (2022). Wikipedia, l'enciclopedia Libera. https://it.wikipedia.org/wiki/Risonanza_magnetica_nucleare