



INSTITUT II FÜR ANATOMIE
Klinikum der Universität zu Köln
Joseph-Stelzmann-Str. 9
50931 Köln

MagnetResonanzTomographie

T1, axiale Schnittserie

- Normalbefunde -

Wissenschaftliches Projekt im Rahmen des
Modellstudiengangs Humanmedizin im Sommersemester 2007

Erstellt von Benjamin Kühne

Wissenschaftliche Betreuung: Dipl.-Biol. Natasha Moser

Klinische Beratung: Sönke Reineck

Die Magnetresonanztomographie (MRT; MRI (engl.))

Die Kernspin- oder Magnetresonanztomographie ist ein nicht-invasives bildgebendes Schichtbildverfahren, das mit Magnetfeldern und Radiowellen arbeitet und dadurch ohne Strahlenbelastung auskommt. Die physikalischen Prinzipien der MRT wurden 1946 von Felix Bloch und Edward Purcell unabhängig voneinander entdeckt. Die klinische Anwendung der MRT ist den Arbeiten von Paul C. Lauterbur und Peter Mansfield zu verdanken, denen es gelang, die ersten Bildgebungen zu erzeugen. Seit 1980 gewann die MRT immer mehr an Bedeutung und ist mittlerweile eines der wichtigsten Verfahren in der bildgebenden klinischen Routinediagnostik.

Die Untersuchungsmethode beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass Atomkerne mit ungerader Protonen- und Neutronenzahl über einen Eigendrehimpuls (engl.: spin) verfügen, wodurch sie ein kleines, atomares Magnetfeld erzeugen. Dieses Magnetfeld hat ein magnetisches Moment der Atomkerne zur Folge.

Der für die Messung geeignetste Atomkern mit einem derartigen Moment ist Wasserstoff [H], der in genügend großer Anzahl im menschlichen Körper vorhanden ist, um eine ausreichende Signalintensität zu erzeugen. Ohne Einwirkung eines äußeren Magnetfelds sind die H-Atomkerne zufällig im Raum orientiert, so dass sich die magnetischen Momente ausgleichen. In einem starken Magnetfeld (bei der MRT üblicherweise 0,5-3 Tesla) kommt es zur Ausrichtung dieser Kerne in einer charakteristischen Weise (Magnetisierung in Feldrichtung=Längsmagnetisierung) sowie zur Präzession (Kreiselbewegung der Protonen um ihre Längsachse bzw. um die Feldachsen) in gleicher Frequenz. Die Ausrichtung der Kerne kann in Richtung des Magnetfelds (parallel) oder in entgegen gesetzter Richtung (anti-parallel) erfolgen. Mittels eines senkrecht zum Magnetfeld ausgerichteten Hochfrequenzimpulses (Radiowelle; diese muss dieselbe Frequenz wie die Präzessionsfrequenz der Protonen besitzen -> Larmorfrequenz) werden die Protonen aus ihrer ursprünglichen Richtung ausgelenkt („umgeklappt“) und ihre Kreiselbewegungen kurzzeitig synchronisiert (Phasenkohärenz), wodurch eine senkrecht zu den Feldlinien des äußeren Magnetfelds verlaufende Quer- oder Transversalmagnetisierung entsteht. Nach Abschalten des Anregungsimpulses kehren die Protonen in ihre Ausgangsposition (T1-Relaxation=Wiederausrichtung entlang des äußeren Magnetfelds) zurück und geben dabei einen Teil der zuvor aufgenommenen Energie in Form elektromagnetischer Wellen ab.

Der Prozess der Wiederausrichtung hängt von der Größe und Beweglichkeit der Moleküle sowie der Feldstärke ab und damit im Wesentlichen von der Fähigkeit der Umgebung, Wärme aufzunehmen. Gewebe, bei denen dieser Wärmetransfer recht schnell von statten geht, stellen sich in T1-gewichteten Bildern hell dar (z. B. Fettgewebe). Gewebe mit langsamem Wärmetransfer erscheinen dunkel (z. B. Liquor). Mit dem Ausschalten des Hochfrequenzimpulses verlieren die Atomkerne auch ihre phasensynchrone Kreiselbewegung. Der damit verbundene Rückgang der Quermagnetisierung wird als T2-Relaxation bezeichnet und hängt von den Veränderungen des lokalen Magnetfelds durch benachbarte Atome ab. Gewebe, die relativ lange eine Quermagnetisierung aufrechterhalten können, stellen sich in T2-gewichteten Bildern hell dar (z. B. Liquor).

Einführung in die Magnetresonanztomographie

Neben den beschriebenen T1- und T2-Wichtungen gibt es noch die Protonen- oder Spindichte, die nur von der Verteilung der Spins beeinflusst wird. Schränkt man den Einfluss der T1- und T2-Relaxation weitgehend ein, erhält man Bilder, die von der Dichte der Spins abhängen. Gewebe mit einer hohen Spindichte stellen sich hell dar.

Die durch die erwähnten Anregungen erzeugte und empfangene elektromagnetische Energie kann mit Hilfe von hochempfindlichen Empfängern registriert und mit zusätzlichen Magnetfeldern (Gradientenfeldern) lokalisiert sowie nach weiterer Verarbeitung zu einem digitalen - anatomisch interpretierbarem - Schnittbild zusammengesetzt werden. Die Intensität der Signale wird in Grauwerte umgesetzt. Da sie von verschiedenen Parametern abhängt, gibt es keine Normwerte (wie Hounsfield-Einheiten bei der Computertomographie) für das Signal bestimmter Gewebe sondern nur arbiträre Einheiten, die diagnostisch nicht verwertbar sind. Die Bildinterpretation stützt sich auf den Gesamtkontrast, die Messsequenzen und die Signalunterschiede zwischen den Geweben. Bei der Bildbeschreibung werden daher die Begriffe hyperintens für signalreich, hell und hypointens für signalarm, dunkel verwendet.

Neben der rein anatomischen Bildwiedergabe werden zunehmend auch funktionelle Aspekte in der MRT dargestellt wie z. B. diffusionsgewichtete Aufnahmen, die die Diffusionskapazität des Hirnparenchyms zeigen können. Somit kann früh durch die Darstellung ödematöser Strukturen eine Ischämie sicher diagnostiziert werden.

Referenzen:

-Bücheler, E., Lackner, K.-J., Thelen, M.: Einführung in die Radiologie (11. Auflage 2006), Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart

-Fleckenstein, P., Tranum-Jensen, J.: Röntgenanatomie (1. Auflage 2004), Urban & Fischer Verlag Elsevier GmbH, München

-Lemke, A.-J., Felix, R.: Kontrastverstärkte MRT-Bildgebung (2004), Bengelsdorf und Schimmel, Berlin

-Möller, T.B., Reif, E.: Taschenatlas der Schnittbildanatomie (Bd 1) (1. Auflage 1993), Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart

-Oestmann, J.W.: Radiologie, Vom Fall zur Diagnose (2.Auflage 2005), Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart

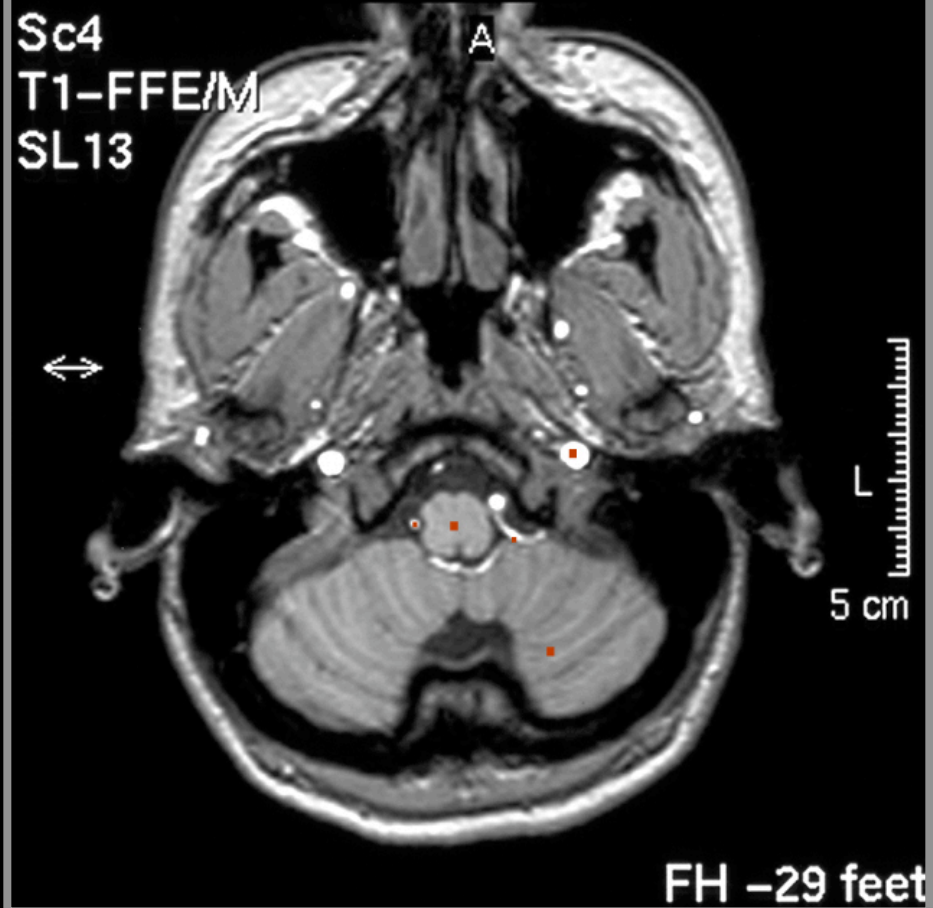
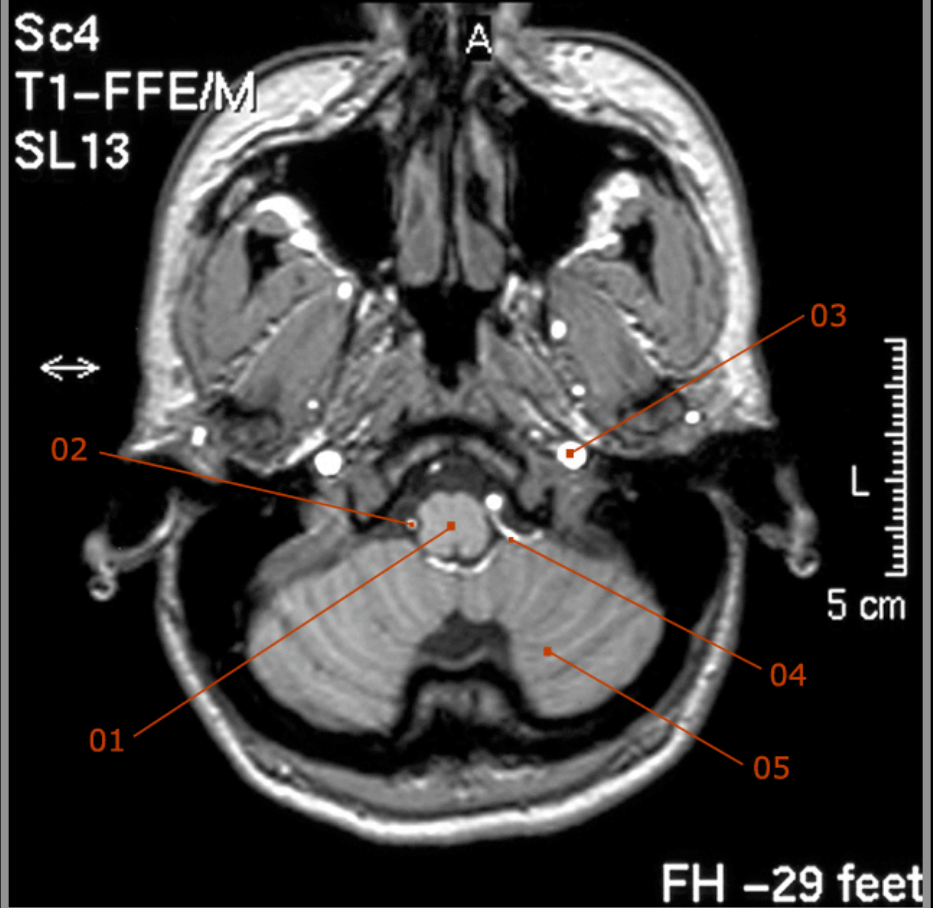
-Schild H. H.: MRI Made Easy (6th Edition 2000), Schering AG

-Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U.: Prometheus. LernAtlas der Anatomie - Kopf und Neuroanatomie (1. Auflage 2006), Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart

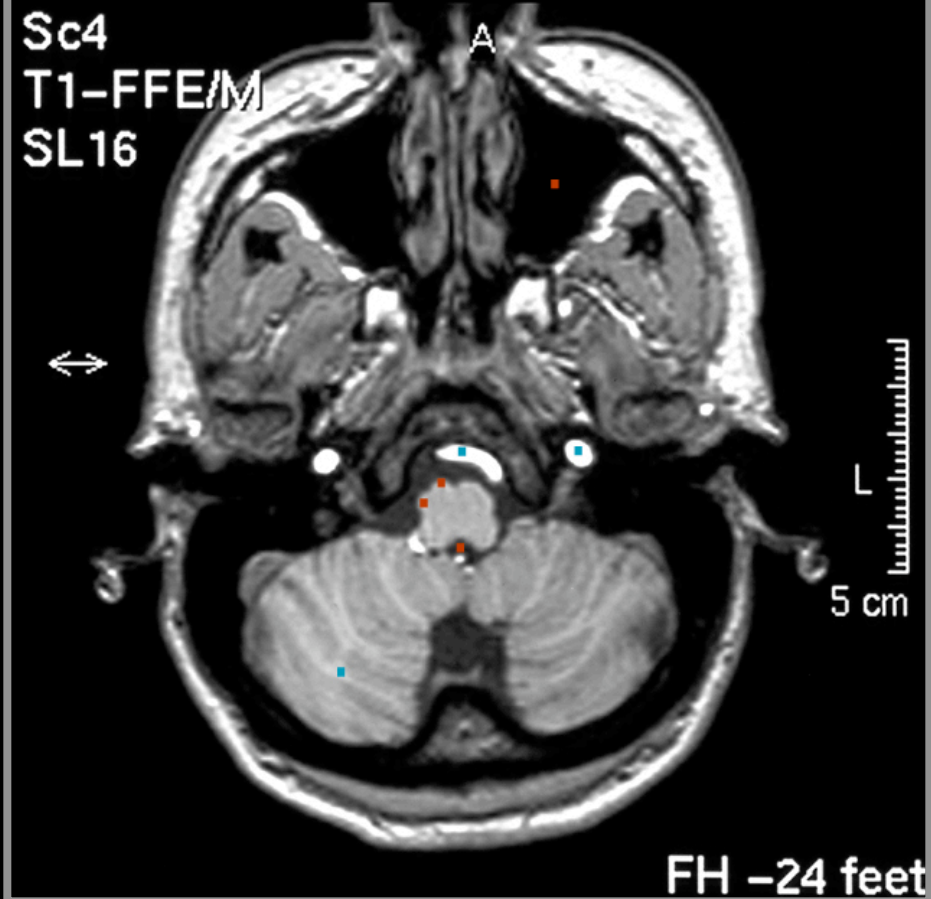
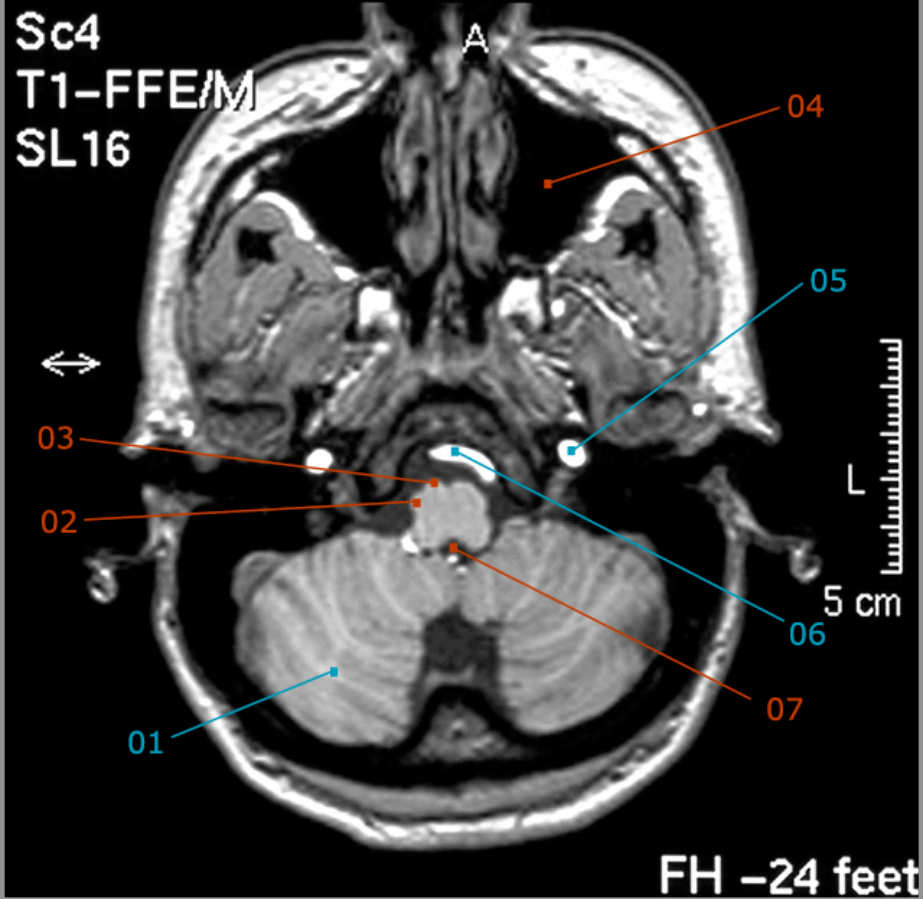
http://www.klinik.uni-frankfurt.de/bic/mrt_allgemein.htm

<http://www.akh-wien.ac.at/bmtp/block2/bildgeb2.htm>

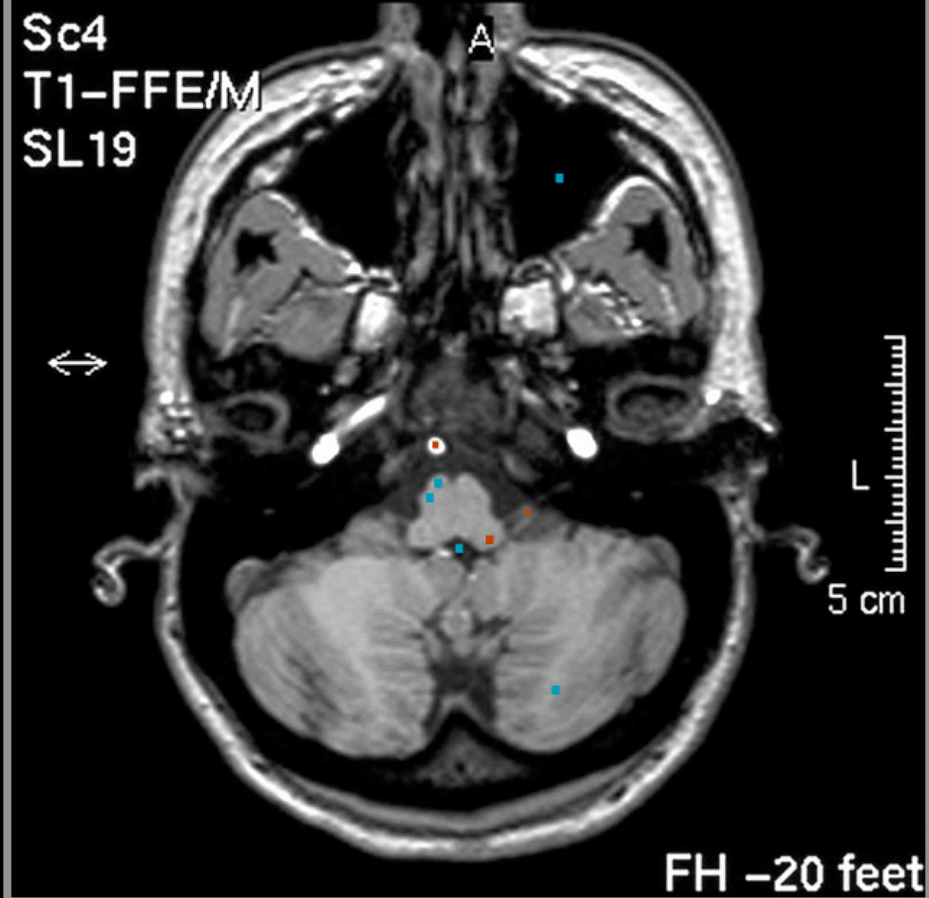
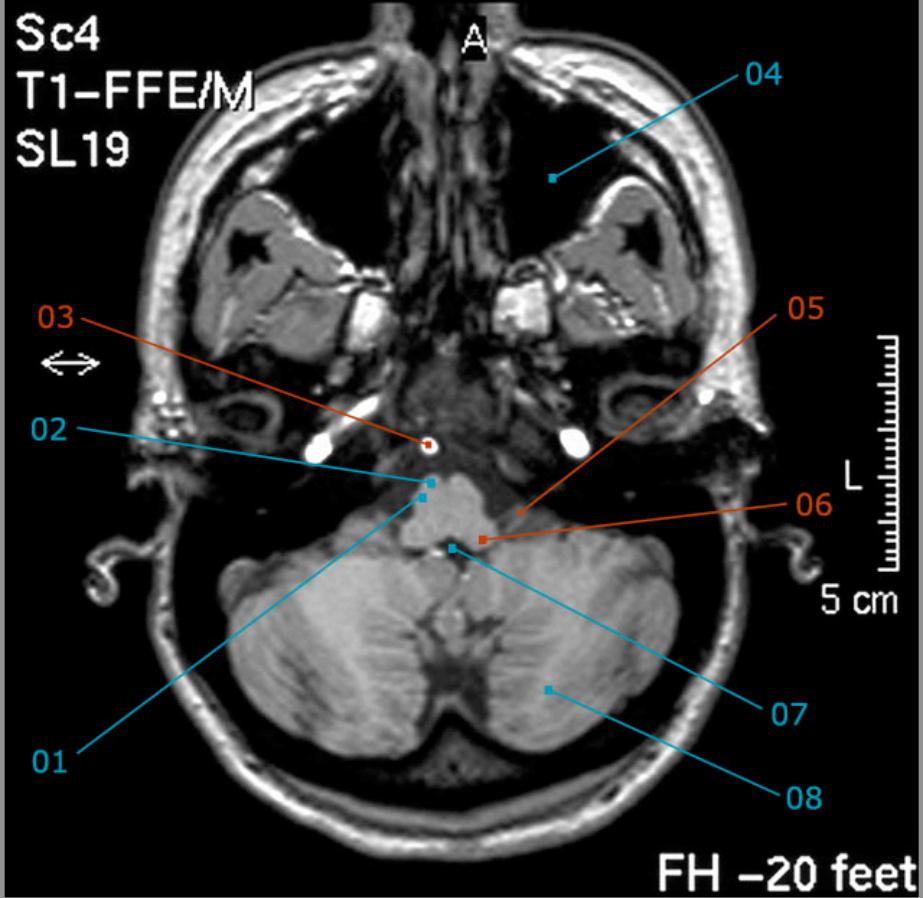
<http://shifz.org/papers/nmr.pdf>



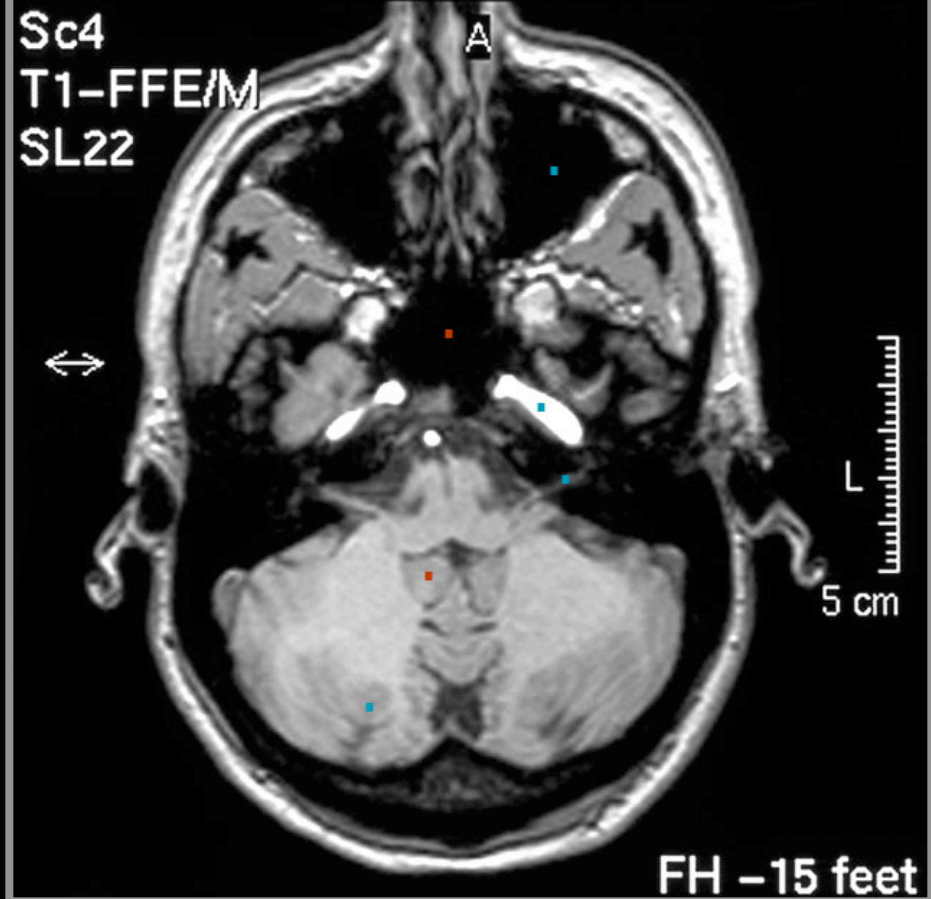
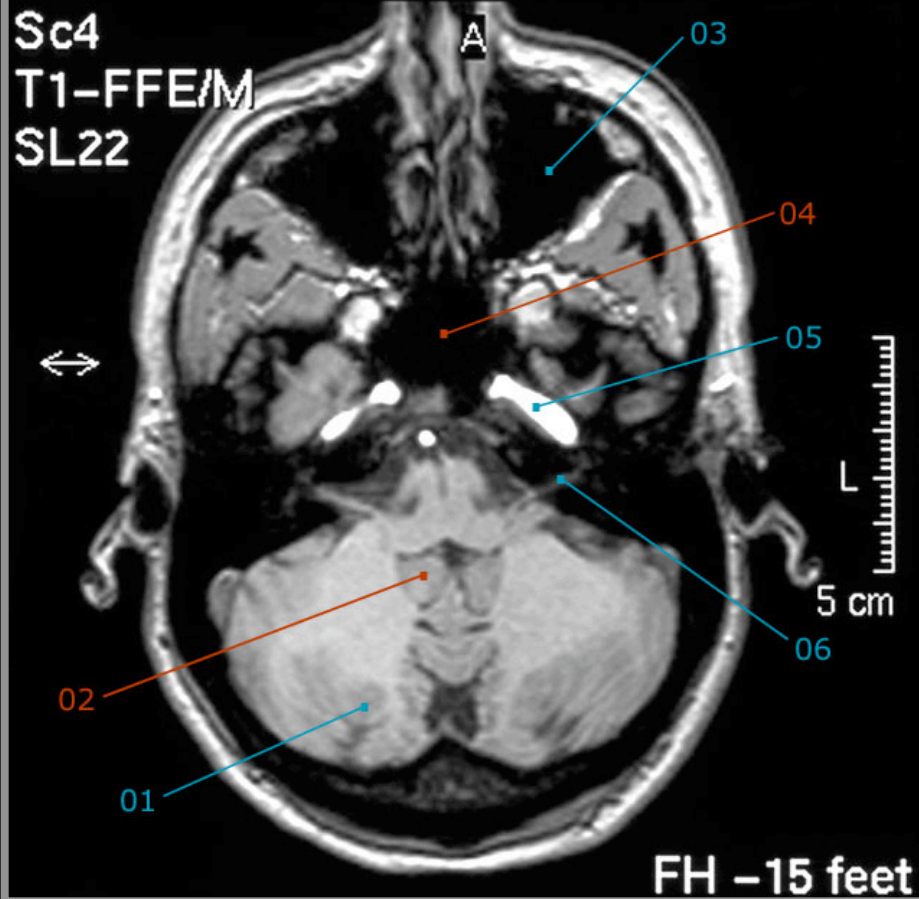
- 01 – Medulla oblongata
- 02 – A. vertebralis
- 03 – A. carotis interna
- 04 – A. cerebelli inferior posterior
- 05 – Cerebellum



- 01 – Cerebellum
- 02 – Oliva
- 03 – Pyramis
- 04 – Sinus maxillaris
- 05 – A. carotis interna
- 06 – Aa. vertebrales / A. basilaris
- 07 – Ventriculus quartus



- 01 – Oliva
- 02 – Pyramis
- 03 – A. basilaris**
- 04 – Sinus maxilaris
- 05 – N. glossopharyngeus et N. vagus (Nn. IX et X)**
- 06 – Pedunculus cerebellaris inferior**
- 07 – Ventriculus quartus
- 08 – Cerebellum



01 – Cerebellum

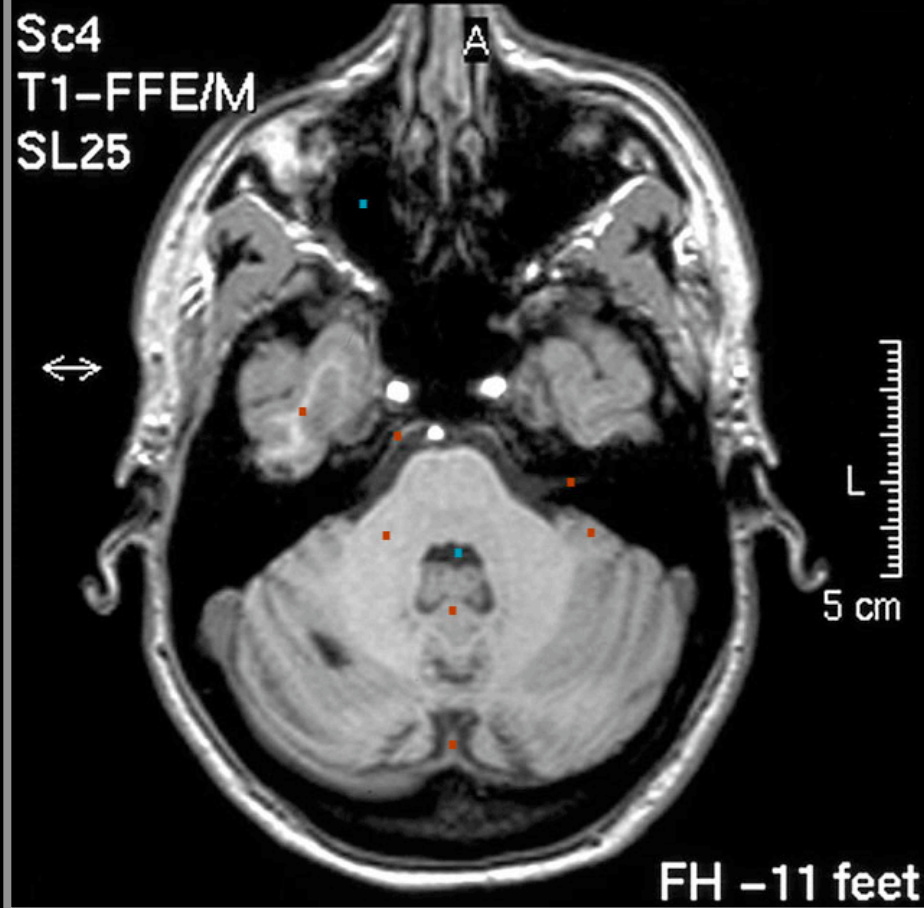
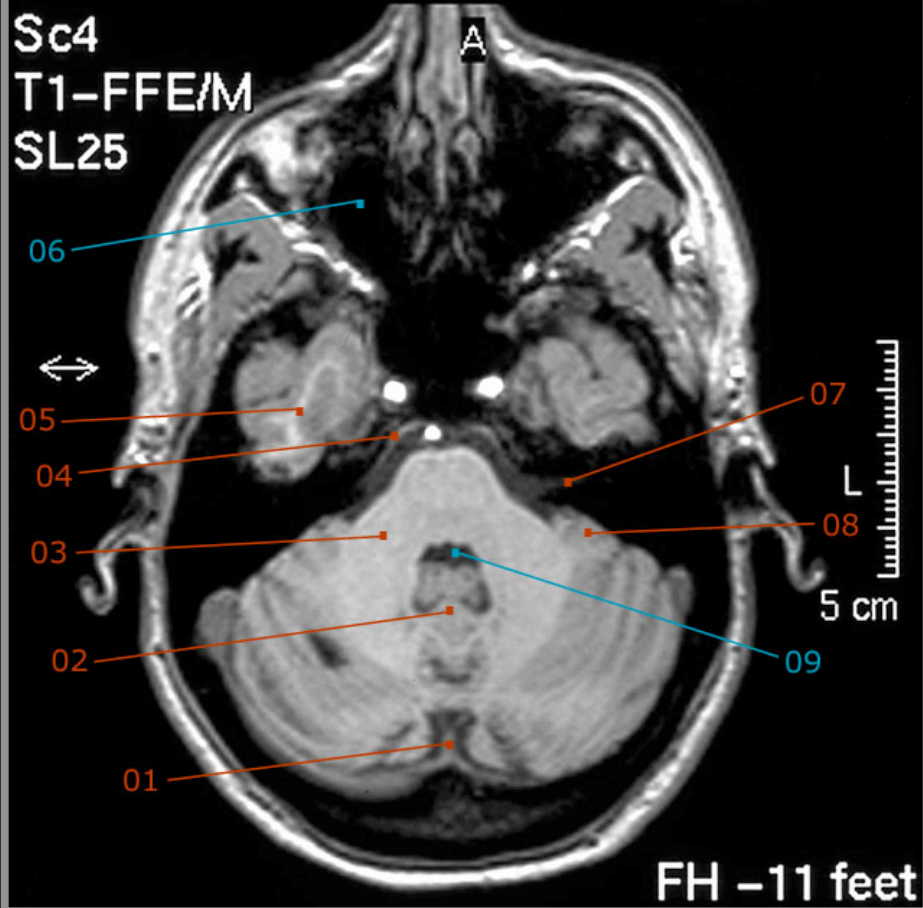
02 – Tonsilla cerebelli

03 – Sinus maxillaris

04 – Sinus sphenoidalis

05 – A. carotis interna

06 – N. glossopharyngeus et N. vagus (Nn. IX et X)



01 – Cisterna cerebellomedullaris

02 – Nodulus (Vermis)

03 – Pedunculus cerebellaris medius

04 – A. cerebelli inferior anterior

05 – Lobus temporalis

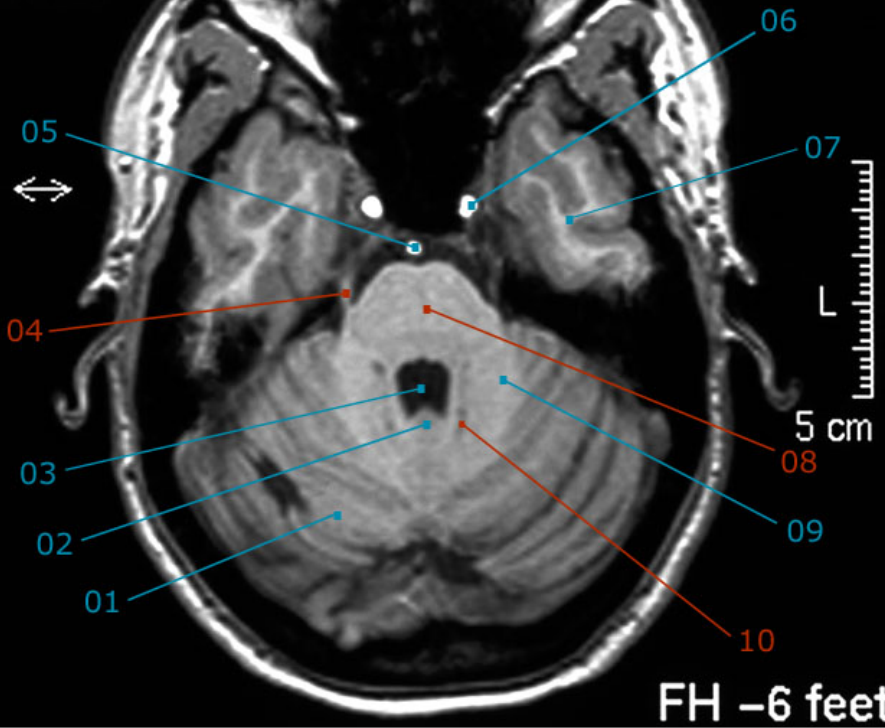
06 – Sinus maxillaris

07 – Meatus acusticus internus

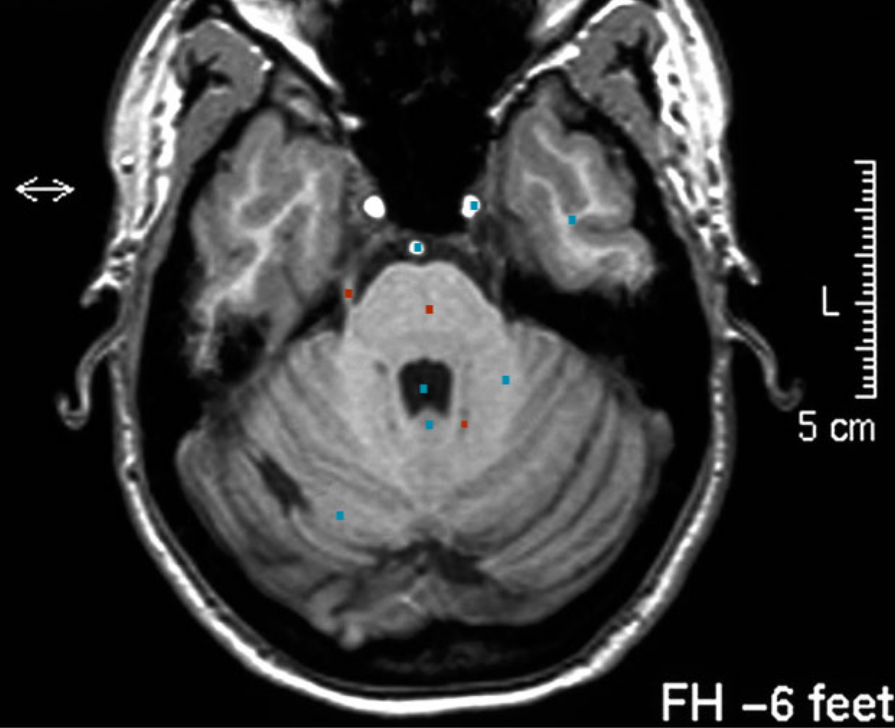
08 – Flocculus

09 – Ventriculus quartus

Sc4
T1-FFE/M
SL28



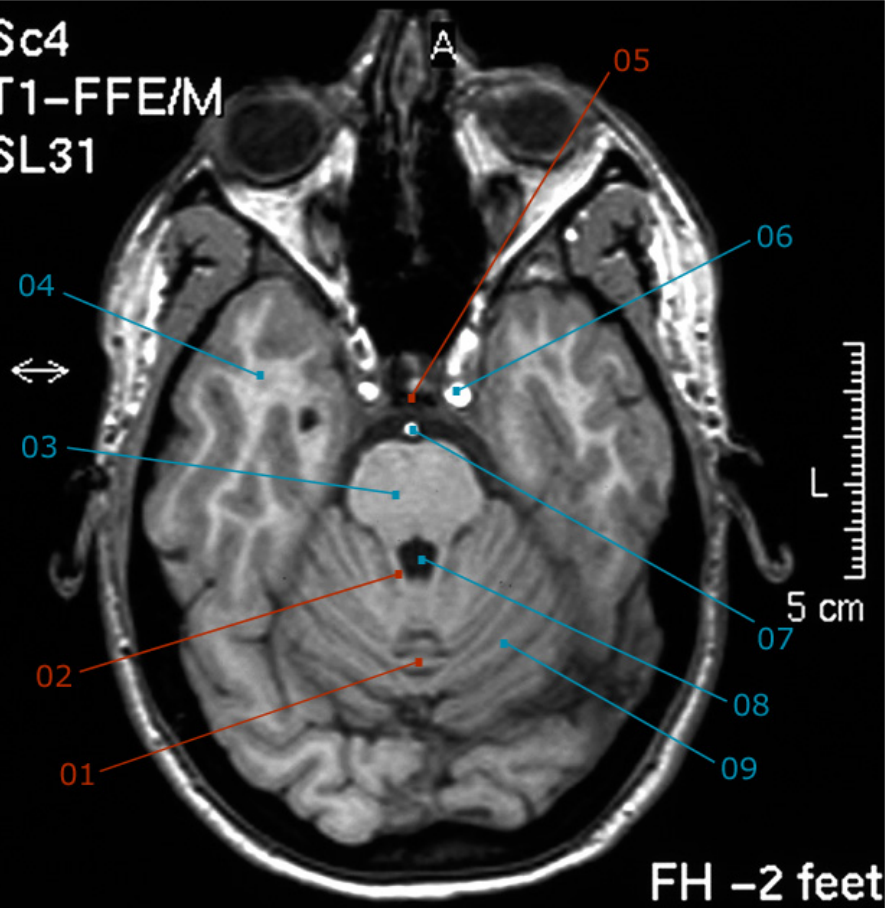
Sc4
T1-FFE/M
SL28



- 01 – Cerebellum
- 02 – Nodulus (Vermis)
- 03 – Ventriculus quartus
- 04 – N. trigeminus (N. V)**
- 05 – A. basilaris
- 06 – A. carotis interna
- 07 – Lobus temporalis

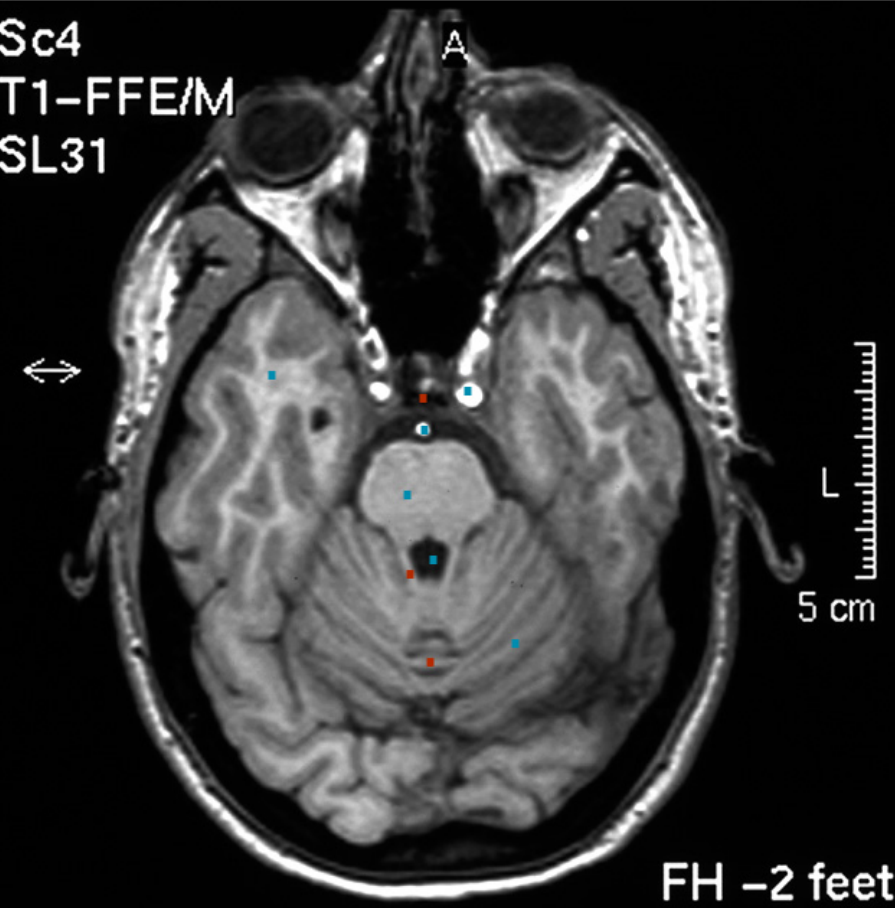
- 08 – Pons**
- 09 – Pedunculus cerebellaris medius
- 10 – Nucleus dentatus**

Sc4
T1-FFE/M
SL31



FH -2 feet

Sc4
T1-FFE/M
SL31



FH -2 feet

01 – Vermis cerebelli

02 – Pedunculus cerebellaris superior

03 – Pons

04 – Lobus temporalis

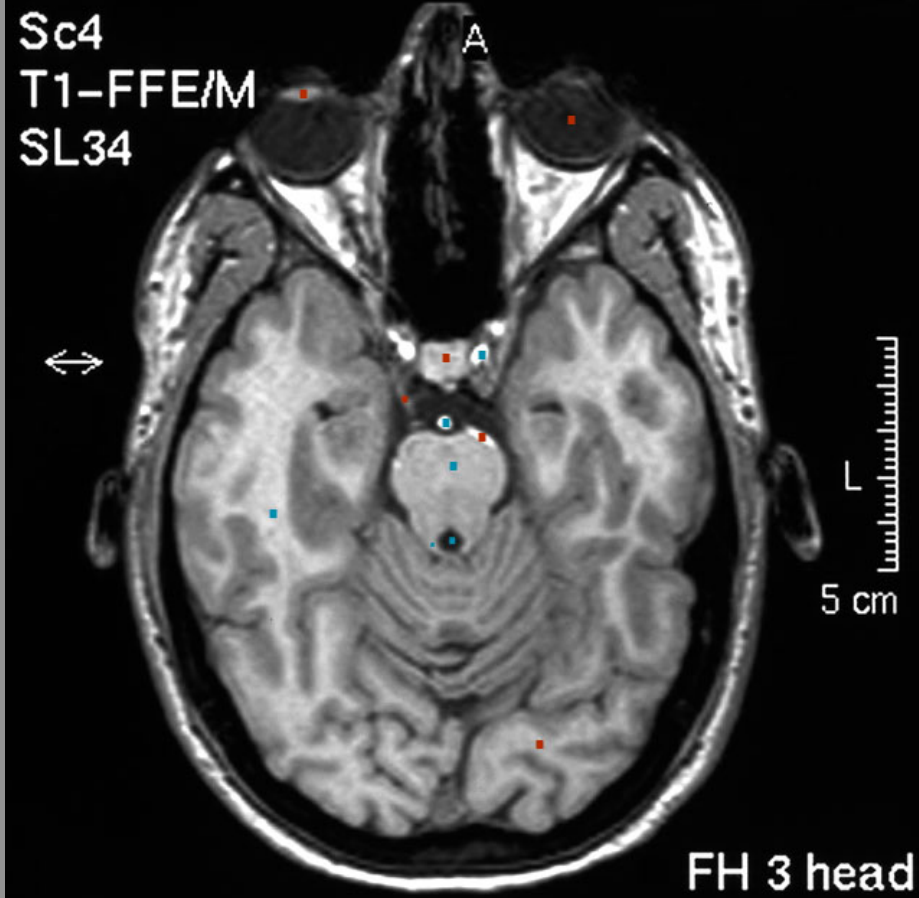
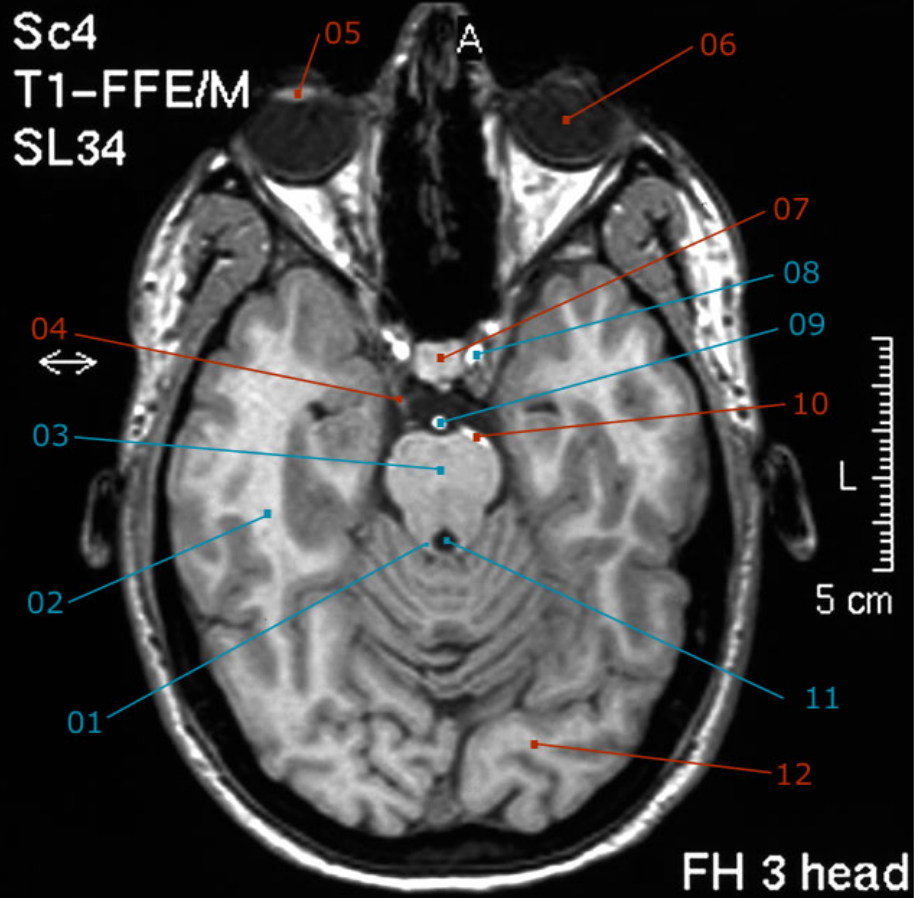
05 – Sinus cavernosus

06 – A. carotis interna

07 – A. basilaris

08 – Ventriculus quartus

09 – Cerebellum



01 – Pedunculus cerebellaris superior

02 – Lobus temporalis

03 – Pons

04 – N. oculomotorius (N. III)

05 – Lens

06 – Bulbus oculi

07 – Hypophysis

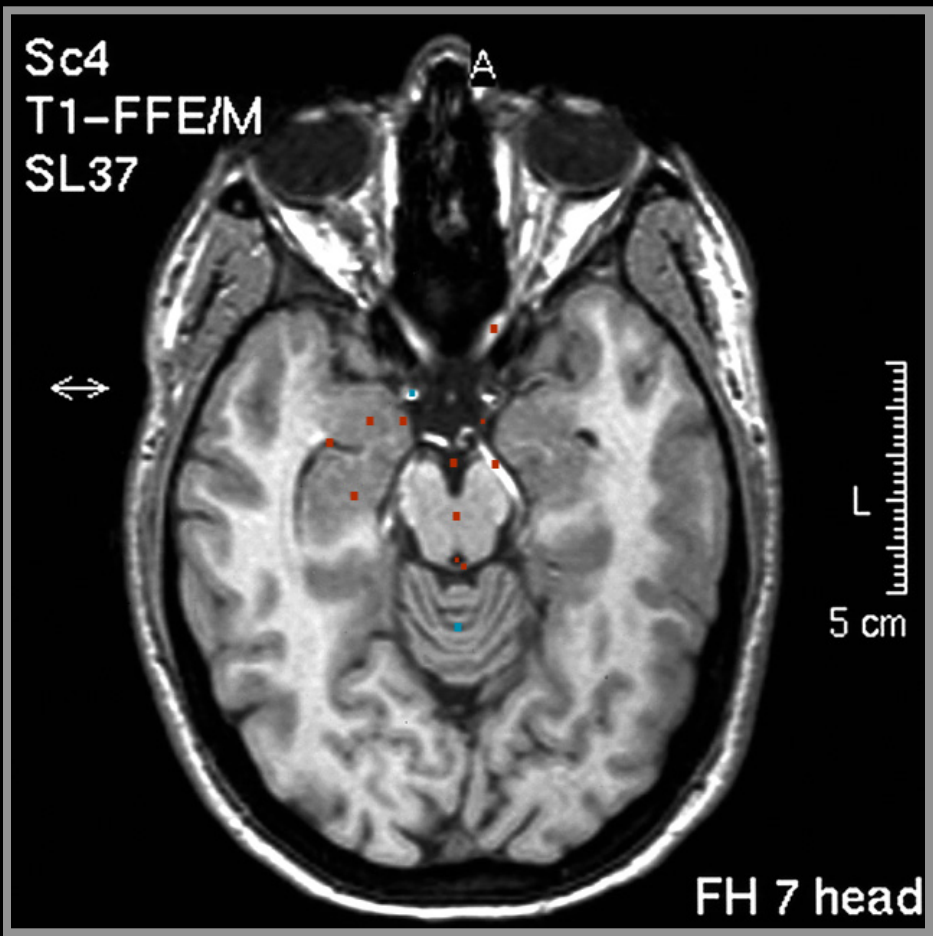
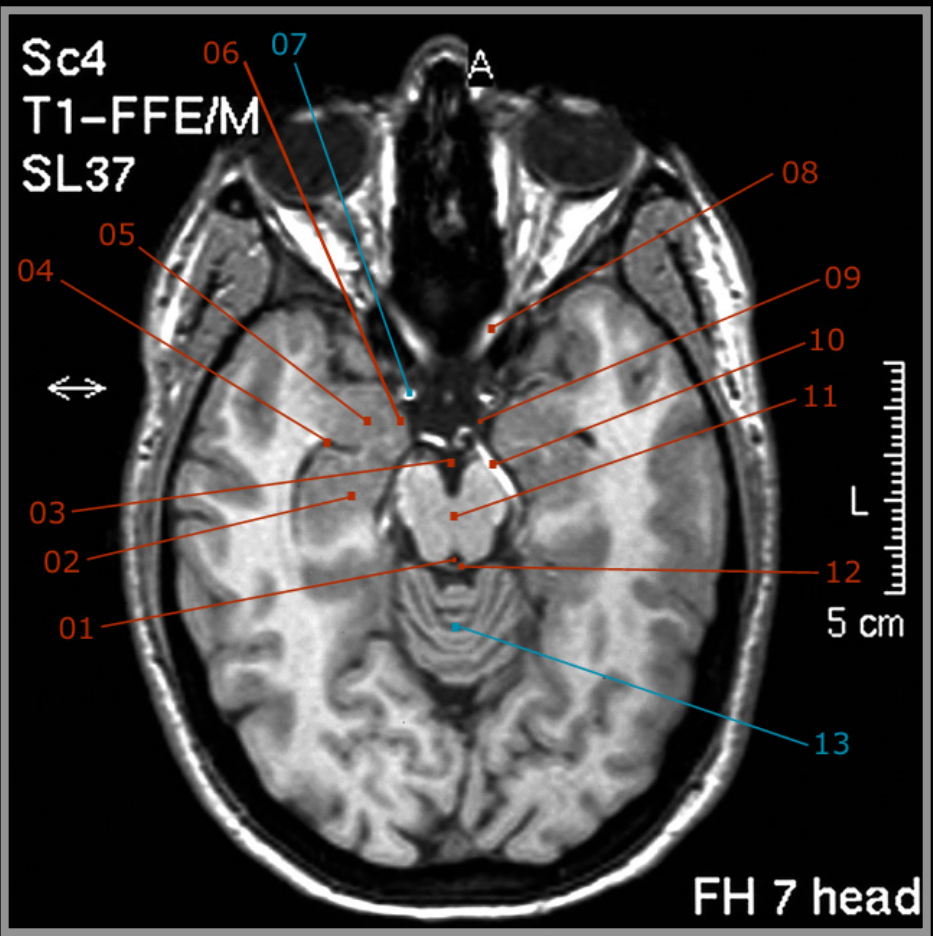
08 – A. carotis interna

09 – A. basilaris

10 – A. cerebelli superior

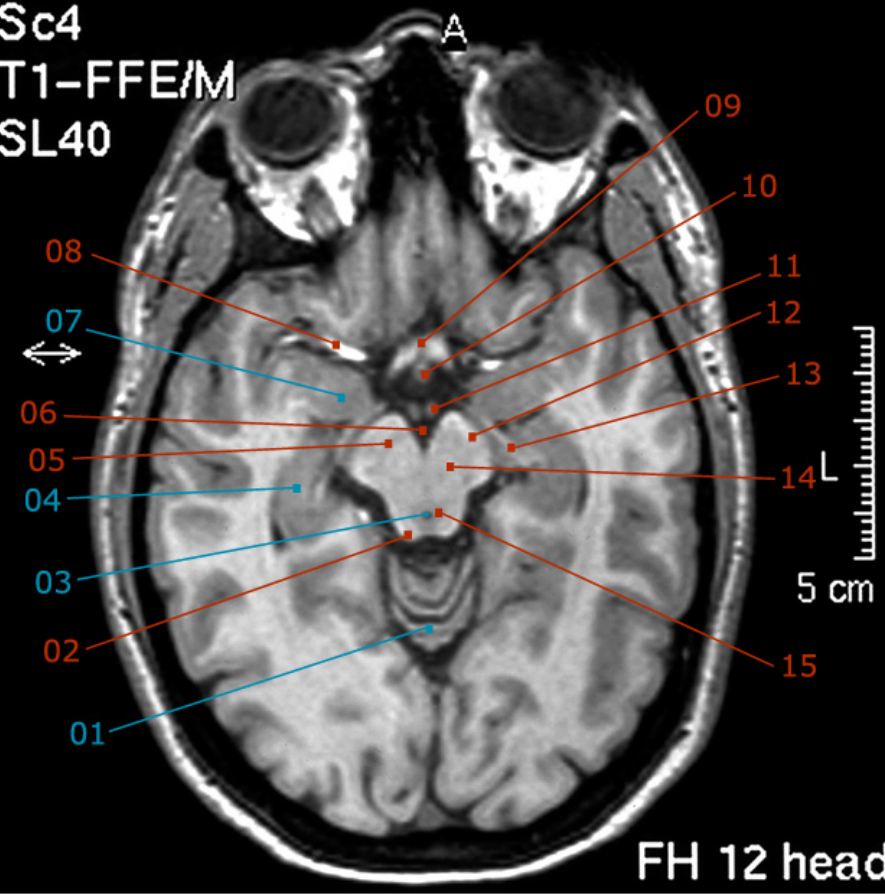
11 – Ventriculus quartus

12 – Lobus occipitalis

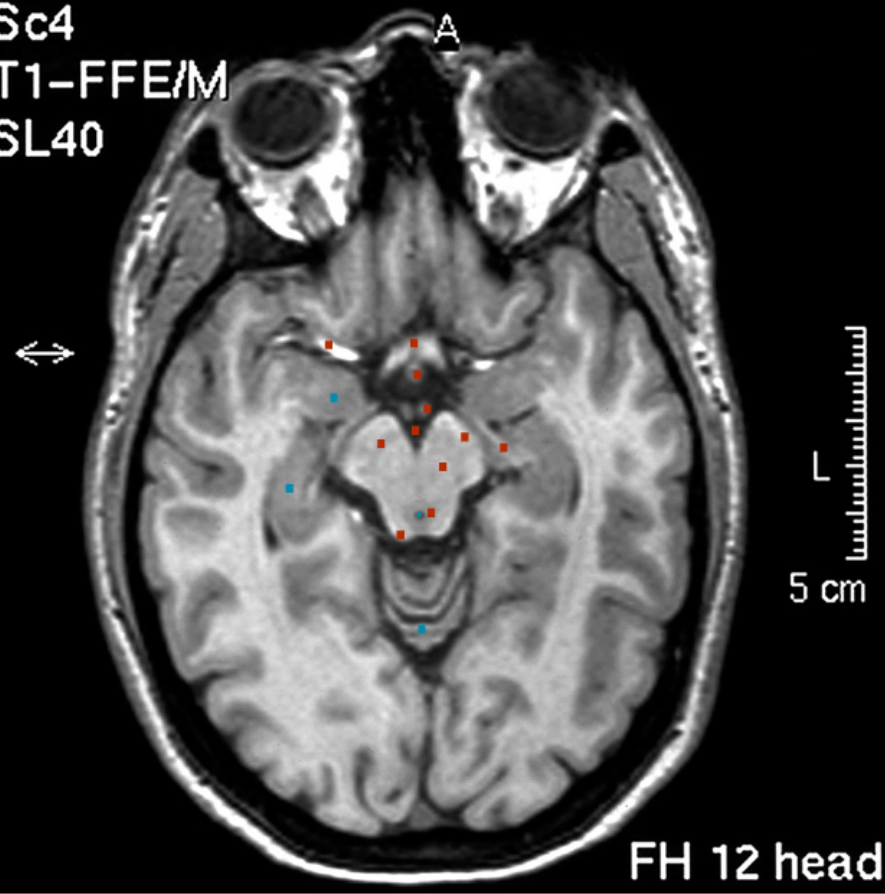


- | | |
|---|-------------------------------|
| 01 – Aquaeductus cerebri (Sylvii) | 08 – N. opticus (N. II) |
| 02 – Hippocampus | 09 – A. communicans posterior |
| 03 – Cisterna interpeduncularis | 10 – A. cerebri posterior |
| 04 – Ventriculus lateralis, Cornu temporale | 11 – Mesencephalon |
| 05 – Corpus amygdaloideum | 12 – Velum medullare superius |
| 06 – Uncus | 13 – Cerebellum |
| 07 – A. carotis interna | |

Sc4
T1-FFE/M
SL40

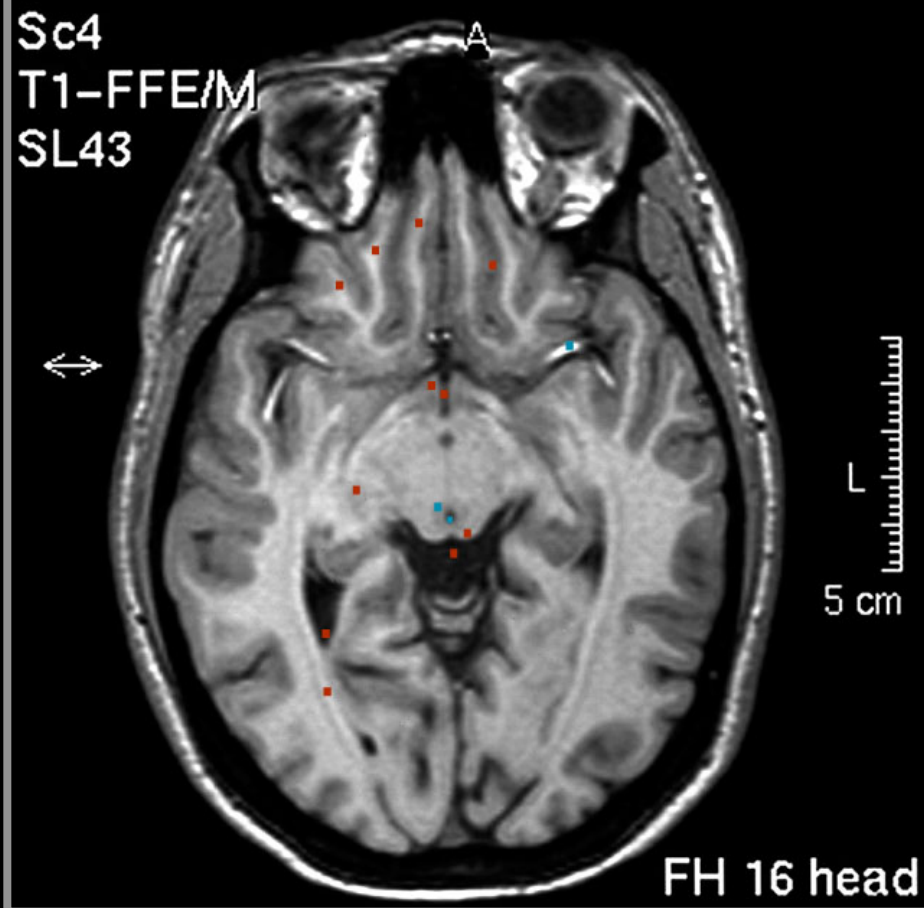
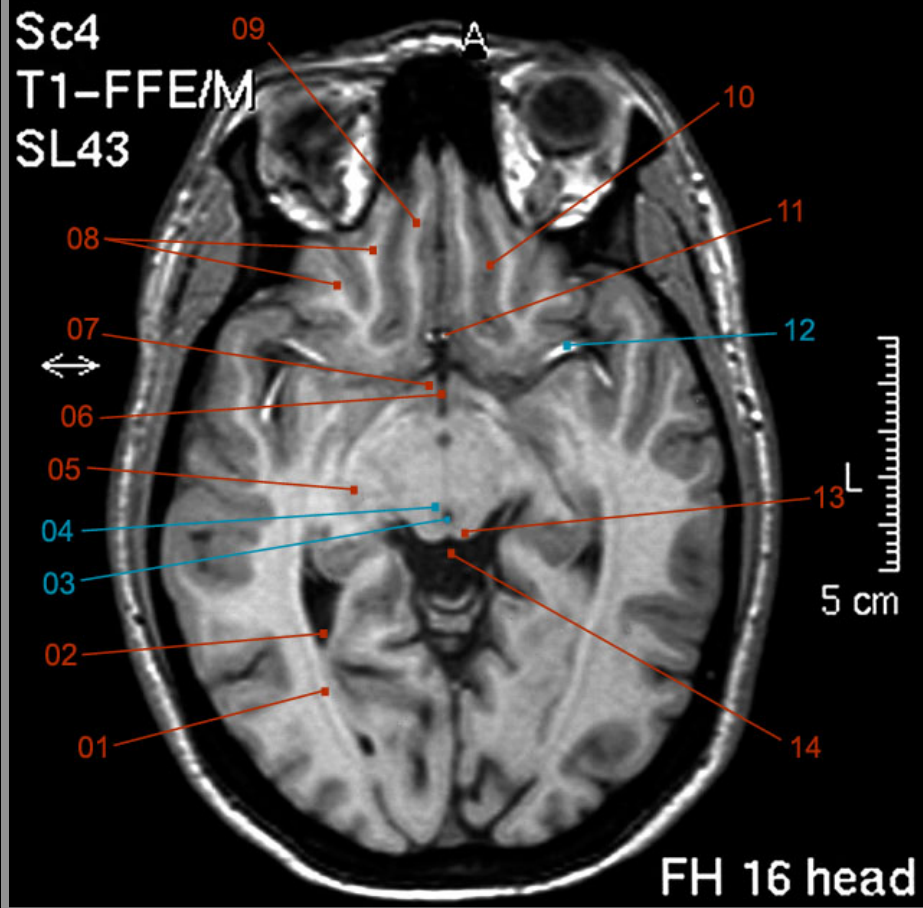


Sc4
T1-FFE/M
SL40



- 01 – Cerebellum
- 02 – Lamina quadrigemina, Colliculus inferior
- 03 – Aquaeductus cerebri (Sylvii)
- 04 – Hippocampus
- 05 – Substantia nigra
- 06 – Fossa interpeduncularis
- 07 – Corpus amygdaloideum
- 08 – A. cerebri media (in Sulcus lateralis / Fissura Sylvii)

- 09 – Chiasma opticum
- 10 – Infundibulum
- 11 – Corpus mamillare
- 12 – Crus cerebri
- 13 – Tractus opticus
- 14 – Nucleus ruber
- 15 – Substantia grisea centralis



01 – Radiatio optica

02 – Ventriculus lateralis, Cornu occipitale

03 – Aquaeductus cerebri (Sylvii)

04 – Substantia grisea centralis

05 – Corpus geniculatum laterale

06 – Ventriculus tertius

07 – Hypothalamus

08 – Gyri orbitales

09 – Gyrus rectus

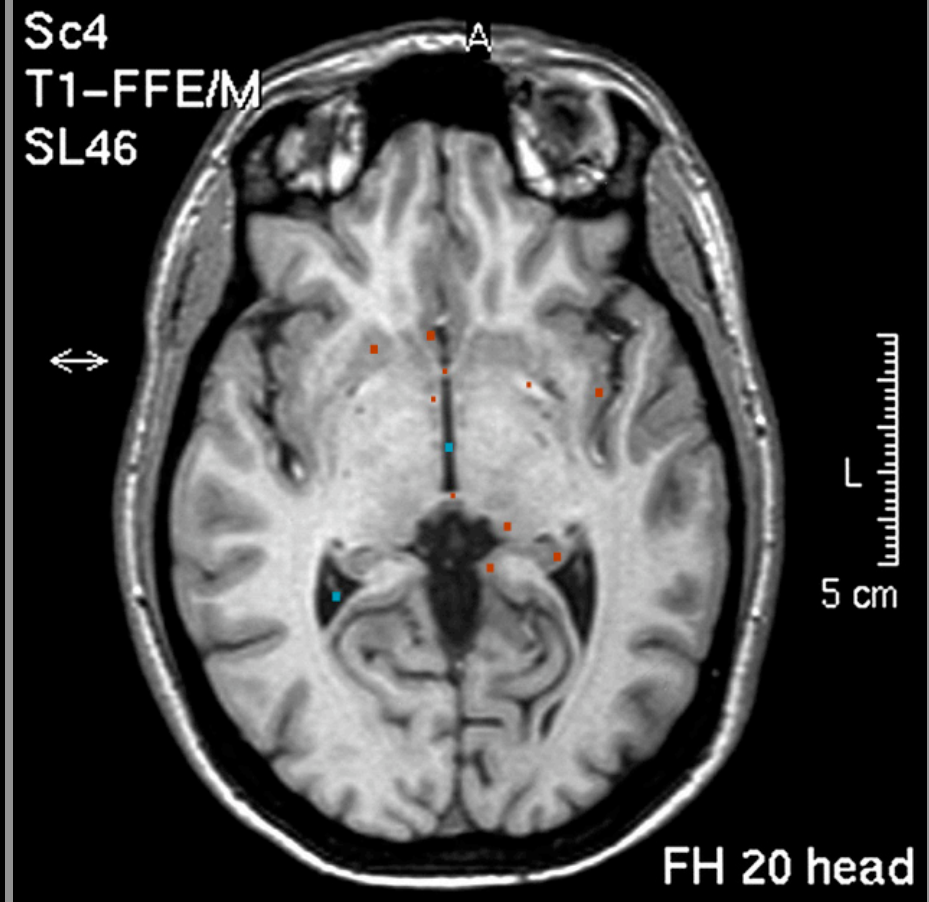
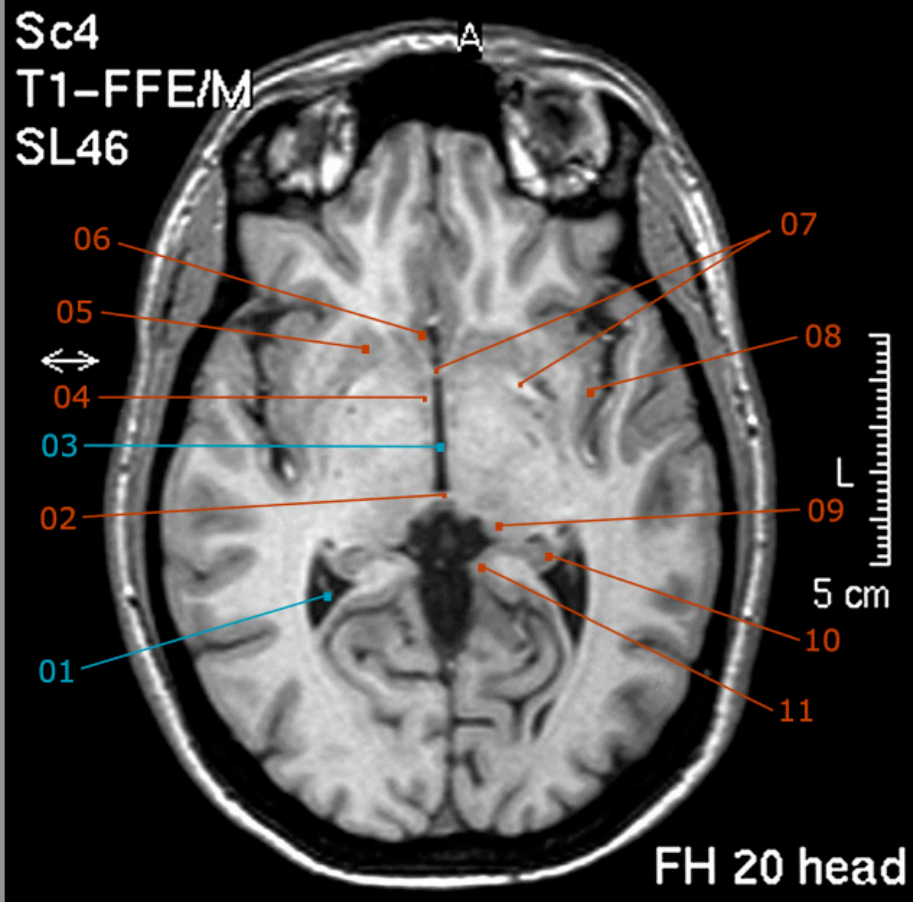
10 – Sulcus olfactorius

11 – A. cerebri anterior

12 – A. cerebri media

13 – Lamina quadrigemina, Colliculus superior

14 – Cisterna ambiens



01 – Ventriculus lateralis et Plexus choroideus

02 – Commissura posterior

03 – Ventriculus tertius

04 – Fornix, Columna

05 – Putamen

06 – Gyrus subcallosa

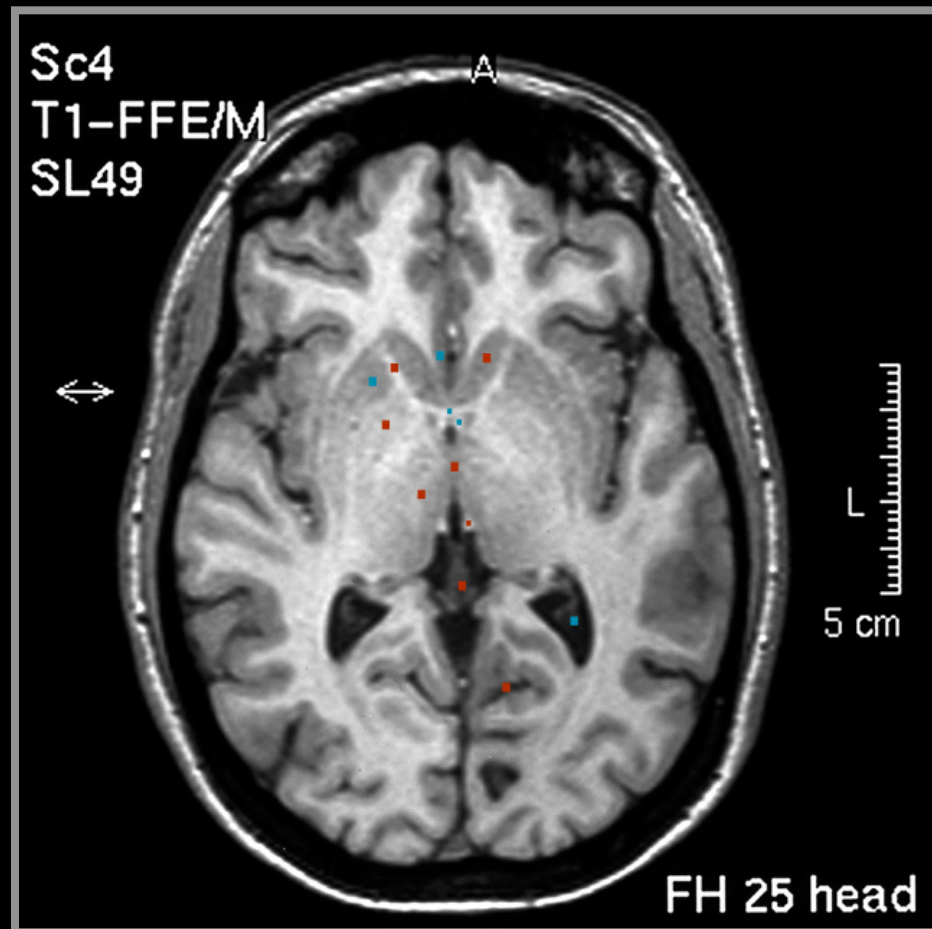
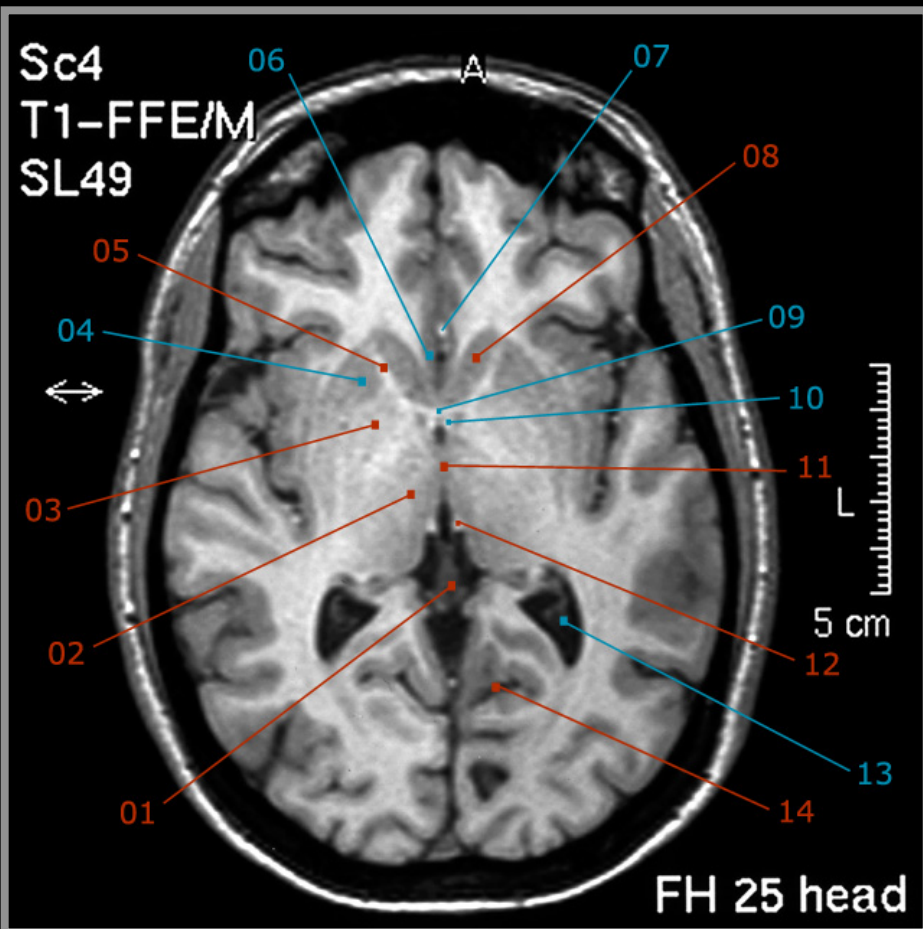
07 – Commissura anterior

08 – Insula

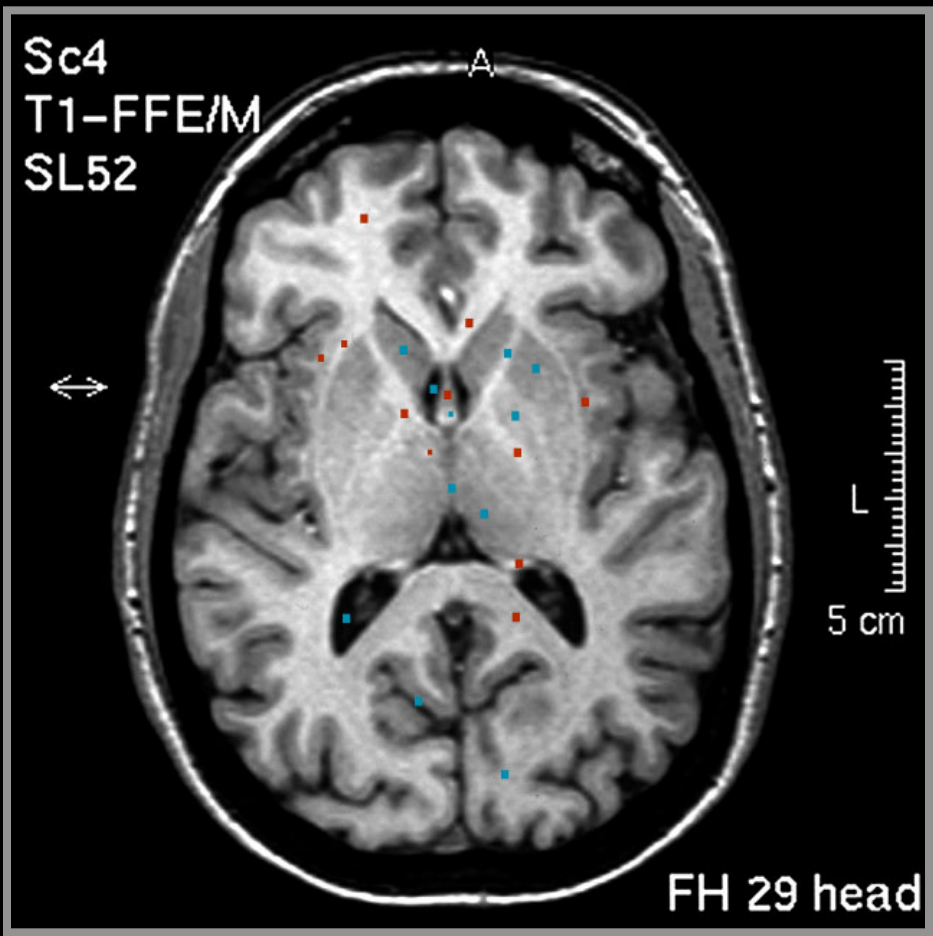
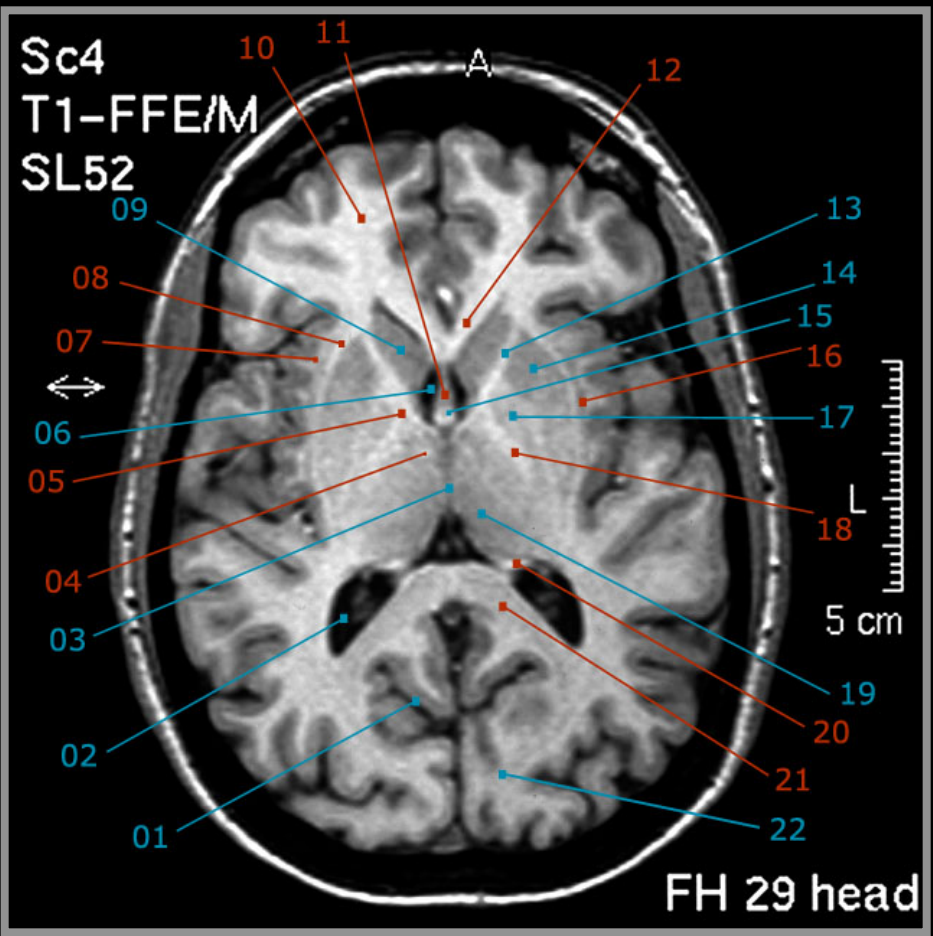
09 – Corpus geniculatum mediale

10 – Gyrus dentatus

11 – Gyrus parahippocampalis



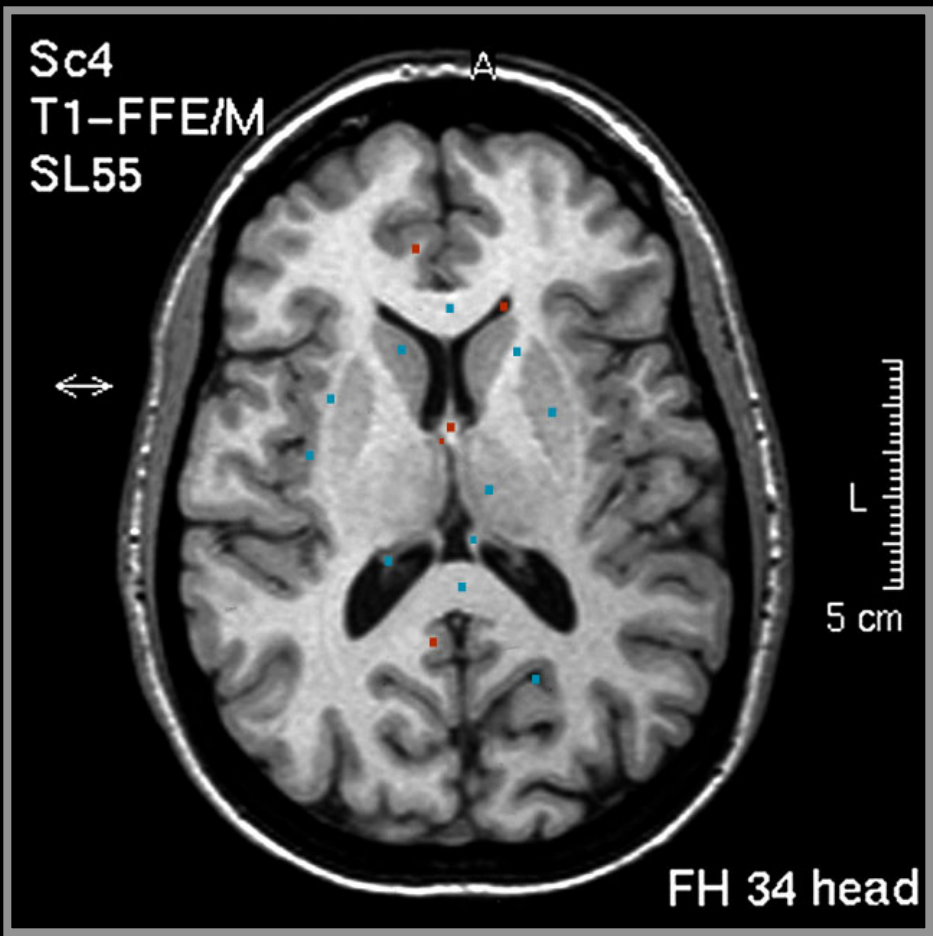
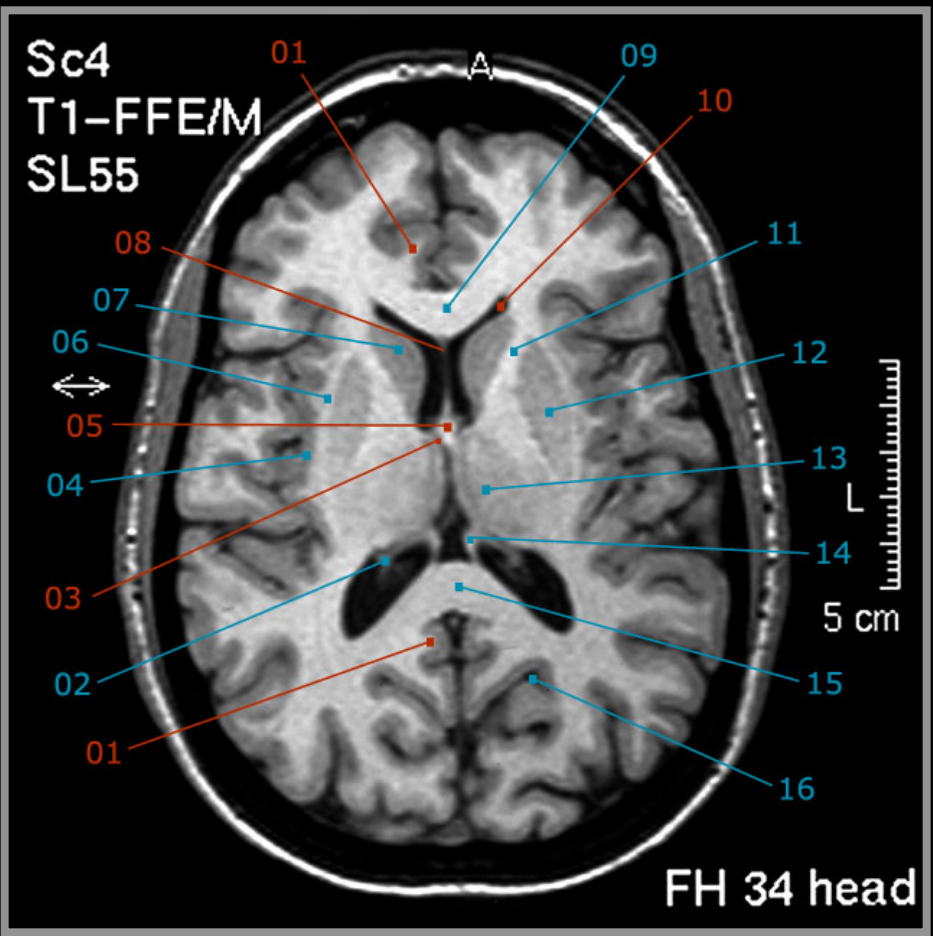
- | | |
|-------------------------------------|---|
| 01 – Corpus pineale | 08 – Nucleus caudatus, Caput |
| 02 – Thalamus | 09 – Commissura anterior |
| 03 – Globus pallidus | 10 – Fornix, Columna |
| 04 – Putamen | 11 – Adhaesio interthalamica |
| 05 – Capsula interna, Crus anterior | 12 – Trigonum habenulare, Nuclei habenulares |
| 06 – Gyrus subcallosa | 13 – Ventriculus lateralis et Plexus choroideus |
| 07 – A. cerebri anterior | 14 – Sulcus calcarinus |



- 01 – Sulcus calcarinus
- 02 – Ventriculus lateralis et Plexus choroideus
- 03 – Adhaesio interthalamica
- 04 – Tractus mamillothalamicus**
- 05 – Capsula interna, Genu**
- 06 – Ventriculus lateralis
- 07 – Capsula extrema**

- 08 – Capsula externa**
- 09 – Nucleus caudatus, Caput
- 10 – Lobus frontalis**
- 11 – Nuclei septi**
- 12 – Corpus callosum, Genu**
- 13 – Capsula interna, Crus anterior
- 14 – Putamen
- 15 – Fornix, Columna

- 16 – Claustrum**
- 17 – Globus pallidus
- 18 – Capsula interna, Crus posterior**
- 19 – Thalamus
- 20 – Fornix, Crus**
- 21 – Corpus callosum, Splenium**
- 22 – Lobus occipitalis



01 – Gyrus cinguli

02 – Plexus choroideus, Ventriculus lateralis

03 – Foramen Monroi (Foramen interventriculare)

04 – Insula

05 – Fornix, Corpus

06 – Capsula externa

07 – Nucleus caudatus, Caput

08 – Septum pellucidum

09 – Corpus callosum, Genu

10 – Ventriculus lateralis, Cornu frontale

11 – Capsula interna, Crus anterior

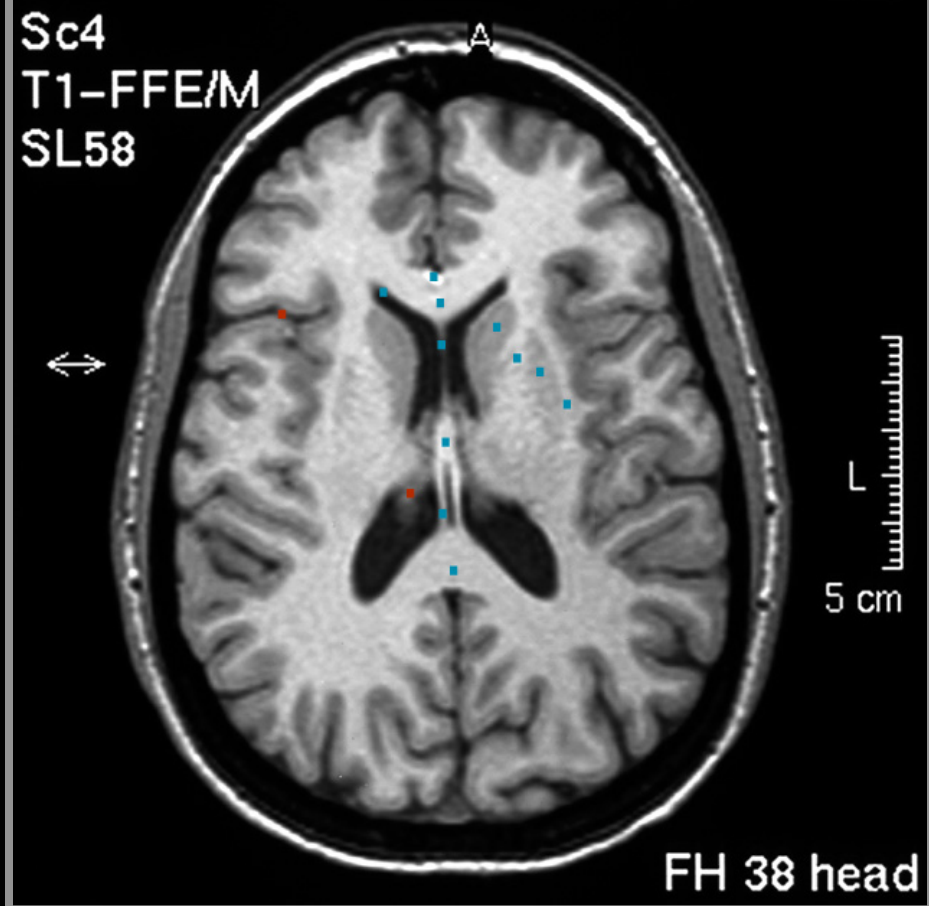
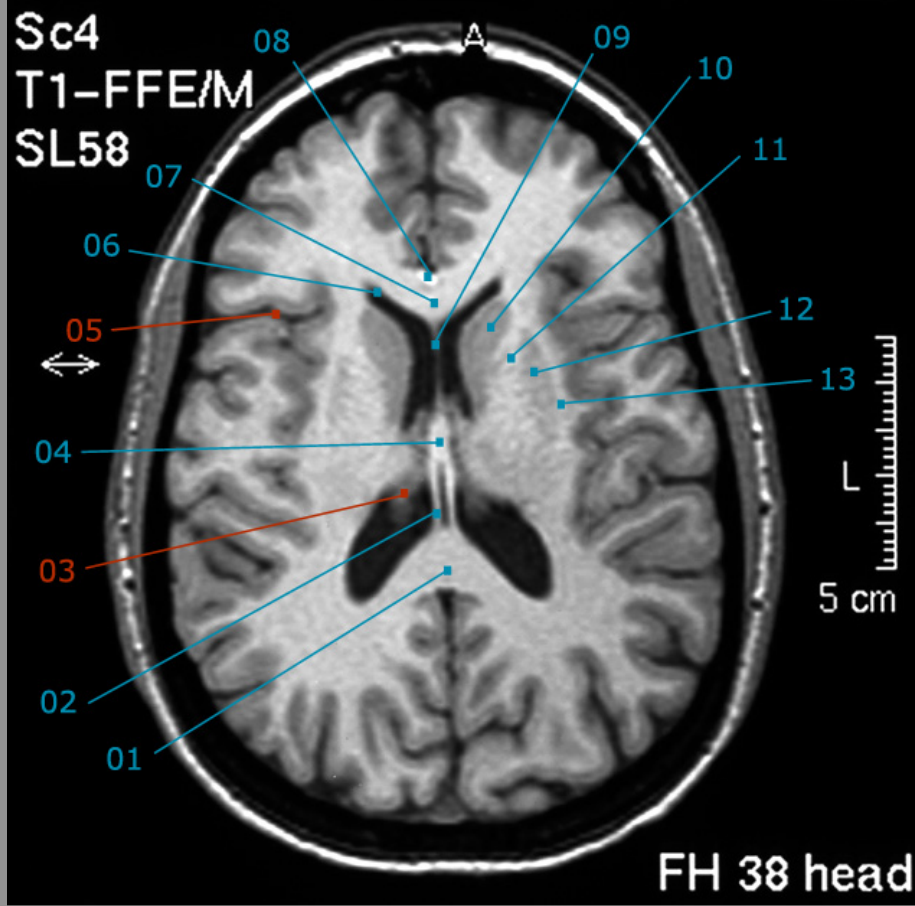
12 – Putamen

13 – Thalamus

14 – Fornix, Crus

15 – Corpus callosum, Splenium

16 – Sulcus calcarinus



01 - Corpus callosum, Splenium

02 - Fornix, Crus

03 - Plexus choroideus, Ventriculus lateralis, Pars centralis

04 - Fornix, Corpus

05 - Sulcus lateralis

06 - Ventriculus lateralis, Cornu frontale

07 - Corpus callosum, Genu

08 - A. cerebri anterior

09 - Septum pellucidum

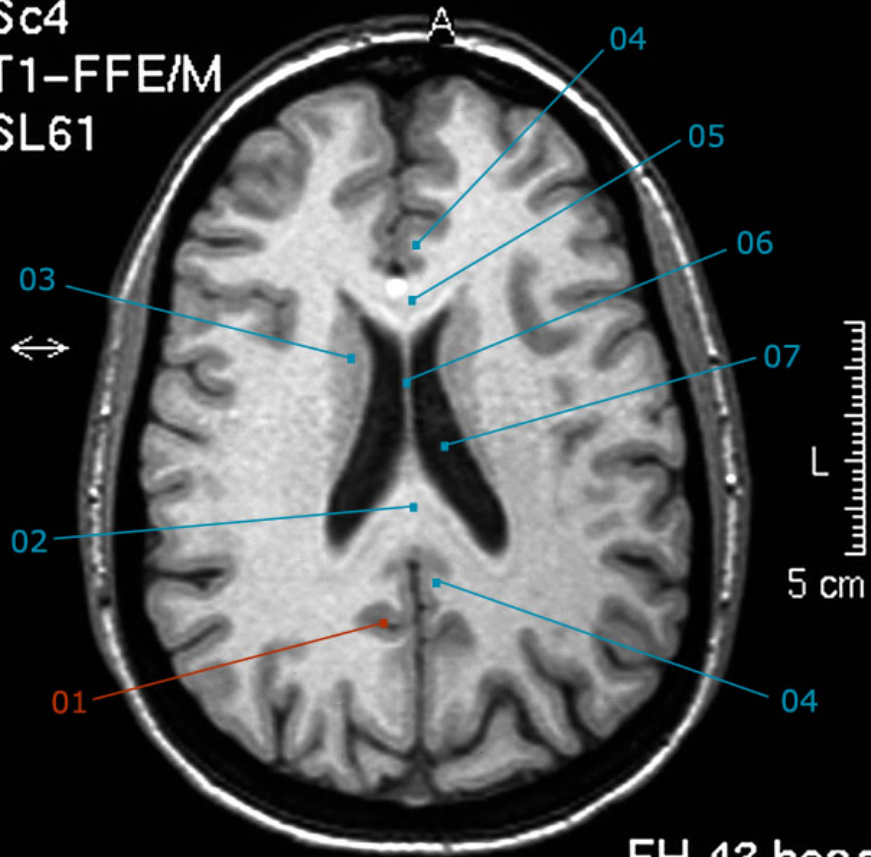
10 - Nucleus caudatus, Caput

11 - Capsula interna, Crus anterior

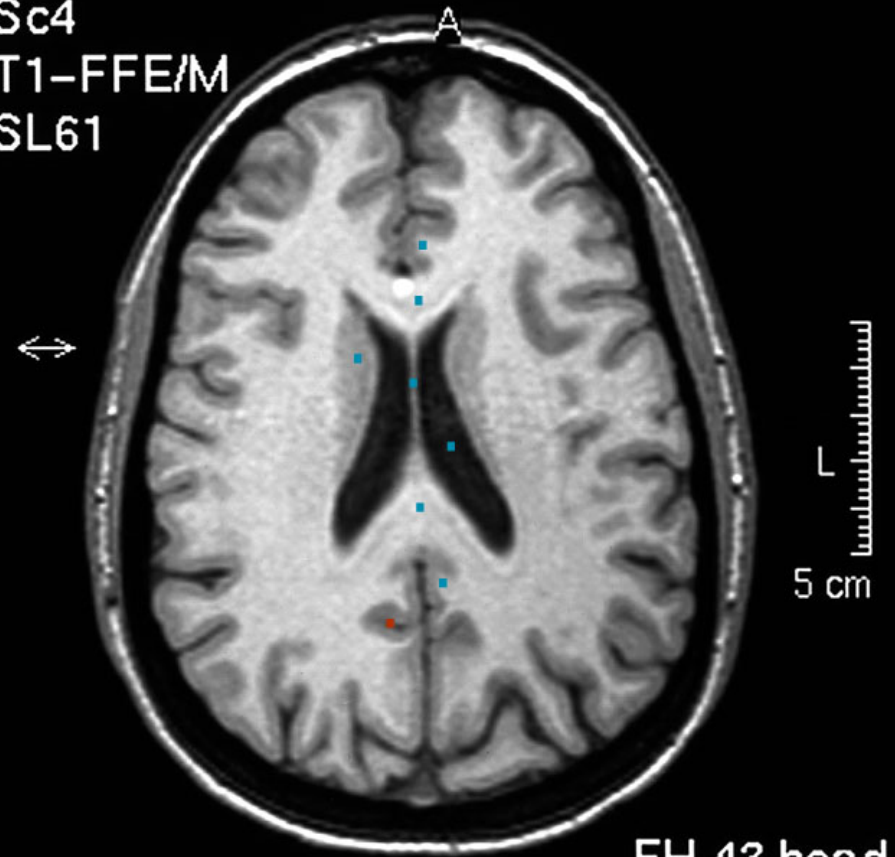
12 - Putamen

13 - Capsula externa

Sc4
T1-FFE/M
SL61



Sc4
T1-FFE/M
SL61



01 – Sulcus parietooccipitalis

02 – Corpus callosum, Splenium

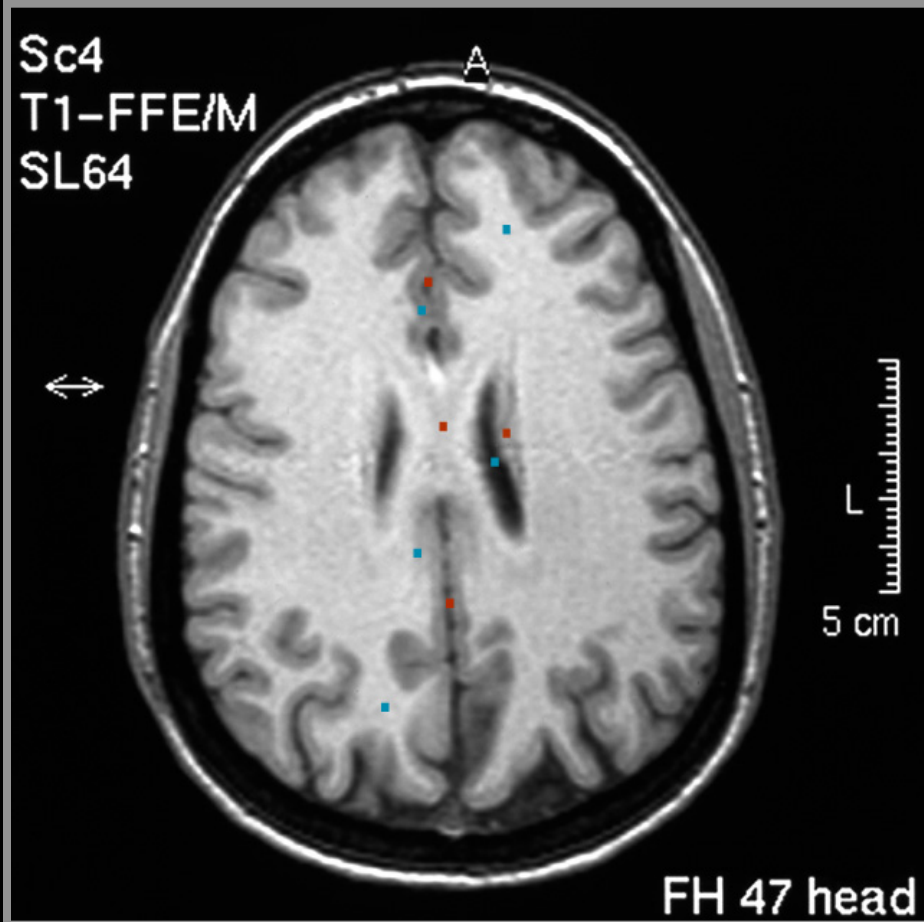
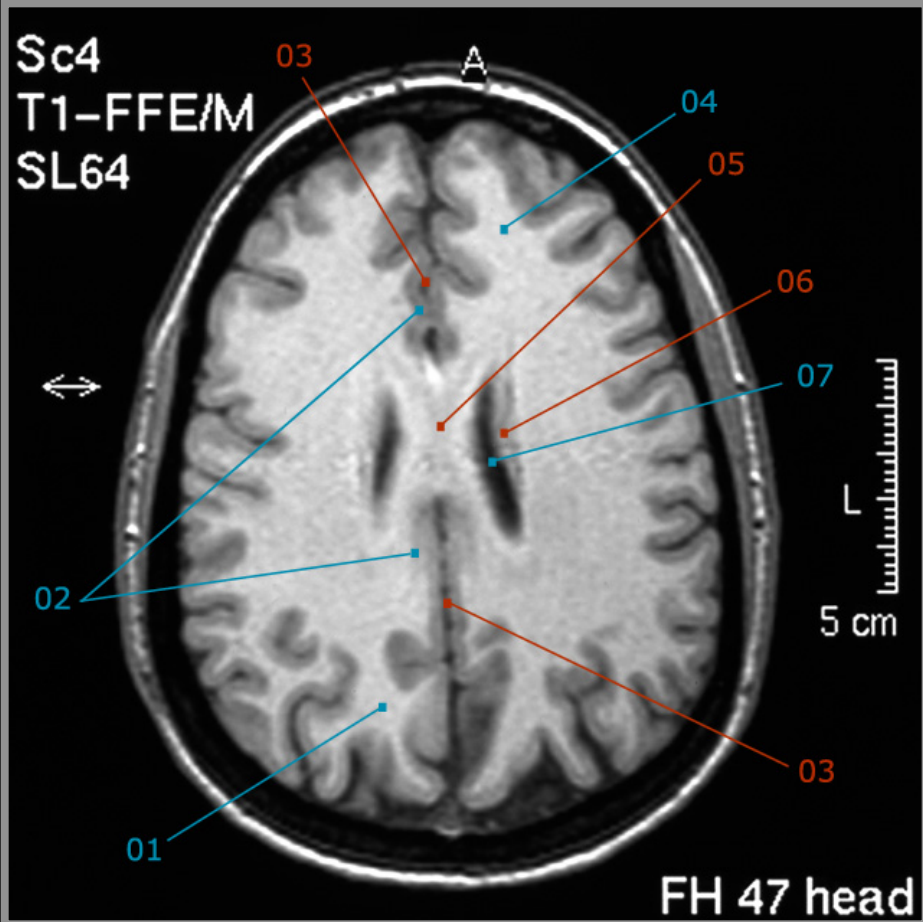
03 – Nucleus caudatus

04 – Gyrus cinguli

05 – Corpus callosum, Genu

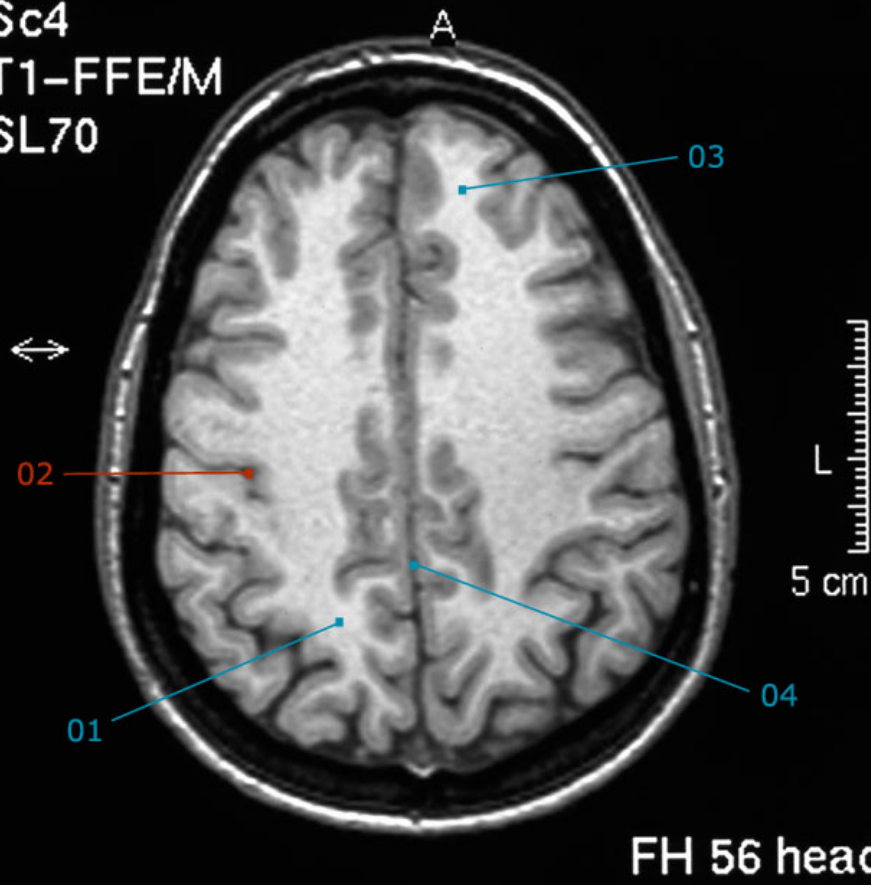
06 – Septum pellucidum

07 – Ventriculus lateralis, Pars centralis

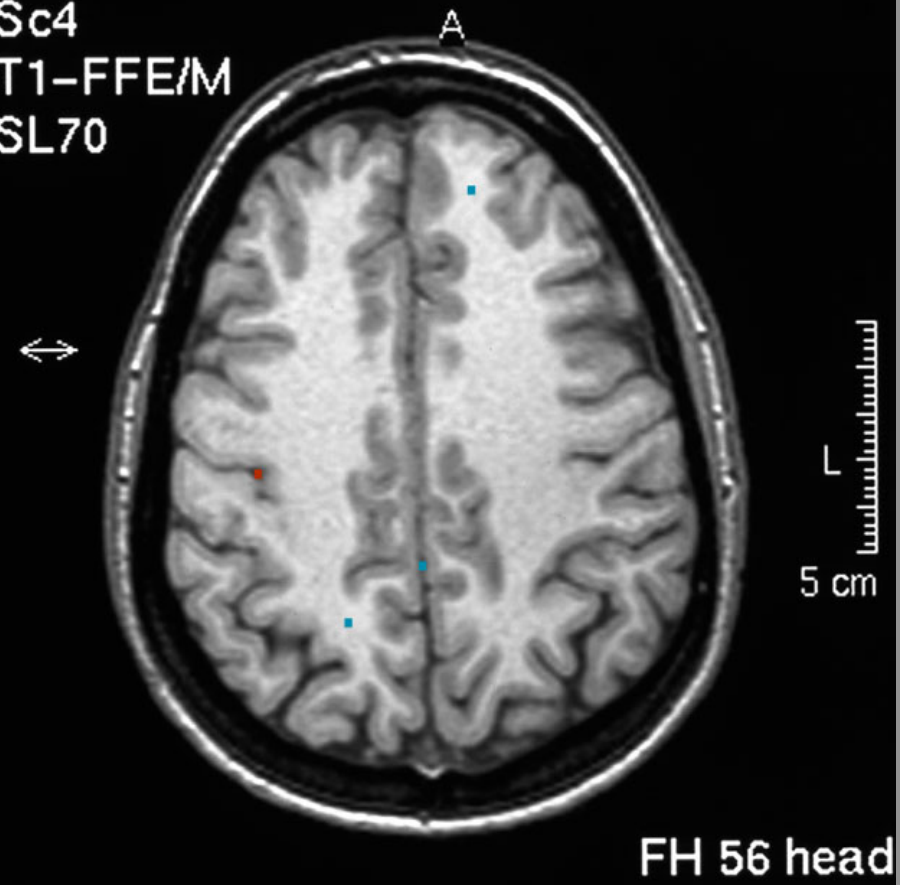


- 01 - Lobus occipitalis
- 02 - Gyrus cinguli
- 03 - Fissura longitudinalis cerebri**
- 04 - Lobus frontalis
- 05 - Corpus callosum, Truncus**
- 06 - Nucleus caudatus, Corpus**
- 07 - Ventriculus lateralis, Pars centralis

Sc4
T1-FFE/M
SL70



Sc4
T1-FFE/M
SL70



01 - Lobus occipitalis

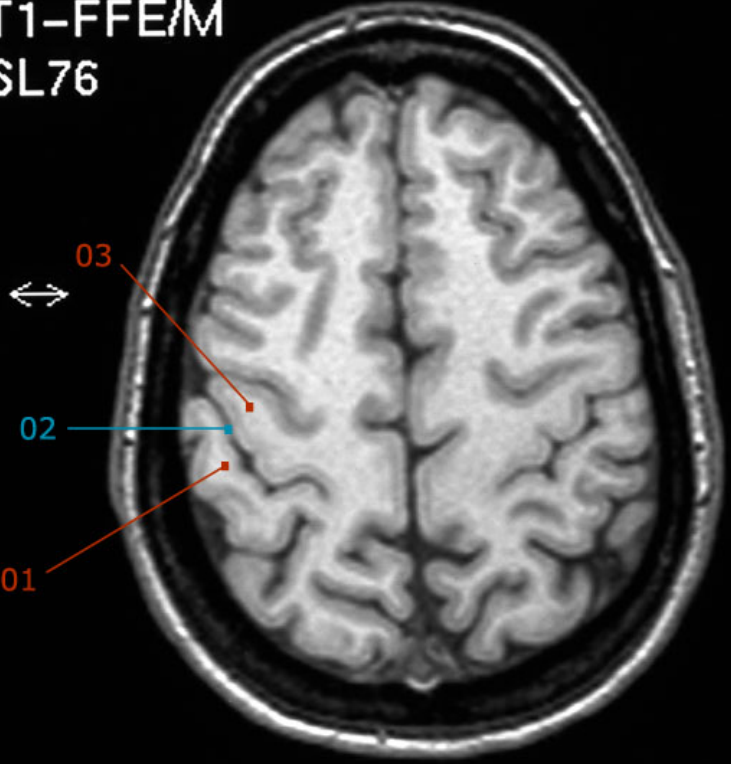
02 - Sulcus centralis

03 - Lobus frontalis

04 - Fissura longitudinalis cerebri

Sc4
T1-FFE/M
SL76

A

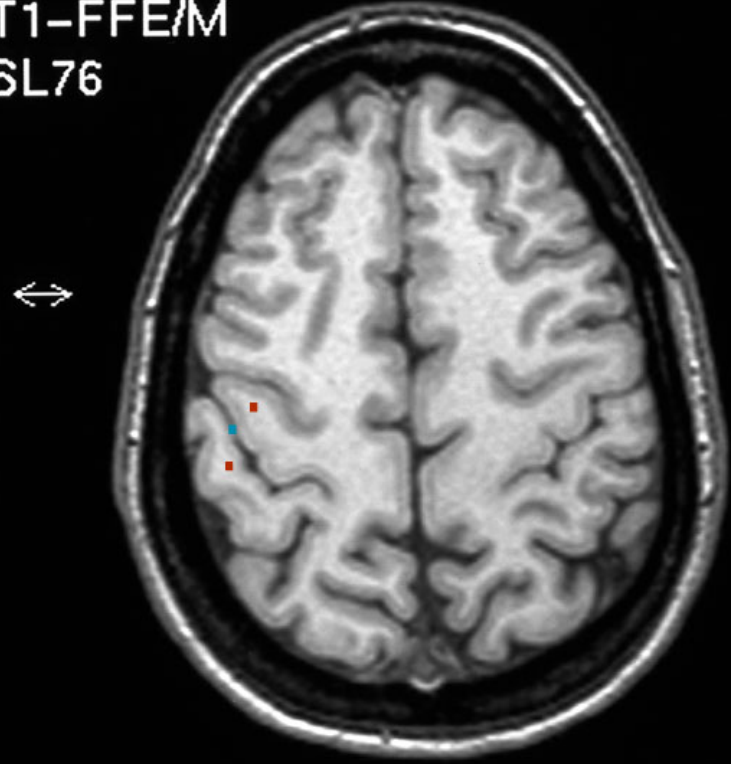


5 cm

FH 65 head

Sc4
T1-FFE/M
SL76

A



5 cm

FH 65 head

- 01 - Gyrus postcentralis**
- 02 - Sulcus centralis
- 03 - Gyrus praecentralis**

Sc4
T1-FFE/M
SL82

A

05



04

03

02

01



FH 74 head

Sc4
T1-FFE/M
SL82

A



FH 74 head

01 - Sulcus centralis

02 - Gyrus praecentralis

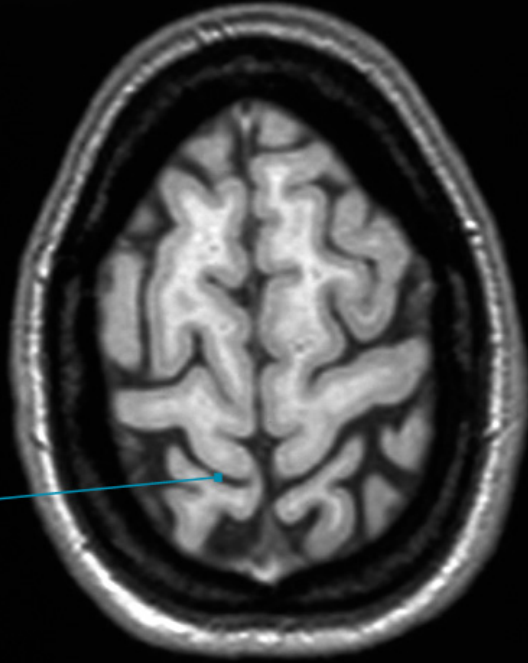
03 - Sulcus praecentralis

04 - Sulcus frontalis superior

05 - Gyrus frontalis superior

Sc4
T1-FFE/M
SL85

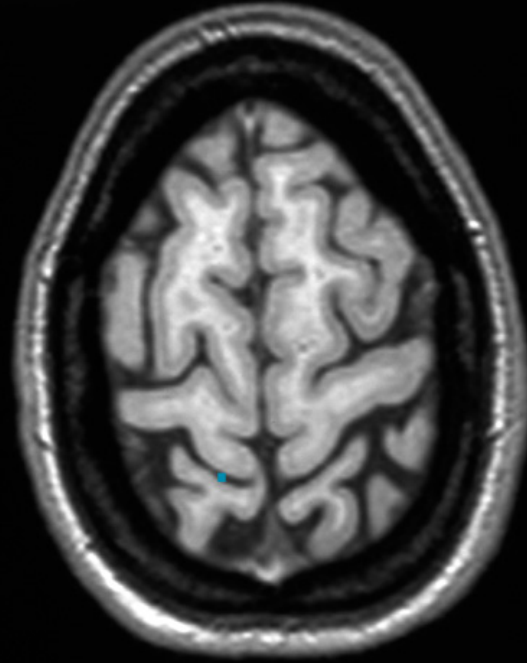
A



FH 79 head

Sc4
T1-FFE/M
SL85

A



FH 79 head

01 - Sulcus centralis