



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
University of West Attica**

***Π.Μ.Σ. ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ***

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

**Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα
πρωτόκολλα και τεχνικές**



Λαουτάρη Ειρήνη AM 1906

**Επιβλέπων: Λαβδάς Ελευθέριος – Αναπληρωτής Καθηγητής -
Διευθυντής Τομέα Ακτινολογίας και Ακτινοθεραπείας**

ΑΘΗΝΑ 2020-2021

Copyright © Λαουτάρη Ειρήνη ,2020-2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

Πρακτικό Επιτροπής Αξιολόγησης Διπλωματικής Εργασίας

Eleftherios Lavdas
Digitally signed by Eleftherios Lavdas
Date: 2021.02.24 10:31:36 +02'00'
(Όνομ/νυμο, Υπογραφή)

Dimitrios Gklotsos
Digitally signed by Dimitrios Gklotsos
Date: 2021.02.24 10:58:59 +02'00'
(Όνομ/νυμο, Υπογραφή)


Digitally signed by Spyridon Kostopoulos
(Όνομ/νυμο, Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΛΑΟΥΤΑΡΗ ΕΙΡΗΝΗ του ΜΙΧΑΗΛ με αριθμό μητρώου 1906 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ του Τμήματος ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗΣ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και - έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Η Δηλούσα



12-2-2021

Αφιερωμένο στους εξεταζόμενούς μου

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος <<Προηγμένα συστήματα και μέθοδοι στη Βιοϊατρική τεχνολογία>> του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Πριν την παρουσίαση της παρούσας διπλωματικής αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συνέβαλαν και με στήριξαν για την πραγματοποίησή της.

Πρώτα από όλα , θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας κύριο Ελευθέριο Λαβδά για την πολύτιμη καθοδήγηση και συμβολή του καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε.

Στη συνέχεια , θέλω να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου από το διαγνωστικό κέντρο Βιότυπος , Πάνου Θεόδωρο , Βασιλακάκου Καλλιόπη και Τσοντάκη Ελένη Γεωργία για τη βοήθεια και υποστήριξη καθώς συνέβαλαν περαιτέρω με τις γνώσεις τους.

Σημαντικός αρωγός στην προσπάθεια αυτή στάθηκε ο γιατρός του τμήματος μαγνητικής τομογραφίας του διαγνωστικού κέντρου που εργάζομαι κύριος Πασχαλίδης Φίλιππος και τον ευχαριστώ θερμά.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου , τους γονείς μου Μιχάλη και Νεκταρία, τον αδερφό μου Νίκο και τον μέλλον σύζυγό μου Αντώνη που μου έδιναν κουράγιο στις δύσκολες στιγμές και την ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής .

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η εμβάθυνση στη μελέτη της απεικόνισης του εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό αλλά και η παρουσίαση των νέων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται σήμερα.

Στο **πρώτο** κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανατομία, η φυσιολογία και η αγγείωση του εγκεφάλου, η νεύρωση του οργάνου και περιγράφεται και το εγκεφαλονωτιαίο υγρό.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές αρχές του μαγνητικού συντονισμού και ειδικότερα οι χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2, η αντίθεση και η ποιότητα εικόνας στο μαγνητικό συντονισμό καθώς και τα τεχνικά σφάλματα.

Στο **τρίτο** κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμβατικά πρωτόκολλα απεικόνισης του εγκεφάλου με τις παραμέτρους και τις ακολουθίες που χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλα τα τμήματα μαγνητικής τομογραφίας, όπως επίσης και τα πρωτόκολλα επιληψίας, άνοιας, γνωσιακών διαταραχών και πολλαπλής σκλήρυνσης. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύεται και το πρωτόκολλο της μαγνητικής αγγειογραφίας εγκεφάλου.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο αναλύονται οι σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης του εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό όπως η φασματοσκοπία, η λειτουργική μαγνητική τομογραφία, το perfusion και οι τεχνικές του, η πολυπαραμετρική μελέτη του εγκεφάλου, η δεσμιδογραφία, η δυναμική μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου και οι νεότερες ακολουθίες που εφαρμόζονται σήμερα.

Στο **πέμπτο** και τελευταίο κεφάλαιο αυτής της εργασίας γίνεται ανάλυση και περιγραφή των παθολογιών του εγκεφάλου και πως αυτές παρουσιάζονται στο μαγνητικό συντονισμό με βάση και τα συμβατικά πρωτόκολλα αλλά και τις σύγχρονες τεχνικές.

Abstract

The purpose of this work is to deepen the study of imaging of brain with magnetic resonance and the presentation of new technologies that used nowadays.

The first chapter presents the anatomy, physiology and vascularity of the brain, the nerve of the organ and describes the cerebrospinal fluid as well.

The second chapter describes the basic principles of magnetic resonance and especially the relaxation times T1 and T2, the contrast and image quality in magnetic resonance as well as the technical errors.

The third chapter presents in detail the conventional imaging protocols of the brain with the parameters and sequences that used in almost all departments of MRI, as well as the protocols of epilepsy, dementia and multiple sclerosis. In the same chapter analyzed the protocol of magnetic angiography of the brain.

The fourth chapter describes the modern imaging techniques of the brain with magnetic resonance such as spectroscopy, functional magnetic resonance imaging, perfusion and its techniques, multiparametric study of the brain, desmidography, dynamic magnetic angiography of the brain and the current sequences.

The fifth and last chapter of this work analyzes and describes the pathologies of the brain and how they are presented in magnetic resonance based on both conventional protocols and modern techniques.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

| | |
|---|----|
| 1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος..... | 9 |
| 1.2 Η ανατομία του εγκεφάλου..... | 10 |
| 1.3 Η φυσιολογία του εγκεφάλου..... | 13 |
| 1.4 Το αγγειακό δίκτυο του εγκεφάλου..... | 16 |
| 1.4.1 Αρτηριακό δίκτυο..... | 16 |
| 1.4.2 Φλεβικό δίκτυο..... | 18 |
| 1.5 Το νευρικό σύστημα του εγκεφάλου..... | 20 |
| 1.6 Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ENY)..... | 23 |

Κεφάλαιο 2: Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

| | |
|--|----|
| 2.1 Βασικές αρχές μαγνητικού συντονισμού..... | 25 |
| 2.2 Χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2..... | 29 |
| 2.3 Αντίθεση εικόνας στο μαγνητικό συντονισμό..... | 30 |
| 2.4 Ποιότητα εικόνας στο μαγνητικό συντονισμό..... | 34 |
| 2.4.1 Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)..... | 34 |
| 2.4.2 Χωρική διακριτική ικανότητα..... | 35 |
| 2.4.3 Χρόνος συλλογής δεδομένων..... | 36 |
| 2.5 Τεχνικά σφάλματα..... | 37 |

Κεφάλαιο 3: Συμβατικά πρωτόκολλα απεικόνισης εγκεφάλου

| | |
|---|----|
| 3.1 Προετοιμασία και τοποθέτηση εξεταζομένου..... | 40 |
| 3.2 Τυπική εξέταση εγκεφάλου – Βασικό πρωτόκολλο..... | 43 |
| 3.3 Πρωτόκολλο επιληψίας..... | 53 |
| 3.4 Πρωτόκολλο άνοιας – γνωσιακών διαταραχών..... | 56 |
| 3.5 Πρωτόκολλο σκλήρυνσης κατά πλάκας..... | 58 |
| 3.6 Μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου..... | 61 |
| 3.6.1 Μαγνητική αρτηριογραφία εγκεφάλου..... | 63 |
| 3.6.2 Μαγνητική φλεβογραφία εγκεφάλου..... | 65 |

Κεφάλαιο 4: Σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης του εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό

| | |
|--|----|
| 4.1 Φασματοσκοπία (MR Spectroscopy – MRS)..... | 69 |
| 4.2 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία (Functional MRI- fMRI)..... | 76 |
| 4.3 Perfusion (τεχνικές DSC, DCE, ASL) | 79 |
| 4.4 Πολυπαραμετρική Μελέτη..... | 85 |
| 4.5 Δεσμιογραφία (DTI Tractography)..... | 85 |
| 4.6 Μελέτη ροής εγκεφαλονωτιαίου υγρού (ENY)..... | 88 |
| 4.7 Δυναμική μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου..... | 91 |
| 4.8 Νεότερες ακολουθίες για την απεικόνιση του εγκεφάλου..... | 93 |

Κεφάλαιο 5: Παθολογία εγκεφάλου

| | |
|---|-----|
| 5.1 Αγγειακές δυσπλασίες..... | 96 |
| 5.2 Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο..... | 98 |
| 5.3 Ενδοκράνια υπέρταση / Αυτόματη ενδοκράνιος υπόταση..... | 102 |
| 5.4 Γλοιομάτωση Εγκεφάλου | 107 |
| 5.5 Επιληψία..... | 109 |
| 5.6 Όγκοι εγκεφάλου..... | 112 |
| 5.7 Λοιμώξεις του ΚΝΣ..... | 115 |
| 5.8 Σύνδρομο νευραγγειακής συμπίεσης..... | 118 |
| 5.9 Συριγγομυελία..... | 123 |
| 5.10 Τραύμα..... | 124 |
| 5.11 Πολλαπλή σκλήρυνση..... | 127 |
| 5.12 Κεφαλαλγία – Ημικρανία..... | 130 |
| 5.13 Η νόσος Αλτσχάιμερ..... | 133 |
| 5.14 Ψυχιατρικές παθήσεις..... | 135 |
| 5.15 Η νόσος Πάρκινσον..... | 136 |
| 5.16 Υδροκεφαλία..... | 138 |

| | |
|----------------------|------------|
| Επίλογος..... | 141 |
|----------------------|------------|

| | |
|--------------------------|------------|
| Βιβλιογραφία..... | 142 |
|--------------------------|------------|

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος αποτελεί το πιο σπουδαίο και μεγαλύτερο τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Ότι συμβαίνει στη ζωή μας οφείλεται στον εγκέφαλό μας ο οποίος πραγματοποιεί μια σειρά από λειτουργίες όπως:

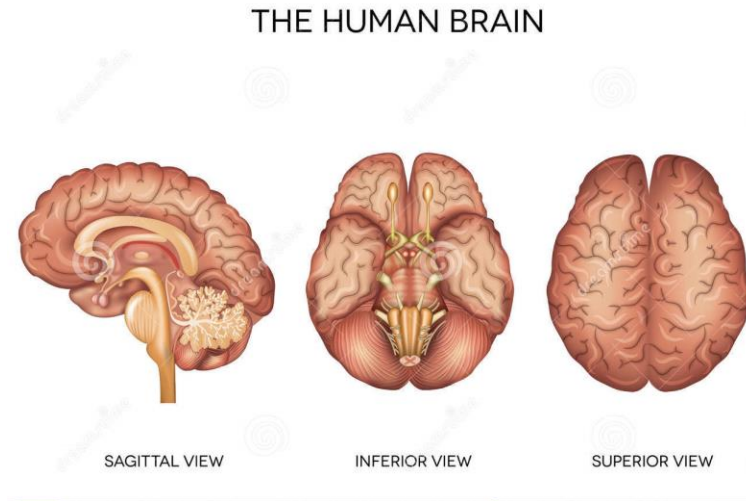
- Ο έλεγχος ζωτικών λειτουργιών (θερμοκρασία, αρτηριακή πίεση, καρδιακό ρυθμό, αναπνοή, ύπνο, φαγητό).
- Λαμβάνει, επεξεργάζεται, ενσωματώνει και ερμηνεύει τις πληροφορίες που παίρνει από τις αισθήσεις.
- Ελέγχει τις κινήσεις που πραγματοποιούμε καθώς και τη στάση του σώματος
- Είναι υπεύθυνος για τα συναισθήματα και τη συμπεριφορά μας.
- Επιτρέπει να σκεφτόμαστε, να συλλογιζόμαστε και να νιώθουμε.
- Ελέγχει τις ανώτερες νοητικές λειτουργίες: Τη μνήμη, τη μάθηση και την αντίληψη.

“Οι άνθρωποι πρέπει να γνωρίζουν ότι ο εγκέφαλος είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τις χαρές, τις απολαύσεις, το γέλιο και τη διασκέδαση, τη θλίψη, την απόγνωση και το θρήνο. Και χάρη στον εγκέφαλο, ειδικά, έχουμε αποκτήσει τη σοφία και τη γνώση και βλέπουμε, ακούμε και γνωρίζουμε τι είναι αηδιαστικό και τι είναι όμορφο, τι είναι κακό και τι είναι καλό, τι είναι γλυκό και τι άγευστο... Και χάρη σε αυτό το όργανο τρελαινόμαστε και παραληρούμε και οι φόβοι και οι τρόμοι μας επιτίθενται... Πρέπει να ανεχόμαστε όλα αυτά, όταν ο εγκέφαλος δεν είναι υγιής ... Και υπό αυτή την έννοια είμαι της γνώμης ότι η εσωτερική άσκηση του ανθρώπου είναι η μεγαλύτερη δύναμη ” Ιπποκράτης (s.IV aC) Περί ιερής νόσου.



Εικόνα 1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος

Ο Ιπποκράτης ήδη αντιλαμβανόταν ότι, ο εγκέφαλος είναι από τις πιο πολύπλοκες δημιουργίες. Στην εποχή του, ο Ιπποκράτης και οι σύγχρονοί του δεν μπορούσαν να φανταστούν όλα αυτά που θα φτάναμε να μάθουμε για τον εγκέφαλο. Χάρη στις τεχνολογικές προόδους, στη νευροαπεικόνιση και στον τομέα της ιατρικής, της βιολογίας, της ψυχολογίας και της νευροεπιστήμης γενικά έχουμε καταφέρει να αποκρυπτογραφήσουμε μεγάλα μυστήρια σε ότι αφορά τη λειτουργία και την ανατομία τους. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα περιοχές και λειτουργίες οι οποίες δεν έχουν ανιχνευθεί και αναλυθεί.



Εικόνα 1.2 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος σε πολλαπλά επίπεδα

1.2 Η ανατομία του εγκεφάλου

Ο εγκέφαλος απαρτίζει περίπου το 2% του συνολικού βάρους (1250-1600 gr). Τοπογραφικά ο εγκέφαλος εντοπίζεται μέσα στο εγκεφαλικό κρανίο και περιβάλλεται από τρεις προστατευτικούς υμένες, τις μήνιγγες οι οποίες προστατεύουν εκτός από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό.^[1]

Το εξωτερικό στρώμα αποτελεί τη σκληρή μήνιγγα. Η σκληρή μήνιγγα έχει διαχωριστικά πέταλα τα οποία εισχωρούν στη κρανιακή κοιλότητα και τη διαιρούν σε τμήματα. Τα χωρίσματα αυτά είναι το δρέπανο του εγκεφάλου, το σκληνίδιο της παρεγκεφαλίδας και το διάφραγμα του τουρκικού επιπίου.^[2] Η αραχνοειδής μήνιγγα είναι το ενδιάμεσο στρώμα και αποτελεί έναν λεπτεπίλεπτο υμένα χωρίς αγγεία και το εσωτερικό στρώμα το οποίο εντοπίζεται σε επαφή με την επιφάνεια του εγκεφάλου και ονομάζεται χοριοειδή μήνιγγα.

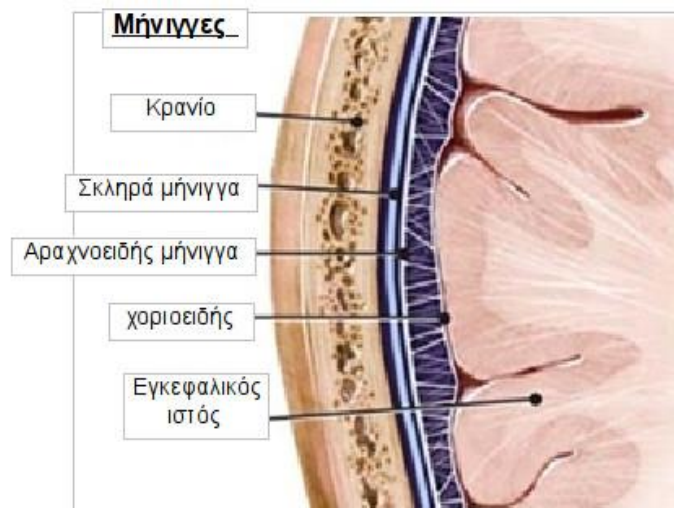
Οι μήνιγγες του εγκεφάλου εμφανίζουν μια συγκεκριμένη διάταξη που σχηματίζει χώρους μέσα στη κρανιακή κοιλότητα. Ένας δυνητικός χώρος δημιουργείται με τη

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

σκληρή μήνιγγα και ένα πραγματικό κενό δημιουργείται μεταξύ αραχνοειδούς και χοριοειδούς μήνιγγας.^[2]

Επισκληρίδιος χώρος: είναι ο χώρος που δημιουργεί η σκληρή μήνιγγα. Το περιστοιχικό πέταλο της σκληράς μήνιγγας συμφύεται με τα οστά της κρανιακής κοιλότητας με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κενού. Σε περίπτωση τραυματικής κάκωσης ή αγγειακής αιμορραγίας, ο χώρος αυτός πλημμυρίζει με υγρό.

Υπαραχνοειδής χώρος: ο χώρος αυτός είναι γεμάτος υγρό υπό φυσιολογικές συνθήκες. Περιβάλλει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό και σε ορισμένες θέσεις διευρύνεται και σχηματίζει μεγαλύτερους χώρους τις υπαραχνοειδείς δεξαμενές. Ο υπαραχνοειδής χώρος περιέχει εγκεφαλονωτιαίο υγρό και αιμοφόρα αγγεία.



Εικόνα 1.3: Οι μηνιγγες του εγκεφάλου

Κατά τη φάση της ανάπτυξης στην εμβρυϊκή φάση, το κεντρικό νευρικό σύστημα σχηματίζεται από έναν μακρύ σωλήνα. Το πρόσθιο τμήμα του σωλήνα είναι αυτό που τελικά θα οδηγήσει στη δημιουργία του εγκεφάλου, ο οποίος αναδιπλώνεται στη φάση ανάπτυξης δημιουργώντας πέντε διαφορετικές υποπεριοχές εφαιπτόμενες μεταξύ τους από μπροστά προς τα πίσω.

Οι υποπεριοχές αυτές αποτελούν τις υποδιαιρέσεις του εγκεφάλου και είναι ο **τελεγκέφαλος**, ο **διεγκέφαλος**, ο **μεσεγκέφαλος**, ο **μετεγκέφαλος** και ο **μυελεγκέφαλος**.

Ο **τελεγκέφαλος** (πρόσθιος ή τελικός εγκέφαλος) σχηματίζει τα εγκεφαλικά ημισφαίρια, η επιφάνεια του οποίου αποτελείται από έλικες και αύλακες και χωρίζεται σε δύο μέρη: το αριστερό και το δεξί με μια βαθιά σχισμή.

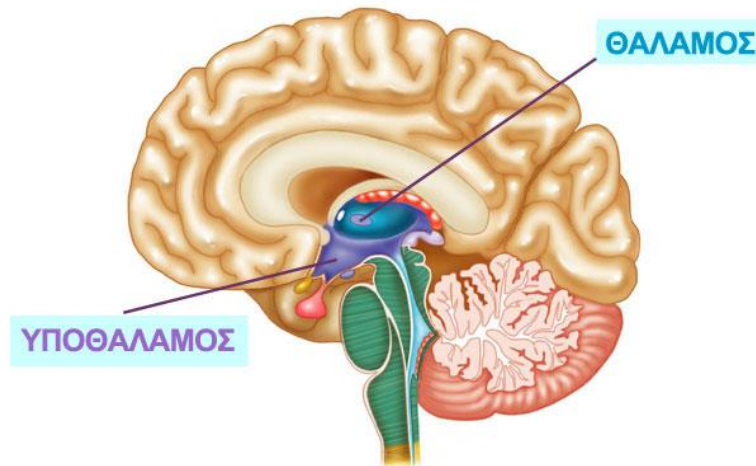
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια αποτελούνται από τον φλοιό που αποτελεί το εξωτερικό περίβλημα της φαιάς ουσίας, η οποία περιβάλλεται από εμμύελες ίνες που αποτελούν τη λευκή ουσία. Οι χιτώνες του εγκεφαλικού φλοιού των ημισφαιρίων παρότι χωρίζονται μεταξύ τους, συνδέονται μέσω μιας ογκώδους δεσμίδας νευρικών ινών που ονομάζεται **μεσολόβιο**.

Ο **διεγκέφαλος** (διάμεσος εγκέφαλος) στον ενήλικο εγκέφαλο καλύπτεται από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια, χωρίζεται στα δύο από τη 3^η κοιλία και περιλαμβάνει τον θάλαμο και τον υποθάλαμο.

Ο θάλαμος είναι η συνάθροιση αρκετών μεγάλων πυρήνων οι οποίοι λειτουργούν ως κέντρα ανάλυσης, επεξεργασίας και ενδεχομένως τροποποίησης των περισσότερων πληροφοριών που αποστέλλονται από τα αισθητήρια όργανα στο φλοιό. Παίζει ακόμα καθοριστικό ρόλο στη μη ειδική εγρήγορση καθώς και στη προσήλωση της προσοχής.

Ο υποθάλαμος τοπογραφικά βρίσκεται ακριβώς κάτω από το θάλαμο, πάνω από την υπόφυση και αποτελεί μια περιοχή του εγκεφάλου που περιέχει διαφορετικές κυτταρικές ομάδες και οδούς που αποτελούν το κέντρο ελέγχου του νευρικού και ενδοκρινικού συντονισμού. Ο υποθάλαμος είναι η μόνη περιοχή που ελέγχει την ομοιόσταση.



Εικόνα 1.4 Τοπογραφία θαλάμου και υποθαλάμου

Ο **μεσεγκέφαλος** (μέσος εγκέφαλος) είναι το πρώτο τμήμα του εγκεφαλικού στελέχους που διακρίνεται κατά την εξέταση του ακέραιου εγκεφάλου του ενήλικα και βρίσκεται στη συμβολή του μέσου και του οπίσθιου κρανιακού βόθρου.

Ο **μετεγκέφαλος** (οπίσθιος εγκέφαλος) σχηματίζει την παρεγκεφαλίδα και τη γέφυρα. Η παρεγκεφαλίδα αποτελείται από έναν εξωτερικό χιτώνα κυττάρων που ονομάζεται παρεγκεφαλιδικός φλοιός. Αποτελεί το κέντρο συντονισμού των κινήσεων, της στάσης σώματος και της ισορροπίας.

Ο **μυελεγκέφαλος** (προμήκης μυελός) είναι το κατώτερο τμήμα του εγκεφάλου το οποίο καταλήγει στο ινιακό τμήμα ή στον πρώτο αυχενικό σπόνδυλο και από το οποίο εκφύονται τα VI έως τα XII εγκεφαλικά νεύρα.

Σε οβελιαία όψη, ο εγκεφαλικός φλοιός κάθε ημισφαιρίου χωρίζεται μέσω σχισμών σε τέσσερις λοβούς οι οποίοι παίρνουν το όνομά τους από το αντίστοιχο κρανιακό οστό που τους καλύπτει και διακρίνονται στο μετωπιαίο, βρεγματικό, ινιακό και κροταφικό λοβό.
[2] [3]

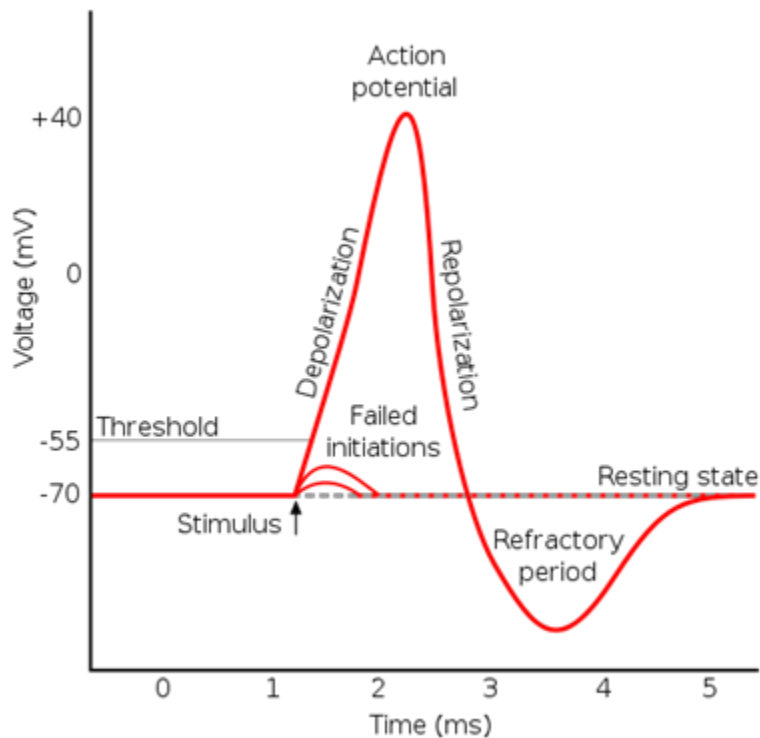


Εικόνα 1.4: Οι λοβοί του εγκεφάλου

1.3 Η φυσιολογία του εγκεφάλου

Η φυσιολογική λειτουργία του εγκεφάλου εξαρτάται από την ικανότητα των νευρών να μεταδίδουν ηλεκτροχημικά σήματα σε άλλα κύτταρα και να ανταποκρίνονται κατάλληλα σε αντίστοιχα σήματα που λαμβάνουν. Οι ηλεκτρικές ιδιότητες των νευρώνων ελέγχονται από μια ευρεία ποικιλία βιοχημικών και μεταβολικών δραστηριοτήτων μεταξύ των νευροδιαβιβαστών και των υποδοχέων στις συνάψεις. Οι νευροδιαβιβαστές είναι χημικές ουσίες που απελευθερώνονται στις συνάψεις όταν η μεμβράνη αλλάζει πόλωση και το Ca^{2+} εισέρχεται στο κύτταρο.

Ο εγκεφαλικός ιστός καταναλώνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης ενέργειας του εγκεφάλου πηγάζει στη διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου (δυναμικό μεμβράνης) των νευρώνων. Το ποσοστό στους ανθρώπους αυξάνεται στο 20-25%. Η κατανάλωση ενέργειας του εγκεφάλου δεν ποικίλλει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου, αλλά οι ενεργές περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από τις ανενεργές περιοχές. Ο εγκέφαλος παίρνει συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς του από το μεταβολισμό της γλυκόζης που εξαρτάται από το οξυγόνο ($3,5 \text{ ml/ } 100\text{g/min}$), αλλά οι κετόνες παρέχουν μια εναλλακτική πηγή, μαζί με συνεισφορές από λιπαρά οξέα μεσαίας αλυσίδας (καπρυλικά και επτανοϊκά οξέα), γαλακτικό, οξικό οξύ και αμινοξέα. Κατά περιόδους μειωμένης παροχής O_2 η ενέργεια καταναλώνεται σε λειτουργίες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της κυτταρικής ακεραιότητας και επιβίωσης σε βάρος της ηλεκτρικής δραστηριότητας.^[4]



Εικόνα 1.5 Δυναμικό ενέργειας , νευρική ώση

Η λειτουργία του εγκεφάλου είναι να παρέχει έλεγχο των ενεργειών. Ο εγκέφαλος επιτρέπει σε ομάδες μυών να ενεργοποιούνται σε πολύπλοκους συνδυασμούς. Επιτρέπει επίσης, σε ερεθίσματα που προσκρούουν σε ένα μέρος του σώματος να προκαλούν αποκρίσεις σε άλλα μέρη και μπορεί να αποτρέψει τη διαφορετική δράση διαφορετικών τμημάτων του σώματος μεταξύ τους.

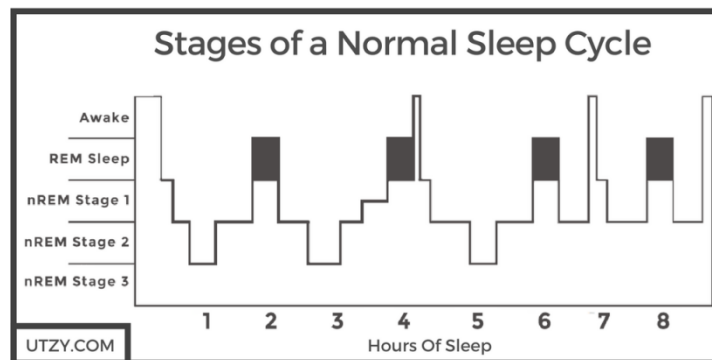
Στον εγκέφαλο του ανθρώπου παρέχονται πληροφορίες σχετικά με το φως, τον ήχο, τη χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας, τη θερμοκρασία, τη θέση του σώματος, τη κυκλοφορία του αίματος και πολλά άλλα.

Κάθε αισθητηριακό σύστημα ξεκινά με εξειδικευμένα κύτταρα υποδοχέων. Οι άξονες των κυττάρων ταξιδεύουν στον ωτιαίο μυελό ή και στον εγκέφαλο, όπου μεταδίδουν τα σήματά τους σε έναν πυρήνα που αφορά μια συγκεκριμένη αισθητηριακή λειτουργικότητα. Ο αισθητήριος πυρήνας στέλνει πληροφορίες σε περιοχές αισθητηρίων υψηλότερης τάξης. Τελικά, μέσω ενός σταθμού διέλευσης στον θάλαμο, τα σήματα αποστέλλονται στον εγκεφαλικό φλοιό, όπου υποβάλλονται σε επεξεργασία για την εξαγωγή των σχετικών χαρακτηριστικών.

Τα κινητικά συστήματα είναι περιοχές του εγκεφάλου που αφορούν την έναρξη των κινήσεων του σώματος, δηλαδή την ενεργοποίηση των μυών. Στο χαμηλότερο επίπεδο υπάρχουν περιοχές που ελέγχουν συμβατικές κινήσεις όπως περπάτημα, αναπνοή ή κατάποση. Σε υψηλότερο επίπεδο υπάρχουν περιοχές που είναι υπεύθυνες για τον

συντονισμό των κινήσεων των χεριών και των ποδιών. Ο πρωτεύων κινητικός φλοιός επιτρέπει τον ακριβή εθελοντικό έλεγχο των λεπτών λεπτομερειών των κινήσεων. Υπάρχουν και άλλες εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με την κίνηση.

Ο ύπνος συνεπάγεται μεγάλες αλλαγές στη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος δεν σβήνει κατά τη διάρκεια του ύπνου δηλαδή, η δραστηριότητα συνεχίζεται, αλλά τα πρότυπα γίνονται πολύ διαφορετικά. Υπάρχουν δύο τύποι ύπνου: ο ύπνος REM (με όνειρα) και ο ύπνος NREM (χωρίς REM, συνήθως χωρίς όνειρα), οι οποίοι επαναλαμβάνονται με διαφορετικούς τρόπους κατά τη διάρκεια του ύπνου.



Εικόνα 1.6 Στάδια φυσιολογικού κύκλου του ύπνου

Η επιβίωση απαιτεί τη διατήρηση μιας ποικιλίας παραμέτρων σωματικής κατάστασης εντός ενός περιορισμένου εύρους παραλλαγών: αυτές περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία, την περιεκτικότητα σε νερό, τη συγκέντρωση αλατιού στην κυκλοφορία του αίματος, τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα και άλλα. Η διατήρηση της ομοιόστασης είναι μια κρίσιμη λειτουργία του εγκεφάλου. Η βασική αρχή που βασίζεται στην ομοιόσταση είναι η αρνητική ανατροφοδότηση: κάθε φορά που μια παράμετρος αποκλίνει από το σημείο ρύθμισής της, οι αισθητήρες δημιουργούν ένα σήμα σφάλματος που προκαλεί μια απόκριση που αναγκάζει την παράμετρο να επιστρέψει προς τη βέλτιστη τιμή της. ^[5]

Τα συστατικά της κρανιακής κοιλότητας φυσιολογικά βρίσκονται σε μια κατάσταση ισορροπίας πίεσης μέσα στο κρανίο, πέρα όμως από ένα συγκεκριμένο σημείο που ονομάζουμε κρίσιμο, η ευενδοτότητα καταργείται και μια αύξηση στον όγκο οδηγεί σε μία απότομη αύξηση της ενδοκρανιακής πίεσης.

Η μικρή αύξηση του ενδοκρανιακού όγκου σε έναν ασθενή με ενδοκρανιακή υπέρταση θα έχει σοβαρές συνέπειες με αφενός ελάττωση της πίεσης εγκεφαλικής διήθησης και αφετέρου εγκολεασμός δηλαδή μετακίνηση ορισμένων δομών του εγκεφάλου σε σχέση με τους διάφορους φυσιολογικούς φραγμούς ή τρήματα. ^[4]

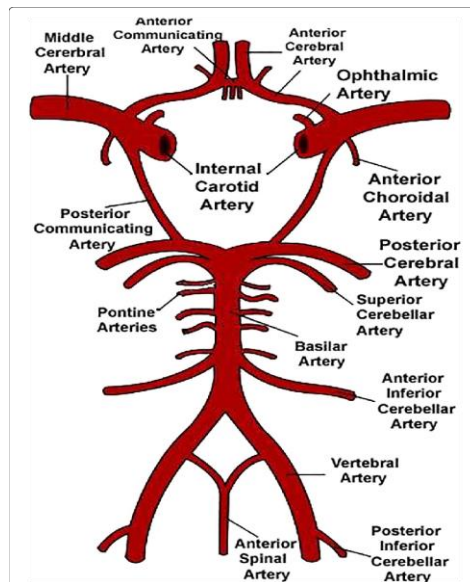
Η φυσιολογική ενδοκρανιακή πίεση είναι περίπου 10 mm Hg ή 1,33 kPa σε όλο το ENY σε οριζόντια θέση. Η ενδοκρανιακή πίεση μεταβάλλεται φυσιολογικά με την αναπνοή με

τη θέση της κεφαλής και παρουσιάζει ταλαντώσεις που ακολουθούν τις μεταβολές της αρτηριακής πίεσης. ^[4]

1.4 Το αγγειακό δίκτυο του εγκεφάλου

1.4.1 Αρτηριακό δίκτυο

Ο εγκέφαλος αγγειώνεται από δύο ζεύγη αγγείων: τις σπονδυλικές και τις έσω καρωτίδες αρτηρίες τα οποία αναστομώνονται σχηματίζοντας το εξάγωνο του Willis.

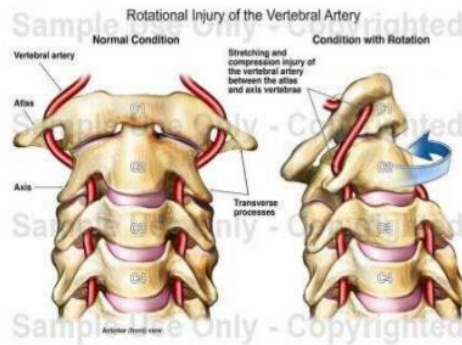


Εικόνα 1.7 Ο κύκλος του Willis

Οι σπονδυλικές εισέρχονται στη κρανιακή κοιλότητα μέσω του ινιακού τρήματος και αναστομώνονται ακριβώς κάτω από τη γέφυρα σχηματίζοντας τη βασική αρτηρία. Οι έσω καρωτίδες διεισδύουν στη κρανιακή κοιλότητα περνώντας τους σύστοιχους καρωτιδικούς πόρους.

ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ

Κάθε σπονδυλική αρτηρία εκφύεται από το πρώτο τμήμα της αντίστοιχης υποκλείδιας αρτηρίας. Κατά την είσοδό της στη κρανιακή κοιλότητα από το ινιακό τρήμα δίνει ένα μικρό μηνιγγικό κλάδο.



Εικόνα 1.8 Οι σπονδυλικές αρτηρίες

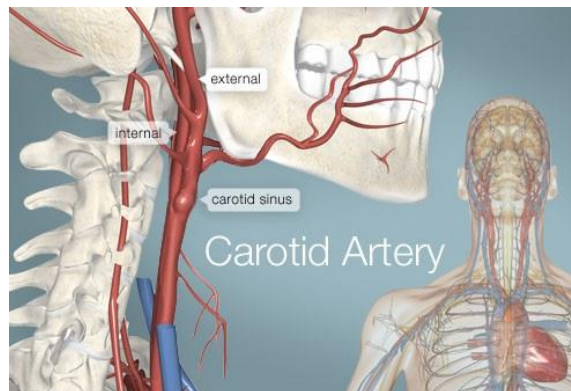
Προς τα εμπρός δίνει τρεις ακόμα κλάδους: τη πρόσθια νωτιαία αρτηρία, η οποία πορεύεται προς τα κάτω στο νωτιαίο μυελό, την οπίσθια νωτιαία αρτηρία η οποία πορεύεται γύρω από το προμήκη και κατεβαίνει στη περιοχή πρόσφυσης των οπισθίων ριζών και τέλος πριν τη συνένωση τους κάθε μια δίνει μία οπίσθια κάτω παρεγκεφαλιδική αρτηρία.

Η βασική αρτηρία πορεύεται προς τα εμπρός κατά μήκος της γέφυρας και οι κλάδοι της προσθιοπίσθια είναι οι πρόσθιες κάτω παρεγκεφαλιδικές αρτηρίες, οι μικρές γεφυρικές αρτηρίες και οι άνω παρεγκεφαλιδικές αρτηρίες. Η βασική αρτηρία τελικά διχάζεται στις δύο οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες.

ΕΣΩ ΚΑΡΩΤΙΑΕΣ

Αποτελούν κλάδους των κοινών καρωτίδων. Κάθε μία έσω καρωτίδα δίνει την οφθαλμική αρτηρία, την οπίσθια αναστομωτική αρτηρία, τη μέση εγκεφαλική αρτηρία και τη πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία. ^[2]

Η μέση εγκεφαλική αρτηρία είναι πολύ σημαντική διότι χορηγεί αίμα σε όλο το κινητικό φλοιό εκτός από τα κάτω άκρα, σε όλο το αισθητικό φλοιό και σε περιοχές που αφορούν την όραση, την αντίληψη, το σχηματισμό και την έκφραση του λόγου. Αποτελεί το συνηθέστερο σημείο εντόπισης Αγγειακών Εγκεφαλικών Επεισοδίων. ^[6]



Εικόνα 1.9 Η καρωτιδική αρτηρία

1.4.2 Φλεβικό δίκτυο

Η φλεβική αποχέτευση ξεκινά με μικρά φλεβικά αγγεία που καταλήγουν σε μεγαλύτερες εγκεφαλικές και παρεγκεφαλιδικές φλέβες καθώς και φλέβες που αποχετεύουν το εγκεφαλικό στέλεχος και εκβάλλουν στις έσω σφαγιτιδες φλέβες. Στους φλεβώδεις κόλπους εκβάλλουν επίσης και οι διπλοϊκές φλέβες οι οποίες βρίσκονται στη διπλή του εγκεφάλου. Οι αναστομωτικές φλέβες δεν διαθέτουν βαλβίδες και αποτελούν σημαντική οδό επέκτασης φλεγμονής προς τη κρανιακή κοιλότητα.

ΦΛΕΒΩΔΕΙΣ ΚΟΛΠΟΙ

Άνω οβελιαίος κόλπος

Εντοπίζεται στο άνω όριο του δρεπάνου της παρεγκεφαλίδας και δέχεται συνήθως τις άνω εγκεφαλικές, διπλοϊκές και αναστομωτικές φλέβες.

Κάτω οβελιαίος κόλπος

Εντοπίζεται στο κάτω όριο του δρεπάνου και δέχεται κάποιες μικρές εγκεφαλικές φλέβες καθώς και φλέβες από το δρέπανο του εγκεφάλου και καταλήγει στο σκηνίδιο της παρεγκεφαλίδας όπου ενώνεται με τη μεγάλη φλέβα του εγκεφάλου σχηματίζοντας τον ευθύ κόλπο.

Ευθύς κόλπος

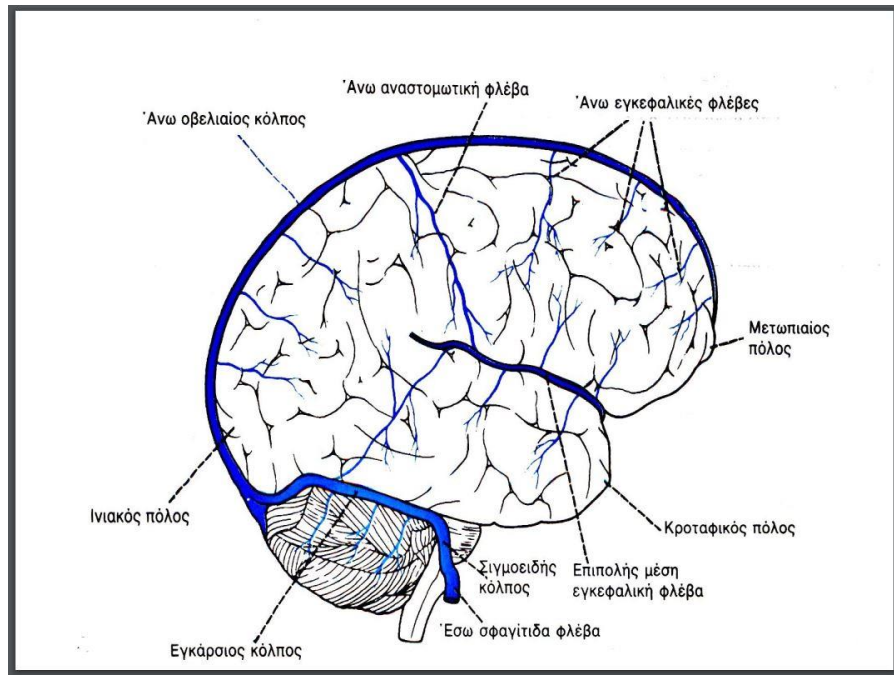
Ο ευθύς κόλπος πορεύεται κατά μήκος της συμβολής του δρεπάνου και του σκηνιδίου της παρεγκεφαλίδας και καταλήγει στο ληνό του Ηροφίλου όπου κάμπτεται προς τα αριστερά και εκβάλλει στον αριστερό εγκάρσιο κόλπο. Δέχεται αίμα από τον κάτω οβελιαίο κόλπο, από τις εγκεφαλικές φλέβες του οπισθίου τμήματος των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και από τη μεγάλη φλέβα του εγκεφάλου.

Εγκάρσιοι και Σιγμοειδείς κόλποι

Οι άνω οβελιαίος κόλπος, ευθύς κόλπος και ινιακός κόλπος εκβάλλουν στην συμβολή των κόλπων και παροχετεύονται από τους δεξιό και αριστερό εγκάρσιους κόλπους. Ο δεξιός δέχεται αίμα από τον άνω οβελιαίο κόλπο και ο αριστερός δέχεται αίμα από τον ευθύ κόλπο.

Επίσης, οι εγκάρσιοι κόλποι δέχονται αίμα και από τον άνω λιθοειδή κόλπο, από φλέβες των κατώτερων περιοχών των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και της παρεγκεφαλίδας και από τις διπλοϊκές και αναστομωτικές φλέβες.

Οι εγκάρσιοι κόλποι μετατρέπονται σε σιγμοειδείς κόλπους οι οποίοι αυλακώνουν τα βρεγματικά, κροταφικά, ινιακά οστά πριν καταλήξουν στην αρχή των έσω σφαγιτίδων φλεβών. Οι σιγμοειδείς κόλποι δέχονται αίμα από εγκεφαλικές, παρεγκεφαλιδικές και αναστομωτικές φλέβες.



Εικόνα 1.10 Οι φλεβώδεις κόλποι του εγκεφάλου

Σηραγγώδεις κόλποι

Οι σηραγγώδεις κόλποι εντοπίζονται στη πλάγια επιφάνεια του σφηνοειδούς οστού στις δύο πλάγιες πλευρές του τουρκικού επιπίου. Δέχονται αίμα όχι μόνο από τις εγκεφαλικές φλέβες αλλά και από τις οφθαλμικές και τις αναστομωτικές φλέβες.

Ο δεξιός και ο αριστερός σηραγγώδης κόλπος συνδέονται μεταξύ τους με τους δύο μεσοσηραγγώδεις κόλπους.

Προσθίως των σηραγγωδών κόλπων εκβάλλουν οι σύστοιχοι σφηνοβρεγματικοί κόλποι. Εντοπίζονται κατά μήκος της επιφάνειας των ελαστώνων πτερύγων του σφηνοειδούς και δέχονται αίμα από τις διπλοϊκές και αναστοματικές φλέβες.

Άνω και κάτω λιθοειδείς κόλποι

Οι άνω λιθοειδείς κόλποι διοχετεύουν το αίμα των σηραγγωδών κόλπων στους εγκάρσιους κόλπους. Βρίσκονται στο άνω χείλος της λιθοειδούς μοίρας του κροταφικού οστού και δέχονται επίσης την εκβολή των εγκεφαλικών και παρεγκεφαλιδικών φλεβών.

Οι κάτω λιθοειδείς κόλποι εντοπίζονται στην αύλακα μεταξύ λιθοειδούς μοίρας του κροταφικού οστού και του ινιακού οστού, η οποία καταλήγει στην έσω σφαγίτιδα φλέβα. Δέχονται αίμα από το σηραγγώδη κόλπο, τις παρεγκεφαλιδικές φλέβες και φλέβες από το έσω ους και το στέλεχος του εγκεφάλου.

Βασικός κόλπος

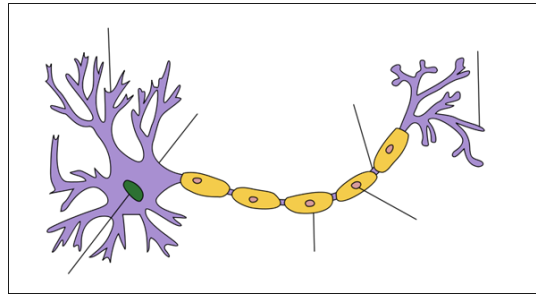
Οι βασικοί κόλποι συνδέουν τους κάτω λιθοειδείς κόλπους μεταξύ τους και με το σπονδυλικό φλεβικό πλέγμα. Βρίσκονται πάνω από το απόκλιμα, όπισθεν του τουρκικού επιπίου.

1.5 Το Νευρικό Σύστημα Του Εγκεφάλου

Το νευρικό κύτταρο ή νευρώνας αποτελεί τη κύρια μονάδα παραγωγής του κεντρικού νευρικού συστήματος. Οι νευρώνες είναι τα μόνα κύτταρα σε όλο τον ανθρώπινο οργανισμό που υφίστανται διέγερση με αποτέλεσμα να παράγεται ηλεκτρικό σήμα το οποίο μεταφέρεται κατά μήκος της μεμβράνης. Λειτουργούν με βάση την επεξεργασία και τη διαβίβαση πληροφοριών. Το μέγεθός τους εξαρτάται από τη περιοχή στην οποία βρίσκονται.

Στον ανθρώπινο εγκέφαλο υπάρχουν 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, οι νευρικές αποφυάδες το μήκος των οποίων είναι συνολικά 2.000.000 Km. Από την ηλικία των 30 ετών, ο αριθμός των νευρώνων αρχίζει να μειώνεται. Το βάρος του εγκεφάλου ενός ατόμου 75 ετών μειώνεται κατά 44 % λόγω της απώλειας των νευρώνων.^[5]

Ο νευρώνας αποτελείται από τέσσερα (4) βασικά μέρη: το σώμα (cell body), τον νευράξονα (axon), τους δενδρίτες (dendrites) και τις απολήξεις του άξονα.



Εικόνα 1.11 Τυπικός νευρώνας

Στον εγκέφαλο υπάρχουν 12 ζεύγη κρανιακών νεύρων τα οποία αποτελούν τμήμα του περιφερικού νευρικού συστήματος. Όλα τα κρανιακά νεύρα εκτός από το παραπληρωματικό [XI] εκφύονται από τον εγκέφαλο.

Κατά την εμβρυϊκή φάση εντοπίζονται έξι βραγχιακά τόξα, το πέμπτο όμως ουδέποτε αναπτύσσεται. Κάθε ένα από αυτά τα τόξα σχετίζεται με κάποιο αναπτυσσόμενο εγκεφαλικό νεύρο ή κλάδο τους.

Τα νεύρα αυτά περιλαμβάνουν απαγωγές, ίνες που νευρώνουν τους μύες που προέρχονται από το αντίστοιχο βραγχιακό τόξο.

Τα τόξα έχουν ως εξής:

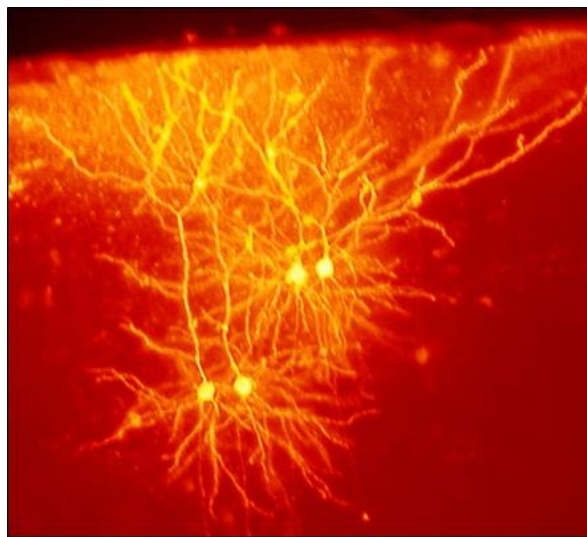
Πρώτο τόξο: τριδύμου νεύρου [V3]

Δεύτερο τόξο: προσωπικό νεύρο [VII]

Τρίτο τόξο: γλωσσοφαρυγγικό [IX]

Τέταρτο τόξο: άνω λαρυγγικός κλάδος του πνευμονογαστρικού νεύρου [X]

Έκτο τόξο: παλίνδρομος λαρυγγικός κλάδος του πνευμονογαστρικού νεύρου [X]



Εικόνα 1.12 Η πυροδότηση των νεύρων

Τα ζεύγη των εγκεφαλικών νευρώνων είναι:

Το οσφρητικό νεύρο [I] το οποίο είναι υπεύθυνο για την οσμή, το οπτικό νεύρο [II] το οποίο εξυπηρετεί την όραση και το κοινό κινητικό νεύρο [III] που νευρώνει τους περισσότερους εξωβολβικούς μυς. Οι κινητές σπλαχνικές ίνες του οφθαλμοκινητικού νεύρου είναι υπεύθυνες για το σφιγκτήρα της κόρης ο οποίος ελέγχει τη μύση και τον ακτινωτό μυ που είναι υπεύθυνος για τη προσαρμογή του φακού στη κοντινή όραση. Το τροχλιακό νεύρο [IV] νευρώνει τον άνω λοξό μυ του κόγχου.

Το τρίδυμο νεύρο [V] είναι το βασικό νεύρο της αισθητικότητας της κεφαλής και νευρώνει μυς που κινούν τη κάτω γνάθο. Το τρίδυμο νεύρο έχει τρεις τελικούς κλάδους οι οποίοι είναι από πάνω προς τα κάτω : το οφθαλμικό νεύρο [Vi], το άνω γναθικό νεύρο [Vii], και το κάτω γναθικό νεύρο [Viii].

Το απαγωγό νεύρο [VI] περιέχει ίνες που νευρώνουν τον έξω ορθό μυ του κόγχου. Το προσωπικό νεύρο [VII] περιέχει ίνες της γενικής αισθητικότητας και αφορούν τους μύες του προσώπου, του τριχωτού της κεφαλής, του δακρυϊκού αδένου, των υπογνάθιων και υπογλώσσιων αδένων, της μαλακής υπερώας και από τον έξω ακουστικό πόρο. Η πορεία του προσωπικού νεύρου συνεχίζεται κατά μήκος του οστέινου πόρου.

Το αιθουσοκοχλιακό νεύρο (VIII) περιέχει ίνες της ακοής και της ισορροπίας και διακρίνεται σε δύο κλάδους τον αιθουσαίο και τον κοχλιακό.

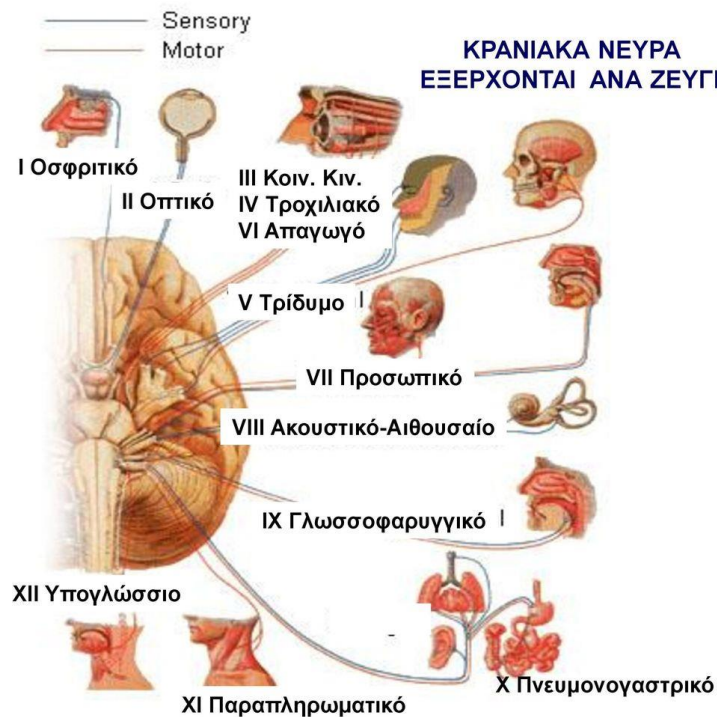
Το γλωσσοφαρυγγικό νεύρο [IX] περιέχει αισθητικές ίνες για τον φάρυγγα, τις αμυγδαλές και το βλεννογόνο του μέσου ους.

Το πνευμονογαστρικό νεύρο [X] μεταφέρει πληροφορίες από τους βλεννογόνους του φάρυγγα, του λάρυγγα, του οισοφάγου, των πνευμόνων, της καρδιάς και των κοιλιακών σπλάχνων.

Το παραπληρωματικό νεύρο [XI] αφορά τον στερνοκλειδομαστοειδή και τον τραπεζοειδή μυ.

Το υπογλώσσιο νεύρο [XII] νευρώνει τους αυτόχθονες και ετερόχθονες μυς της γλώσσας. ^[2]

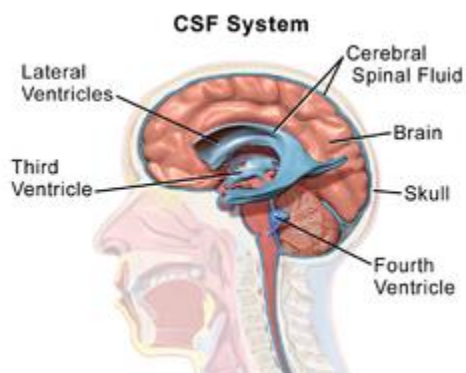
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 1.13 Τα κρανιακά νεύρα

1.6 Το Εγκεφαλονωτιαίο Υγρό (ΕΝΥ)

Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ΕΝΥ) παράγεται από το χοριοειδές πλέγμα στις κοιλίες του εγκεφάλου. Είναι ένα διαυγές, άχρωμο υγρό χωρίς κύτταρα το οποίο κυκλοφορεί στον υπαραχνοειδή χώρο και περιβάλλει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό. Έχει όγκο της τάξης των 80-150ml περίπου και σχηματίζεται με ρυθμό περίπου 800ml/24ωρο (πολλαπλάσια ποσότητα σε σχέση με τον όγκο του) και ο ρυθμός αυτός είναι πάντα σταθερός.



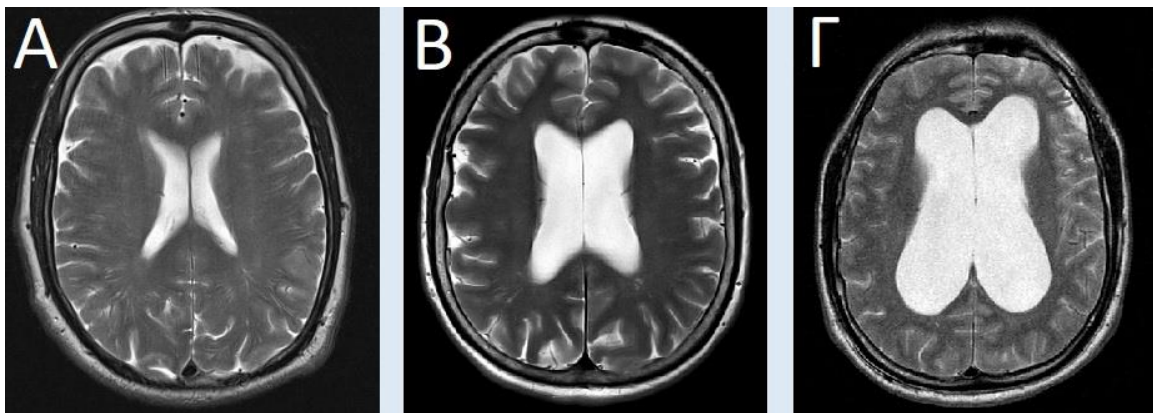
Εικόνα 1.14 Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό

Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό επιστρέφει στο φλεβικό σύστημα μέσω των αραχνοειδών σωματίων στον άνω οβελιαίο κόλπο και κυκλοφορεί μέσα στις κοιλίες. Από τις πλάγιες κοιλίες μέσω των τρημάτων Monro, μεταφέρεται στη 3^η κοιλία, η οποία μέσω του υδραγωγού του Sylvius μεταφέρεται στη 4^η κοιλία. Μέσω των τρημάτων Magendie – Luschka μεταπίπτει στον υπαραχνοειδή χώρο και στη συνέχεια μεταφέρεται στον σπονδυλικό σωλήνα καθώς και στα ημισφαίρια του εγκεφάλου.

Το εγκεφαλονωτιαίο υγρό απορροφάται από τις αραχνοειδείς λάχνες οι οποίες λειτουργούν ως βαλβίδες επιτρέποντας τη ροή του ΕΝΥ προς τη κυκλοφορία του αίματος.^[7]

Η λειτουργία του ΕΝΥ είναι να προστατεύει τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό από τραυματισμούς, να ρυθμίζει την ενδοκρανιακή πίεση, να μεταφέρει θρεπτικές ουσίες και να απομακρύνει τις άχρηστες όπως CO₂, γαλακτικό οξύ, ιόντα υδρογόνου. Επίσης, επιτρέπει την άνοση. Έτσι ο εγκέφαλος επιπλέει στο ΕΝΥ ώστε να ασκείται λιγότερη πίεση, εξασφαλίζεται η ομοιόσταση του εξωκυττάριου υγρού των νευρώνων, αστροκυττάρων και εμμύελων ινών.^[7]

Ανωμαλία στη κυκλοφορία του ΕΝΥ ή παροχέτευσή του οδηγεί σε διάταση του κοιλιακού συστήματος και υδροκέφαλο.^[7]



Εικόνα 1.16 : Εγκάρσιες τομές T2 ακολουθίας μαγνητικής τομογραφίας τριών διαφορετικών ατόμων διαφορετικής ηλικίας. Α. φυσιολογικές διαστάσεις κοιλιακού συστήματος Β. ελαφρά διάταση του κοιλιακού συστήματος άνευ κλινικής σημασίας . Γ. εκσεσημασμένη διάταση του κοιλιακού συστήματος σε άτομο με υδροκέφαλο φυσιολογικής πίεσης

Κεφάλαιο 2: Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού

2.1 Βασικές αρχές μαγνητικού συντονισμού

Η μαγνητική τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging) αποτελεί μια ακτινολογική μέθοδος απεικόνισης του εσωτερικού ενός οργανισμού βασισμένη στις αρχές του μαγνητικού συντονισμού. Οι μαγνητικοί τομογράφοι χρησιμοποιούν πολύ ισχυρά μαγνητικά πεδία, κλίσεις του μαγνητικού πεδίου και ραδιοκύματα ώστε να παράγουν πολύ λεπτομερείς εικόνες και φάσματα των οργάνων και των ιστών. Χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση παθολογικών καταστάσεων σε κάθε σημείο του σώματος .



Εικόνα 2.1 Μαγνητικός τομογράφος

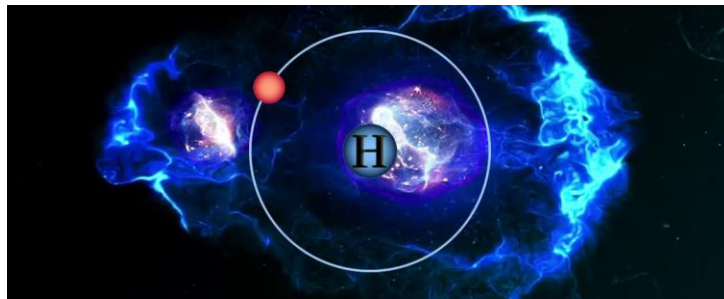
Όλα τα υλικά και έμβια όντα γύρω μας αποτελούνται από άτομα. Όλα τα άτομα αποτελούνται από τρεις τύπους υποατομικών σωματιδίων, τα θετικά φορτισμένα τα οποία ονομάζονται πρωτόνια, τα αρνητικά φορτισμένα τα οποία ονομάζονται ηλεκτρόνια και τα νετρόνια που δεν έχουν φορτίο. Τα στοιχεία της φύσης έχουν και επιπλέον χαρακτηριστικά, τον μαζικό αριθμό και τον ατομικό αριθμό. Ο μαζικός αριθμός (A) είναι ο αριθμός των νουκλεονίων ενώ ο ατομικός αριθμός (Z) αποτελεί τον αριθμό των πρωτονίων του πυρήνα που χαρακτηρίζει κάθε στοιχείο στη φύση.



Εικόνα 2.2 Αναπαράσταση του ατομικού και του μαζικού αριθμού στο άτομο

Ισότοπα ορίζουμε τα άτομα ενός στοιχείου που έχουν ίδιο ατομικό αριθμό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό.

Το πολυπληθέστερο άτομο στον ανθρώπινο οργανισμό είναι το υδρογόνο. Το υδρογόνο έχει τρία ισότοπα, το πρώτιο του οποίου ο πυρήνας περιέχει ένα πρωτόνιο και κανένα νετρόνιο, το δευτέριο του οποίου ο πυρήνας περιέχει ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο και το τρίτιο, του οποίου ο πυρήνας περιέχει ένα πρωτόνιο και δύο νετρόνια. Το πρώτιο είναι το ισότοπο που χρησιμοποιείται στο μαγνητικό συντονισμό διότι στο πυρήνα του βρίσκεται μόνο ένα πρωτόνιο σε σχέση με τους υπόλοιπους πυρήνες. Στο υδρογόνο αφού δεν υπάρχουν ασύζευκτα ηλεκτρόνια τότε η στροφορμή του πυρήνα είναι ίση με μηδέν. Αυτή η διαπίστωση είναι θεμελιώδη και αναγκαία για την ύπαρξη σήματος στο μαγνητικό συντονισμό. Αυτό σημαίνει ότι μόνο πυρήνες με περιττό αριθμό πρωτονίων ή νετρονίων μπορούν να μετρηθούν μέσω μαγνητικού συντονισμού. [8],[9],[10],[11]

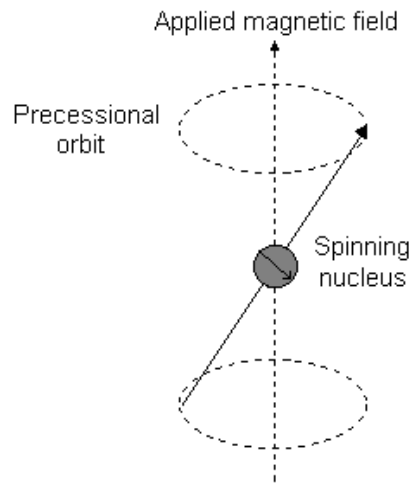


Εικόνα 2.3 Το άτομο του υδρογόνου

Το σήμα στο μαγνητικό συντονισμό προκύπτει όταν οι πυρήνες κάποιων ατόμων εκτεθούν σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο και παράλληλα σε ένα παλμό ραδιοκυμάτων συγκεκριμένης συχνότητας. Το υδρογόνο (^1H) καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του οργανισμού και γι' αυτό χρησιμοποιείται στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού. Το υδρογόνο (^1H) αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο τα οποία είναι υποατομικά σωματίδια. Τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται ιδιοστροφορμή (spin). Η ιδιότητα αυτή σχετίζεται άμεσα με το μαγνητικό συντονισμό. Λόγω αυτής της περιστροφής τα πρωτόνια δημιουργούν ένα δικό τους μαγνητικό πεδίο, άρα συνιστούν μικροσκοπικούς

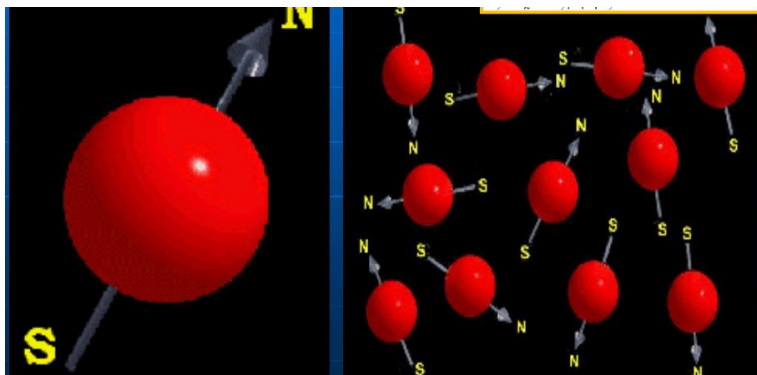
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

μαγνήτες. Τα περιστρεφόμενα πρωτόνια προσανατολίζονται παράλληλα προς το μαγνητικό πεδίο αλλά ποτέ δεν συμπίπτουν μ αυτό. [8],[9],[10],[11]



Εικόνα 2.4 Η μεταπτωτική κίνηση υδρογόνου

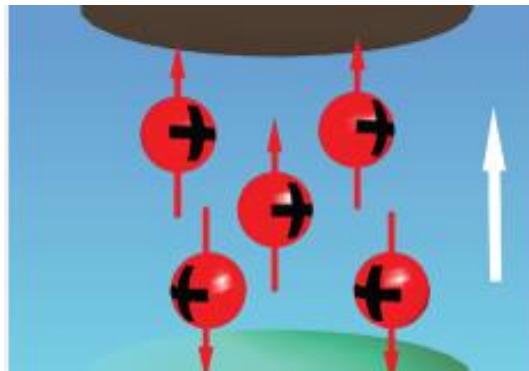
Όταν ο εξεταζόμενος τοποθετηθεί στο ισχυρό μαγνητικό πεδίο τότε οι πυρήνες υδρογόνου προσανατολίζονται παράλληλα ως προς τις μαγνητικές γραμμές με συγκεκριμένη συχνότητα περιστροφής (συχνότητα Larmor = $\omega_L = \gamma B$). Η συχνότητα αυτή είναι χαρακτηριστική για κάθε άτομο.



Εικόνα 2.5 Η κίνηση των υδρογόνων εκτός μαγνητικού πεδίου

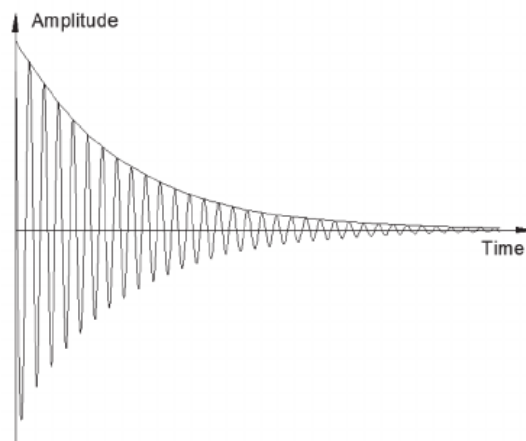
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Κατά τη διάρκεια της εξέτασης τα πηνία ραδιοσυχνότητας εκπέμπουν ραδιοκύματα (RF) ίση με τη συχνότητα Larmor. Οι πυρήνες απορροφούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και αλλάζουν τη κατάσταση περιστροφής τους. Μετά την εφαρμογή ενός παλμού RF εκπέμπουν ένα αδύναμο σήμα ραδιοσυχνότητας. Το σήμα αυτό ονομάζεται Σήμα Μαγνητικού Συντονισμού (Free Induction Delay- FID) και φθίνει με τη πάροδο του χρόνου.



Εικόνα: 2.6 Προσανατολισμός υδρογόνων σε μαγνητικό πεδίο

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός Fourier. Ο μετασχηματισμός Fourier αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο το οποίο μετασχηματίζει τα πρωτογενή δεδομένα ή δεδομένα του k- χώρου που είναι κωδικοποιημένα κατά συχνότητα σε δεδομένα χρόνου και κατ' επέκταση σε εικόνα. ^[10]



Εικόνα 2.7 Το σήμα FID

Ο χωρικός προσδιορισμός των σημάτων γίνεται με υπέρθεση βαθμιδωτών πεδίων τα οποία αλλάζουν την ισχύ με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μικρή αλλαγή στη συχνότητα. Με τον τρόπο αυτό καθώς και με την εκπομπή RF παλμών με συγκεκριμένη συχνότητα διεγείρονται συγκεκριμένες περιοχές και έτσι μπορεί να προσδιοριστεί η θέση τους.

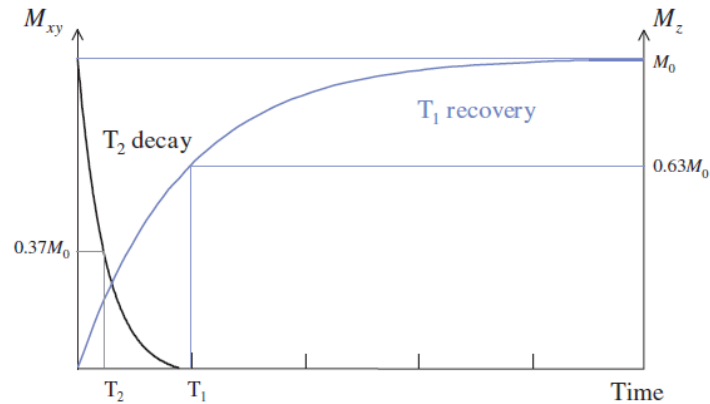
Μια ακόμα πολύ σημαντική και χρήσιμη παράμετρος είναι ο χρόνος χαλάρωσης T (relaxation time), ο οποίος περιγράφει πόσο γρήγορα χάνεται η επαγόμενη μαγνήτιση. Διαφορετικοί ιστοί έχουν διαφορετικά T. Αυτό εξαρτάται από το χημικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Στη μαγνητική τομογραφία έχουμε δύο είδη το χρόνο χαλάρωσης T1 και το χρόνο χαλάρωσης T2. Αυτοί οι δύο χρόνοι σχετίζονται με τη μεταβολή του ανύσματος της μαγνήτισης. ^{[8],[9],[10],[11]}

2.2 Χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2

Στη προηγούμενη υποενότητα αναφέραμε ότι όταν ο εξεταζόμενος τοποθετηθεί μέσα σε ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο εμφανίζει διαμήκης μαγνήτιση (Mz) και ένας παλμός ραδιοσυχνότητας προκαλεί την εγκάρσια μαγνήτιση (My). Μετά τη διακοπή του παλμού αυτού τα πρωτόνια τείνουν να επανέλθουν στην αρχική τους διάταξη, δηλαδή χαλαρώνουν με αποκατάσταση της διαμήκους μαγνήτισης και απόσβεση της εγκάρσιας μαγνήτισης. Μόλις ο παλμός ραδιοσυχνότητας σταματήσει τα πρωτόνια χάνουν τη συμφασικότητά τους και η εγκάρσια μαγνήτιση μειώνεται. Η αλληλεπίδραση αυτή λόγω των ενδογενών μαγνητικών πεδίων των μαγνητικών πυρήνων ονομάζεται χαλάρωση **spin-spin**. Ταυτόχρονα, τα πρωτόνια που έχουν υψηλή ενέργεια επιστρέφουν σε χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Με αυτό τον τρόπο η διαμήκης μαγνήτιση επανέρχεται στην αρχική της θέση. Η αποκατάσταση αυτή ονομάζεται χαλάρωση **spin-πλέγματος**.

Η αποκατάσταση της χαλάρωσης λόγω ενέργειας περιγράφεται με μια καμπύλη η οποία είναι εκθετική και ονομάζεται καμπύλη αποκατάσταση T1 (T1 recovery). Κάθε ιστός έχει ξεχωριστή καμπύλη T1 και άρα δικό του χρόνο χαλάρωσης T1 και ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να ανακτηθεί το 63% της διαμήκους μαγνήτισης.

Ο χρόνος που απαιτείται για την απόσβεση της εγκάρσιας μαγνήτισης περιγράφεται από τη καμπύλη απόσβεσης T2 (T2 relaxation time) και ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να χαθεί το 63% της εγκάρσιας μαγνήτισης.



Εικόνα 2.8 Οι χρόνοι χαλάρωσης T1 και T2

Κατανοούμε, λοιπόν, ότι αν θέλουμε να διακρίνουμε τους διάφορους ιστούς μεταξύ τους, δεν μπορούμε αυθαίρετα να συλλέξουμε το σήμα σε οποιονδήποτε χρόνο. Αντίθετα, υπάρχει μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή που κρίνεται ως καταλληλότερη για να συλλέξουμε το σήμα και να αναδείξουμε διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τύπων των ιστών. [8],[9],[10],[11]

2.3 Αντίθεση εικόνας στον μαγνητικό συντονισμό

Η αντίθεση εικόνας στη μαγνητική τομογραφία καθορίζεται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Οι ενδογενείς είναι πάντα σταθεροί (χρόνοι χαλάρωσης T1,T2,PD). Η αντίθεση, όμως, που βλέπουμε στην εικόνα εξαρτάται και από εξωγενείς παραμέτρους απεικόνισης (χρόνος TR, χρόνος TE, ακολουθία παλμών, η γωνία πρόσπτωσης, το Μέσο Σκιαγραφικής Αντίθεσης – ΜΣΑ).

Σε μια ακολουθία παλμών το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς παλμούς ονομάζεται χρόνος επανάληψης TR (time to repeat). Ένας σχετικά μεγάλος χρόνος TR θα έχει σαν αποτέλεσμα μικρή διαμήκη μαγνήτιση άρα ισχυρό σήμα και το αντίστροφο. Το ισχυρό σήμα θα αποδοθεί με ένα φωτεινό pixel ενώ το ασθενές θα

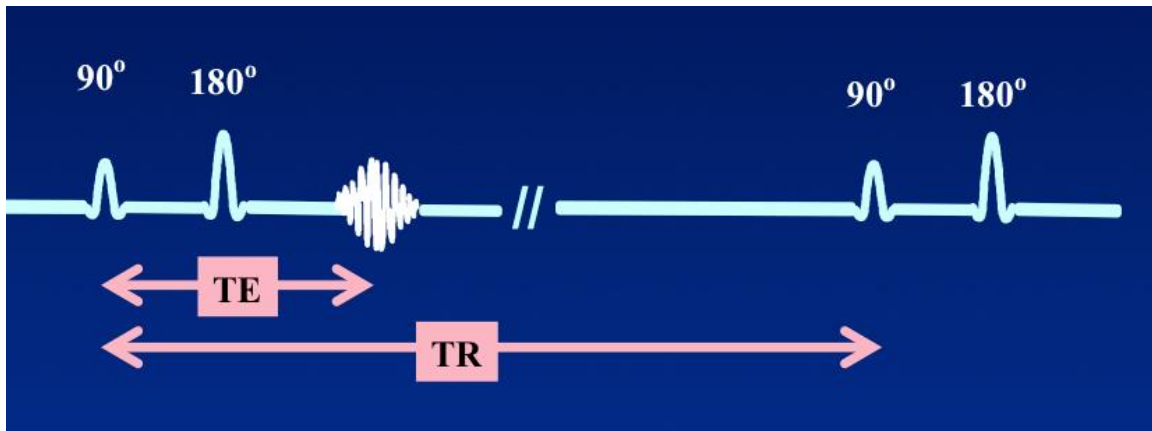
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

απεικονιστεί με σκοτεινό pixel. Άρα, οι διαφορές της έντασης σήματος οφείλονται σε διαφορές T1 μεταξύ των ιστών και επιλέγοντας κατάλληλο TR μπορούν να αναδειχθούν.

$\downarrow TR \rightarrow \uparrow T1$ αντίθεση

Κατά τη χαλάρωση, η εγκάρσια μαγνήτιση αποσβαίνει με ρυθμό που ορίζει η καμπύλη χαλάρωσης T2. Το χρονικό διάστημα μεταξύ ενός παλμού και της λήψης του σήματος ονομάζεται χρόνος ηχούς TE (time to echo). Μεγάλη εγκάρσια μαγνήτιση (μικρό TE) δίνει ισχυρό σήμα και θα αποδοθεί σε φωτεινό pixel ενώ η μικρή εγκάρσια μαγνήτιση (μεγάλο TE) δίνει ασθενές σήμα άρα θα αποδοθεί σε σκοτεινό pixel. Όταν το TE είναι μεγαλύτερο η αντίθεση μεταξύ των ιστών είναι μέγιστη.

$\uparrow TE \rightarrow \uparrow T2$ αντίθεση



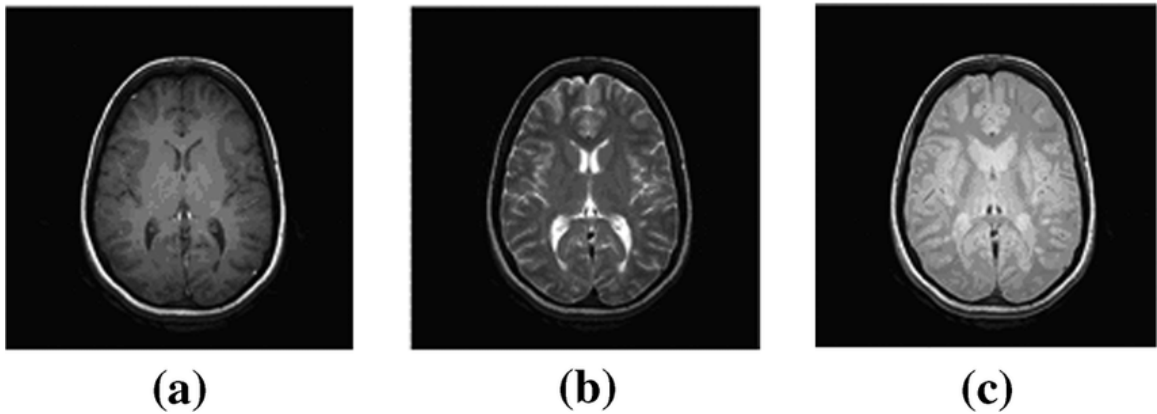
Εικόνα 2.9 Σχηματική αναπαράσταση των χρόνων TR και TE

Το βάρος εικόνας υποδηλώνει ότι οι παράμετροι απεικόνισης έχουν επιλεγεί έτσι ώστε η αντίθεση να βασίζεται στις διαφορές ενός ενδογενούς χαρακτηριστικού που έχει επιλεγεί (T1, T2, PD).

Οι παρακάτω σχέσεις αποδίδουν τα βάρη εικόνας για τις Spin Echo ακολουθίες :

- T2- weighted : $\uparrow TR + \uparrow TE \rightarrow \downarrow T1W + \uparrow T2W \rightarrow T2W$
- T1-weighted: $\downarrow TR + \downarrow TE \rightarrow \uparrow T1W + \downarrow T2W \rightarrow T1W$

- PD-weighted : $\uparrow TR + \downarrow TE \rightarrow \downarrow T1W + \downarrow T2W \rightarrow PDW$

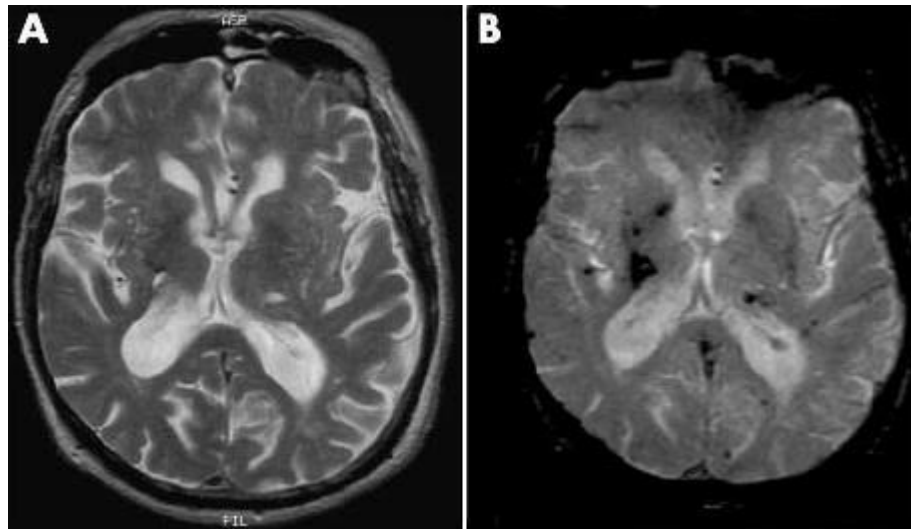


Εικόνα: 2.10 (a) T1W , (b) T2W , (c) PDW

Στις Gradient Echo ακολουθίες το βάρος εικόνας εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης θ και το χρόνο ηχούς. Επομένως, οι σχέσεις που αποδίδουν το βάρος εικόνας σε αυτές τις ακολουθίες είναι οι κάτωθι:

- T2- weighted : $\downarrow \theta + \uparrow TE \rightarrow \downarrow T1W + \uparrow T2^*W \rightarrow T2^*W$
- T1-weighted: $\uparrow \theta + \downarrow TE \rightarrow \uparrow T1W + \downarrow T2^*W \rightarrow T1W$
- PD-weighted : $\downarrow \theta + \downarrow TE \rightarrow \downarrow T1W + \downarrow T2^*W \rightarrow PDW$

Ο χρόνος $T2^*$ είναι περίπου ίδιος με τον χρόνο $T2$ ωστόσο υπάρχουν κάποιες διαφορές. Ο χρόνος $T2$ οφείλεται στις αλληλεπιδράσεις των πρωτονίων μεταξύ τους. Υπάρχει και ο χρόνος $T2'$ ο οποίος οφείλεται στις ανομοιογένειες του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου . Ο χρόνος $T2^*$ αποτελεί το άθροισμα των δύο παραπάνω χρόνων και οφείλεται και στις διαμαγνητικές αλληλεπιδράσεις των πρωτονίων καθώς και στις ανομοιογένειες του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Μια ακολουθία Spin Echo μπορεί να παράγει μόνο εικόνες $T2$ ενώ μια ακολουθία Gradient Echo μπορεί να παράγει μόνο εικόνες $T2^*$.^[10]



Εικόνα 2.11 : (A). T2W , (B) T2*W

Τεχνική παραθύρου

Στη μαγνητική τομογραφία η ένταση σήματος του voxel δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τους χρόνους χαλάρωσης T1 και T2 και τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται. Όπως και στην υπολογιστική τομογραφία χρησιμοποιείται η τεχνική παραθύρου, δηλαδή, η επιλογή του εύρους (Window Width - WW) και του κέντρου (Window Level - WL). Εντάσεις με τιμές μεγαλύτερες του εύρους αποδίδονται λευκές ενώ τιμές μικρότερες του εύρους αποδίδονται μαύρες.

Το μικρό εύρος δίνει υψηλή αντίθεση ενώ το μεγάλο εύρος δίνει χαμηλή αντίθεση.

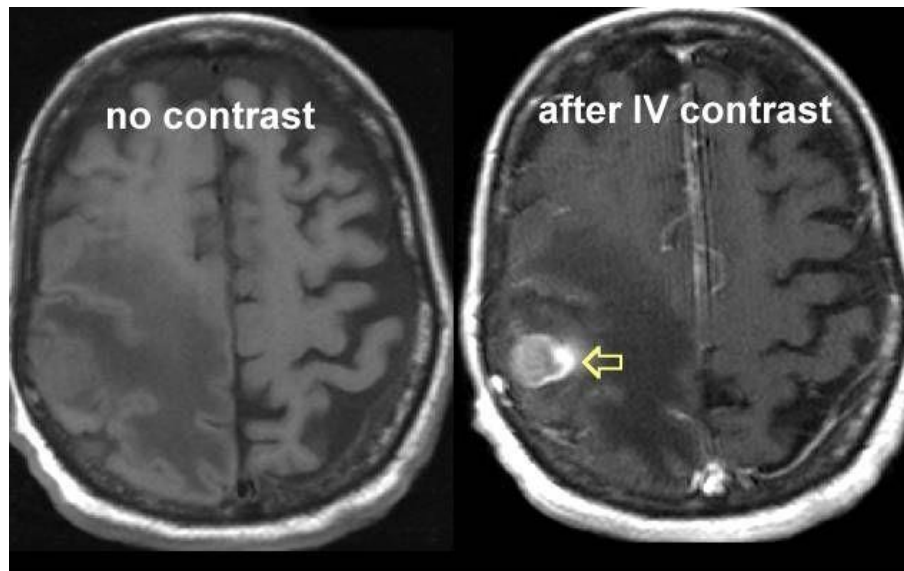
Μέσα Σκιαγραφικής Αντίθεσης

Τα μέσα σκιαγραφικής αντίθεσης που χρησιμοποιούνται στη μαγνητική τομογραφία περιέχουν παραμαγνητικά ή υπερπαραμαγνητικά σωματίδια που επηρεάζουν τους χρόνους T1 και T2.

Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο μέσο σκιαγραφικής αντίθεσης είναι το γαδολίνιο. Τα σύμπλοκά τους είναι χηλικές ενώσεις.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Το γαδολίνιο εγχύεται στο αίμα και κατανέμεται στον ενδαγγειακό χώρο και στην συνέχεια μεταφέρεται στον εξωκυττάριο χώρο. Το γαδολίνιο μειώνει το χρόνο χαλάρωσης T1 των ιστών όπου αυτό συγκεντρώνεται με αποτέλεσμα οι ιστοί αυτοί να αναδεικνύονται φωτεινότεροι σε εικόνες T1W. Τα παραμαγνητικά μέσα σκιαγραφικής αντίθεσης αποβάλλονται από τη νεφρική οδό με βιολογικό χρόνο ημίσειας ζωής της τάξης των 90 λεπτών. Η δοσολογία εξαρτάται αποκλειστικά από το βάρος του εξεταζόμενου και είναι $\text{kg} \times 0.2 \text{ ml/ kg}$.



Εικόνα 2.12 δευτεροπαθής εντόπιση (μετάσταση) στον εγκέφαλο πριν και μετά τη χορήγηση σκιαγραφικού μέσου

2.4 Ποιότητα εικόνας στη μαγνητική τομογραφία

2.4.1 Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)

Το σήμα του μαγνητικού συντονισμού σχετίζεται με τη φωτεινότητα του pixel. Οι τυχαίες διακυμάνσεις στις τιμές όμοιων pixel που δίνουν στην εικόνα μια κοκκώδη απεικόνιση αποτελούν το θόρυβο της εικόνας. Η ποιότητα της εικόνας όμως, εξαρτάται από τη σχέση της έντασης του σήματος προς το θόρυβο (SNR: Signal to Noise Ratio)

Ο λόγος SNR επηρεάζεται από το χρόνο TR, το χρόνο TE και τη γωνία πρόσπτωσης. Μεγάλο TR βελτιώνει το SNR ενώ μικρό TR αυξάνει το κορεσμό των ιστών και μειώνει το SNR. Το μεγάλο TE προκαλεί μεγάλη απώλεια συμφασικότητας άρα και ο λόγος SNR μειώνεται. Η γωνία πρόσπτωσης επηρεάζει το λόγο SNR ανάλογα με τη γωνία Ernst, δηλαδή εάν η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη από τη γωνία Ernst έχουμε μείωση του λόγου και το αντίστροφο.

Επίσης, ο λόγος SNR επηρεάζεται από το μέγεθος του voxel. Αύξηση του μεγέθους του voxel οδηγεί και σε αύξηση του SNR (αύξηση πάχους τομής, αύξηση FOV, μείωση μήτρας).

Ο αριθμός των διεγέρσεων (NEX) επηρεάζει το λόγο SNR με τη σχέση:

$$SNR = \sqrt{NEX}$$

Το εύρος συχνοτήτων δέκτη rBW επηρεάζει το λόγο SNR. Όσο αυξάνεται το rBW τόσο μειώνεται το SNR. Αυτό συμβαίνει διότι το σύστημα κάνει δειγματοληψία σε περισσότερο θόρυβο.

Το είδος και η θέση του πηνίου επηρεάζουν σημαντικά το λόγο σήματος προς θόρυβο. Όσο αυξάνεται η διάμετρος του πηνίου αυξάνεται και ο θόρυβος, το σήμα μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από το εξεταζόμενο θέμα και όσον αφορά τη τοποθέτηση, ο λόγος σήματος προς θόρυβο μειώνεται όσο τα πηνία τοποθετούνται με γωνία στον άξονα z. ^{[8],[9],[10],[11]}

2.4.2 Χωρική Διακριτική Ικανότητα

Η χωρική διακριτική ικανότητα ενός συστήματος είναι η ικανότητα του συστήματος αυτού να ξεχωρίσει γειτονικές οντότητες με παρόμοια πυκνότητα ως δύο διαφορετικές δομές.

Η χωρική διακριτική ικανότητα επηρεάζεται από το πάχος τομής. Όσο πιο λεπτές είναι οι τομές που λαμβάνουμε τόσο καλύτερη χωρική διακριτική ικανότητα έχουμε στο σύστημά μας.

Βελτιωμένη χωρική διακριτική ικανότητα έχουμε με αύξηση της μήτρας απεικόνισης, με μείωση του FOV, με χαμηλό ETL (Echo Train Length) και χρήση 3D τεχνικής.^{[8],[9],[10],[11]}

2.4.3 Χρόνος Συλλογής Δεδομένων

Ο χρόνος συλλογής δεδομένων για το σχηματισμό εικόνας με 2D τεχνική είναι ευθέως ανάλογος του χρόνου επανάληψη TR, του αριθμού βημάτων κωδικοποίησης φάσης Ny και του αριθμού διεγέρσεων NEX.

$$\text{Χρόνος συλλογής δεδομένων} = TR \times Ny \times NEX$$

Σε μια ακολουθία FSE ο χρόνος συλλογής δεδομένων είναι αντιστρόφως ανάλογος του ETL δηλαδή :

$$\text{Χρόνος συλλογής δεδομένων} = \frac{TR \times Ny \times NEX}{ETL}$$

Για τη 3D τεχνική ο χρόνος συλλογής δεδομένων εξαρτάται και από έναν επιπλέον παράγοντα, τον αριθμό τομών Nz κατά τη κωδικοποίηση τομής. Δηλαδή:

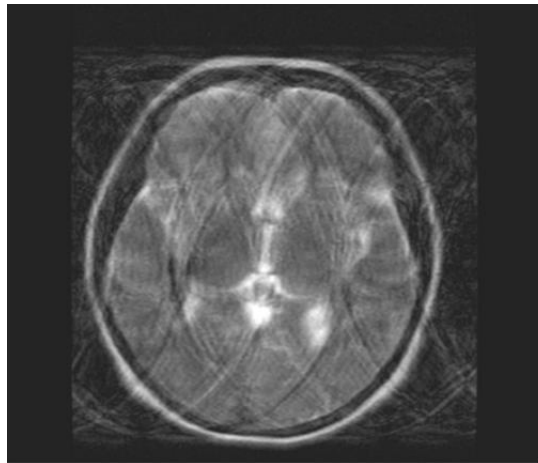
$$\text{Χρόνος συλλογής δεδομένων} = TR \times Ny \times NEX \times Nz$$

Η μείωση βημάτων κωδικοποίησης φάσης επηρεάζει τη χωρική διακριτική ικανότητα και το λόγο SNR. Η μείωση βημάτων κωδικοποίησης φάσης μπορεί να γίνει με διαφορές τεχνικές όπως με επιλογή half fourier, reduced matrix, rectangular FOV και με χρήση παράλληλης απεικόνισης.^{[8],[9],[10],[11]}

2.5 Τεχνικά σφάλματα

Τεχνικά σφάλματα ονομάζουμε τις παραμορφώσεις στην εικόνα οι οποίες είναι ανεπιθύμητες και μειώνουν την ποιότητα εικόνας. ^[12]

Στη μαγνητική τομογραφία παρατηρούνται γεωμετρικές παραμορφώσεις οι οποίες είναι πολύ πιθανόν να παρεμποδίσουν τη διάγνωση ή να έχουν ως αποτέλεσμα λανθασμένα συμπεράσματα κρύβοντας ή μιμούμενα παθολογία.



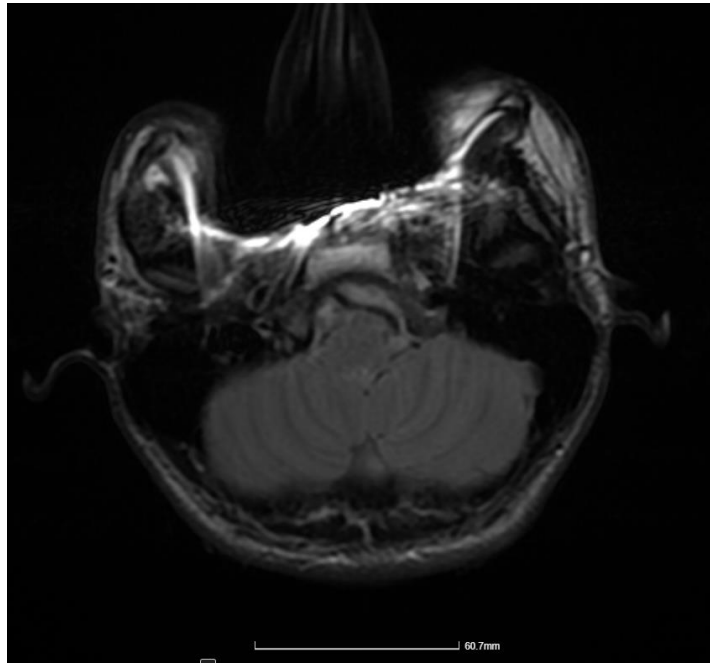
Εικόνα 2.13 Παραμόρφωση εικόνας μαγνητικής τομογραφίας εγκεφάλου από συνεχόμενη κίνηση του ασθενούς

Τα αίτια παραμορφώσεων στο μαγνητικό συντονισμό χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

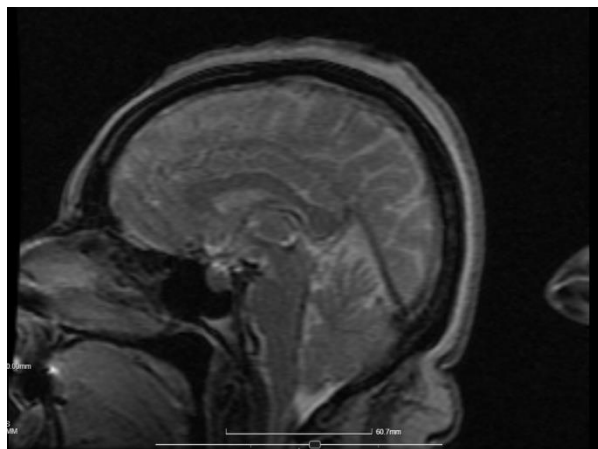
- Παραμορφώσεις λόγω κίνησης, οι οποίες εμφανίζονται σαν είδωλα (ghost images) κατά μήκος της κωδικοποίησης φάσης και δημιουργούνται είτε από φυσιολογικές κινήσεις στον ανθρώπινο οργανισμό όπως η ροή του αίματος είτε από ακούσια κίνηση του εξεταζόμενου κατά τη διάρκεια της σάρωσης.
- Παραμορφώσεις λόγω της ανομοιογένειας του πεδίου που δημιουργείται σε ένα μαγνητικό τομογράφο κυρίως λόγω προβλημάτων hardware αλλά και λόγω μαγνητικής επιδεκτικότητας.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

- Παραμορφώσεις λόγω ψηφιακής επεξεργασίας των σημάτων για παραγωγή εικόνας όπως σφάλματα αναδίπλωσης, σφάλματα κατά τον μετασχηματισμό Fourier κ.α. [8],[9],[12]



Εικόνα 2.14 Παραμόρφωση της εικόνας λόγω ανομοιογένειας από μεταλλικά σιδεράκια στα δόντια



Εικόνα 2.15 Παραμόρφωση εικόνας λόγω σφάλματος στη ψηφιακή επεξεργασία (σφάλμα αναδίπλωσης)

Κεφάλαιο 3 : Συμβατικά πρωτόκολλα απεικόνισης εγκεφάλου

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί την πιο εξελιγμένη μέθοδο απεικόνισης και διερεύνησης παθήσεων που αφορούν το κεντρικό νευρικό σύστημα. Η άριστη ευκρίνεια στις εικόνες που λαμβάνει επιτρέπει στους ιατρούς ακτινολόγους να διαγνώσουν με ακρίβεια την ύπαρξη ή την απουσία οποιασδήποτε βλάβης.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα, η μέθοδος παρουσιάζει και κάποια σημαντικά μειονεκτήματα που δυσχεραίνουν την εφαρμογή της απεικόνισης με μαγνητικό συντονισμό.

Η κλειστοφοβία αποτελεί το σπουδαιότερο μειονέκτημα κατά πολλούς καθώς δυσκολεύονται αρκετά έως αδυνατούν να πραγματοποιήσουν την εξέταση.

Ακόμη, επειδή η διάρκεια της εξέτασης είναι μεγάλη (από 30-60 λεπτά), η ακινησία είναι αδύνατη και κάποιοι εξεταζόμενοι εκφράζουν κούραση, όπως επίσης και ο θόρυβος τους προκαλεί ταραχή ή αναφέρουν συχνά ότι η ένταση του θορύβου τους προκαλεί πονοκέφαλο. Αυτός είναι και ο λόγος όπου σε επείγουσες καταστάσεις της νευροχειρουργικής προτιμάται η αξονική τομογραφία.

Επιπλέον, τα μεταλλικά στοιχεία εντός του ανθρωπίνου σώματος (λάμες, βίδες βηματοδότες, stent, αντισυλληπτικό spiral, κ.α.) αποτελούν αντένδειξη πραγματοποίησης εξέτασης καθώς δεν είναι όλα τα μέταλλα συμβατά με το μαγνητικό τομογράφο. Βέβαια, με τις περισσότερες εκτεταμένες κλινικές εφαρμογές του μαγνητικού συντονισμού τα νέα εμφυτεύματα έχουν γίνει ασφαλέστερα ή και απόλυτα συμβατά με το μαγνητικό τομογράφο.



Εικόνα 3.1 Μη συμβατά μεταλλικά αντικείμενα

Η εξέταση της μαγνητικής τομογραφίας δεν είναι τόσο ακριβής για όλα τα νοσήματα όπως π.χ. τα κατάγματα, καθώς επίσης και το μεγάλο κόστος της εξέτασης δεν καλύπτεται από όλα τα ασφαλιστικά ταμεία.

Στα παρακάτω κεφάλαια θα αναλυθεί η δομή των πρωτοκόλλων για την απεικόνιση του εγκεφάλου.

3.1 Προετοιμασία και τοποθέτηση εξεταζομένου

Κατά την υποδοχή του εξεταζόμενου στο τμήμα μαγνητικής τομογραφίας δίνεται στον ασθενή μια γραπτή φόρμα συγκατάθεσης και εξηγείται με λεπτομέρεια η διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Ο ασθενής θα πρέπει με πολύ προσοχή να διαβάσει τη φόρμα και να απαντήσει με ειλικρίνεια και σαφήνεια σε όλα τα ερωτήματα. Το προσωπικό του μαγνητικού τομογράφου θα πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η φόρμα έχει υπογραφεί από τον εξεταζόμενο ή από τους νόμιμους συνοδούς του.

ΓΜΗΜΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Έχετε κάνει ξανά Μαγνητική Τομογραφία; ΝΑΙ ΟΧΙ
Σας χορηγήθηκε ενδοφλέβιο σκιαγραφικό; ΝΑΙ ΟΧΙ
Αν απαντήσατε **ΝΑΙ**, παρουσιάσατε μετά την χορήγηση του σκιαγραφικού, δύσπνοια, φαγούρα στο δέρμα ή κάτι άλλο;

Υπάρχει έστω και μικρή πιθανότητα εγκυμοσύνης; ΝΑΙ ΟΧΙ
Θηλάζετε; ΝΑΙ ΟΧΙ

Έχετε κάποιο από τα ακόλουθα Αντικείμενα ή Ιατρικές Συσκευές στο σώμα σας;
Βηματοδότης ή απινιδωτής ΝΑΙ ΟΧΙ
Clip για αντιμετώπιση Ανευρύσματος Εγκεφάλου ΝΑΙ ΟΧΙ
Μεταλλικό αντικείμενο μέσα στο Μάτι σας ΝΑΙ ΟΧΙ
Ιατρικά Εμφυτεύματα στο Αυτί σας ΝΑΙ ΟΧΙ
Νευροδιεγέρτης ΝΑΙ ΟΧΙ
Κάποιο Άλλο Μεταλλικό αντικείμενο (περιγράψτε το)

Πάσχετε από νεφρική ανεπάρκεια; ΝΑΙ ΟΧΙ
Έχετε αλλεργικό άσθμα ή γνωστή αλλεργία και σε τι:

Δέχομαι την χορήγηση παραμαγνητικής ουσίας εφόσον απαιτείται ΝΑΙ ΟΧΙ

Υπογραφή

Εικόνα 3.2 Ερωτηματολόγιο ασφαλείας

Αν ο ασθενής έχει οποιοδήποτε μεταλλικό εμφύτευμα θα πρέπει να επιβεβαιωθεί η συμβατότητά του και να αποφασιστεί εάν θα πραγματοποιηθεί η εξέταση ή όχι.

Στη συνέχεια, λαμβάνεται με ιδιαίτερη μέριμνα το ιστορικό του εξεταζόμενου καθώς και όλες εκείνες οι πληροφορίες που θα βοηθήσουν τον ιατρό ακτινολόγο στη διάγνωση της εξέτασης.

Σε περιπτώσεις χορήγησης μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης θα πρέπει να εξηγηθεί με λεπτομέρεια στον εξεταζόμενο η διαδικασία χορήγησης και να εξασφαλιστεί η απουσία οποιουδήποτε είδους αλλεργίας σε φάρμακο, τροφή, φυτό, ζώο, δήγμα εντόμου καθώς και να διερευνηθεί η καλή νεφρική λειτουργία του εξεταζόμενου μέσω ελέγχου της παραμέτρου GFR (για το γαδολίνιο απαιτείται $GFR > 30$). Σε περίπτωση αλλεργίας και σε εξέταση που πραγματοποιείται σε εξωτερική βάση από το νοσοκομείο χορηγείται αντιαλλεργική αγωγή με κορτιζόνη και αντιισταμινικά

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

σύμφωνα με τις οδηγίες του WHO (World Health Organization) ώστε να προστατευτεί ο οργανισμός από οποιαδήποτε αλλεργική αντίδραση.

Αφού συμπληρωθεί η φόρμα με όλες τις πληροφορίες και ληφθεί και το ιστορικό, ο ασθενής οδηγείται σε ένα ειδικά διαμορφωμένο χώρο όπου αφαιρεί τα προσωπικά του αντικείμενα (π.χ. ζώνες, κοσμήματα, κέρματα, κλειδιά κ.λπ.).

Σε περιπτώσεις, κλειστοφοβίας επιτρέπεται η παρουσία συνοδού στο χώρο ο οποίος ομοίως θα πρέπει να έχει αφαιρέσει τα μεταλλικά αντικείμενα που πιθανόν φέρει.

Στη συνέχεια, ο ασθενής τοποθετείται στο μαγνητικό τομογράφο για την έναρξη της εξέτασης. Η κεφαλή του ασθενούς πρέπει να τοποθετηθεί στο κέντρο του πηνίου του εγκεφάλου, με το γένειο ευθειασμένο προς τα άνω. Ο ασθενείς θα πρέπει να φοράει ωτοασπίδες για την προστασία της ακοής και για να προσφερθεί άνεση στον εξεταζόμενο. Επίσης, θα πρέπει να τοποθετηθούν μαξιλάρια ακινητοποίησης για να ελαττωθεί οποιαδήποτε κίνηση. Δίνεται στον εξεταζόμενο πουάρ ηχητικής ειδοποίησης προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση ανάγκης.



Εικόνα 3.3: Τοποθέτηση ασθενούς για μαγνητική εγκεφάλου

Τέλος, ο τεχνολόγος ανάβει τη δέσμη laser, επικεντρώνει σωστά το ανατομικό θέμα με σημείο αναφοράς το κέντρο του πηνίου του εγκεφάλου ή το επίπεδο ακριβώς κάτω από τα μάτια και εισάγει τον ασθενή στον μαγνητικό τομογράφο (στο ισόκεντρο - κέντρο του gantry).

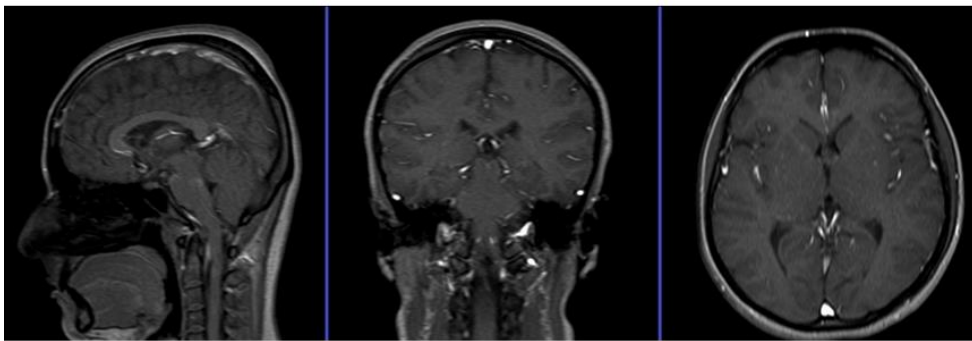
Η μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου χρησιμοποιείται κατά βάση σε ασθενείς που πάσχουν από αγγειακά-ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια, λοιμώξεις και φλεγμονές,

γνωσιακές διαταραχές, διαταραχές μνήμης και στην άνοια. Ακόμη, χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της πολλαπλής σκλήρυνσης, την επιληψία και την απώλεια συνείδησης. Επιπλέον, σε όγκους εγκεφάλου ή μεταστάσεις, σε εγκεφαλικές βλάβες, εκ γενετής ανωμαλίες, σε παθολογία αγγείων, κεφαλαλγίες, αιμορραγίες, τραύματα καθώς και σε σταδιοποίηση ασθενών με καρκίνο. [8],[9],[10],[11]

3.2 Τυπική εξέταση εγκεφάλου – Βασικό πρωτόκολλο

Το βασικό πρωτόκολλο απεικόνισης του εγκεφάλου χρησιμοποιείται όταν ασθενείς παραπέμπονται για μαγνητική τομογραφία, χωρίς κάποιο κλινικό εύρημα. Εφαρμόζεται δε σε περιπτώσεις γενικής ή μη ειδικής κεφαλαλγίας και προληπτικού ελέγχου.

Στην αρχή λαμβάνεται ένα τοπόγραμμα τριών επιπέδων με λήψη 1-3 τομών διάρκειας 25'' και είναι συνήθως T1 βάρους εικόνα χαμηλής ανάλυσης.



Εικόνα 3.4: Τοπόγραμμα μαγνητικής εγκεφάλου σε τρία επίπεδα

Στη συνέχεια γίνεται ο γραφικός σχεδιασμός των ακολουθιών:

Axial T2 FSE:

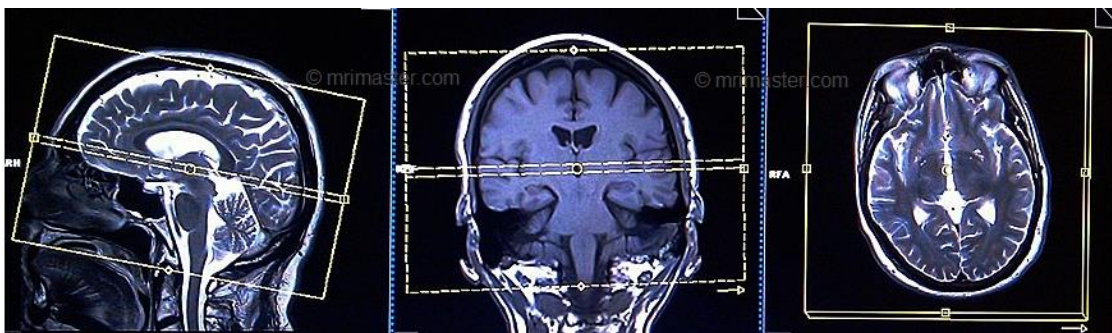
Σχεδιάζονται οι εγκάρσιες τομές στο οβελιαίο επίπεδο με γωνία τέτοια ώστε το πακέτο τομών να είναι παράλληλο με το μεσολόβιο και να καλύπτεται το εγκεφαλικό παρέγχυμα από το άνω τμήμα του έως και τη παρεγκεφαλίδα. Ελέγχεται και η

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

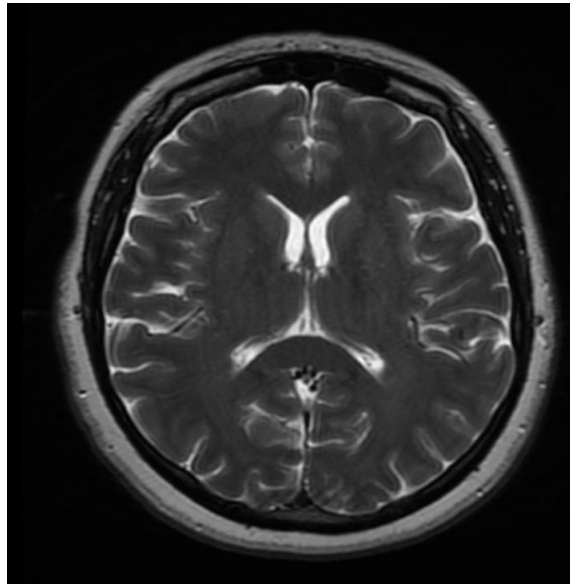
στερεοταξία στα άλλα δύο επίπεδα. Οι τυπικοί παράμετροι της ακολουθίας αυτής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|-----------|
| TR | 3000-4000 |
| TE | 100-120 |
| Slice Thickness | 5mm |
| Flip Angle | 130-150 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 320x320 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NEX | 2 |
| | |

Πίνακας 1 Παράμετροι ακολουθίας Axial T2



Εικόνα 3.5: Γραφικός σχεδιασμός axial T2 ακολουθίας



Εικόνα 3.6: Axial T2 FSE

Axial T2 Flair:

Η Flair (Fluid Alternated Inversion Recovery) αποτελεί μια inversion recovery (IR) ακολουθία που χρησιμοποιεί μεγάλες τιμές TR ώστε η ένταση του ENY να είναι μηδενική κατά την εφαρμογή του παλμού 90° και μεγάλες τιμές TE ώστε να πάρουμε εικόνα βάρους T2. Η χρήση παλμού FSE (Fast Spin Echo) και Variable angle FSE αντί για την απλή Spin Echo την καθιστά εξαιρετικά χρήσιμη στη κλινική πράξη. Στην FLAIR χρησιμοποιούνται κατά βάση εικόνες magnitude (ανασχηματισμένες εικόνες με βάση την απόλυτη τιμή).^{[8],[9]}

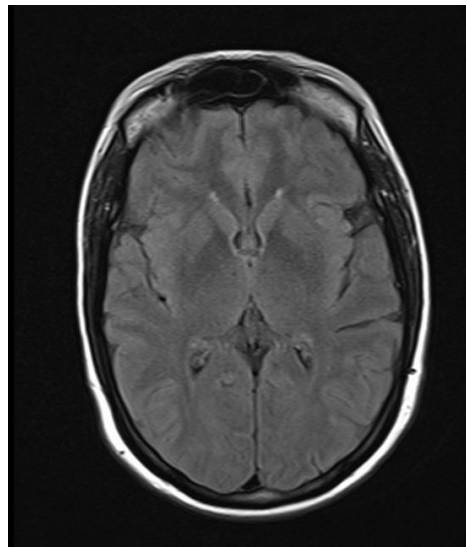
Ο σχεδιασμός του πακέτου τομών είναι όμοιος με τη προηγούμενη εγκάρσια ακολουθία. Οι τυπικές τιμές παραμέτρων απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|-----------|
| TR | 7000-9000 |
| TE | 110 |
| Slice Thickness | 5mm |

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

| | |
|-------------------|---------|
| Flip Angle | 130 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 320x320 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NEX | 2 |
| TI | 2500 |

Πίνακας 2 Παράμετροι ακολουθίας Axial T2 FLAIR



Εικόνα 3.7 : Axial T2 FLAIR

Diffusion Weighted Image (DWI) epi3scan trace axial:

Η μοριακή διάχυση αναφέρεται κυρίως στην τυχαία θερμική κίνηση των μορίων. Η κίνηση αυτή εμφανίζεται αποκλειστικά σε μακροσκοπική κλίμακα και ορίζεται ως

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

κίνηση Brown. Αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία για τη μεταφορά ουσιών. Το φαινόμενο της διάχυσης αναφέρεται σε τυχαία μικροσκοπική κίνηση των μορίων του νερού και πρέπει να ξεχωρίζει από τη ροή του αίματος ή του ENY.

Στη μαγνητική τομογραφία για τη λήψη μιας ακολουθίας διάχυσης απαιτείται η συνεισφορά πηνίων βαθμίδας που ονομάζονται πηνία διάχυσης (diffusion gradients). Τα πηνία αυτά είναι δύο και προκαλούν μετατόπιση φάσης και αντίθετη μετατόπιση φάσης.

Ο γραφικός σχεδιασμός είναι ακριβώς ο ίδιος όπως και στις προηγούμενες ακολουθίες και οι τυπικές τιμές παραμέτρων βρίσκονται στο παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|------------|
| TR | 7000-9000 |
| TE | 110 |
| Slice Thickness | 5mm |
| Flip Angle | 130 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 192x192 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NXA | 4 |
| b-value | 0,500,1000 |

Πίνακας 3 Παράμετροι ακολουθίας DWI

Ο παράγοντας b (b factor) ορίζεται ως η απώλεια του σήματος που προκαλούν τα πηνία βαθμίδας στο voxel της τομής και εξαρτάται από την ένταση G των πηνίων βαθμίδας, του χρόνου εφαρμογής δ και τον χρόνο Δ μεταξύ των 2 πηνίων.

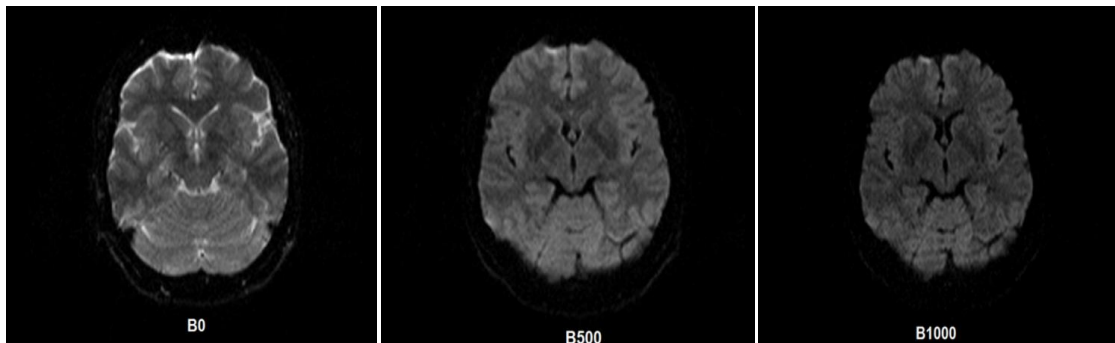
$$b = \gamma^2 * G^2 * \delta^2 * (\Delta - \frac{\delta}{3})$$

Όπου γ ο γυρομαγνητικός λόγος .

Ο παράγοντας b εκφράζεται σε μονάδες s/mm^2 και παίρνει τιμές από $500 s/mm^2$ έως $1500 s/mm^2$.

Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του παράγοντα b τόσο ισχυρότερα είναι τα αποτελέσματα της διάχυσης.

Η βέλτιστη τιμή του παράγοντα b εξαρτάται από την ισχύ του πεδίου, τον μέσο όρο σημάτων, τα ανατομικά χαρακτηριστικά καθώς και τη παθολογία που εξετάζεται. [8],[9]



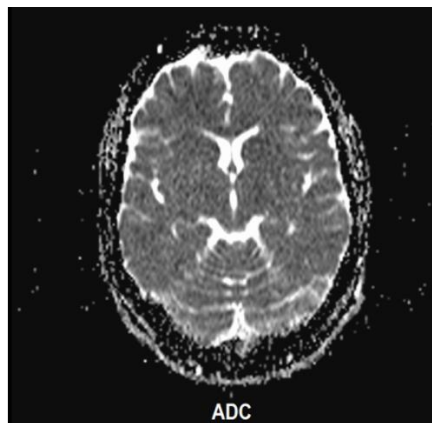
Εικόνα 3.8: Diffusion *epi* με $b=0$, $b=500$, $b=1000$

Φαινομενικός συντελεστής διάχυσης (ADC)

Η διάχυση των μορίων νερού στους ιστούς δεν είναι στη πραγματικότητα τυχαία αλλά εξαρτάται από τη δομή των ιστών. Η παρουσία κυτταρικών μεμβρανών και άλλων μακρομορίων επηρεάζουν τη διάχυση γι ' αυτό ο συντελεστής διάχυσης των διάφορων

ιστών ορίζεται ως φαινομενικός συντελεστής διάχυσης ADC (Apparent Diffusion Coefficient).

Για τον υπολογισμό του ADC είναι απαραίτητη η χρήση τουλάχιστον δύο εικόνων με διαφορετικό b. Επειδή το b μπορεί να λάβει τη τιμή μηδέν, ο υπολογισμός γίνεται από μια εικόνα βάρους T2 και μια εικόνα διάχυσης με $b > 0$. Οι μέσες τιμές ADC μπορούν να αποδοθούν σε κλίμακα του γκρι ή με χρωματική κωδικοποίηση. Οι εικόνες αυτές αποτελούν το χάρτη ADC (ADC map). Μια βλάβη που είναι φωτεινή σε εικόνα διάχυσης (περιορισμός κινητικότητας μορίων νερού) στον χάρτη ADC απεικονίζεται σκοτεινή (μειωμένος συντελεστής διάχυσης).^{[8],[9]}



Εικόνα 3.9: ADC

Coronal T1 SE:

Ο γραφικός σχεδιασμός της στεφανιαίας ακολουθίας γίνεται στο οβελιαίο και στο εγκάρσιο επίπεδο με γωνία τέτοια ώστε το πακέτο τομών να είναι κάθετο στο μεσολόβιο καλύπτοντας όλο το εγκεφαλικό παρέγχυμα.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



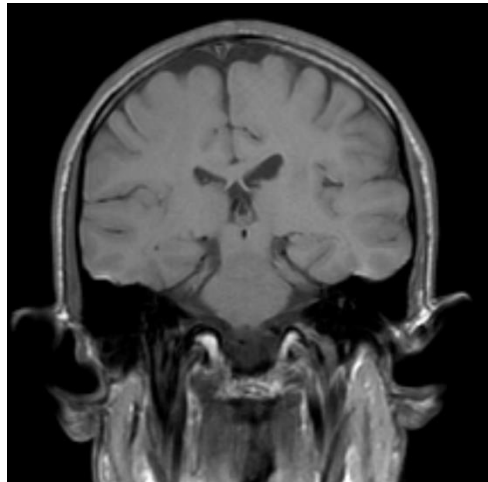
Εικόνα 3.10 : Γραφικός σχεδιασμός coronal T1

Οι τυπικές τιμές των παραμέτρων βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|---------|
| TR | 400-600 |
| TE | 15-25 |
| Slice Thickness | 5mm |
| Flip Angle | 90 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 320x320 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NEX | 2 |

Πίνακας 4 Παράμετροι ακολουθίας Coronal T1

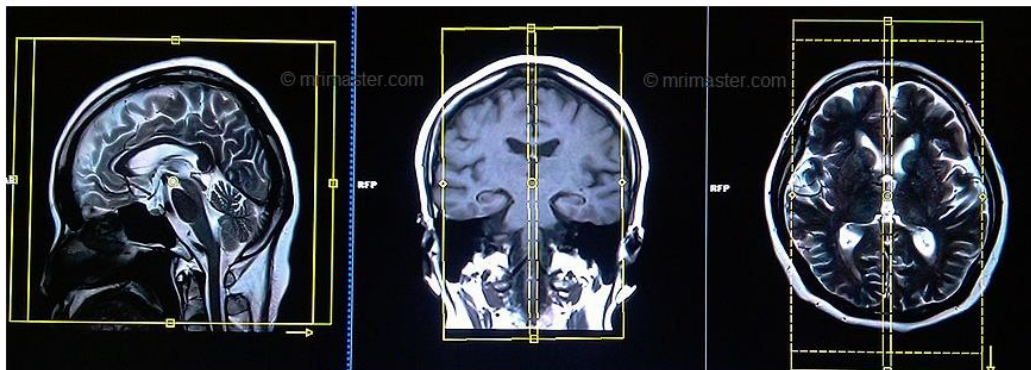
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 3.11 Coronal T1

Sagittal T2 FSE:

Σχεδιάζουμε τις οβελιαίες τομές στο εγκάρσιο επίπεδο ώστε να καλύπτεται το εγκεφαλικό παρέγχυμα από δεξιά προς τα αριστερά και να ισαπέχουν από τη μέση γραμμή.



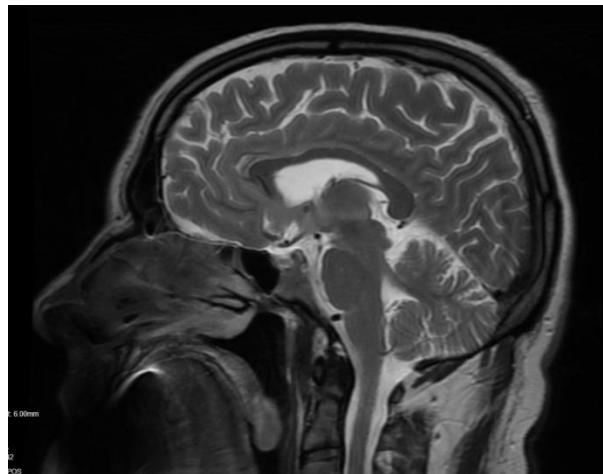
Εικόνα 3.12 : Γραφικός σχεδιασμός Sagittal T2

Οι τυπικές τιμές των παραμέτρων είναι οι κάτωθι:

| | |
|-----------|-----------|
| TR | 3000-4000 |
| TE | 100-120 |

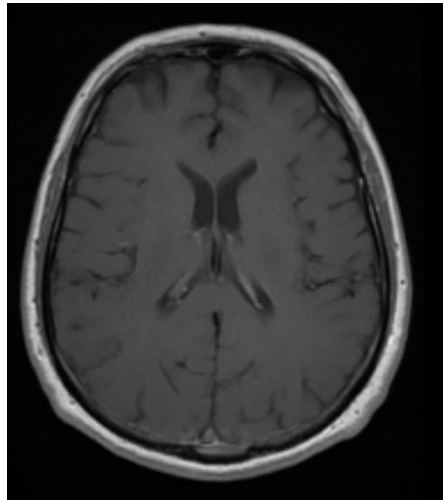
| | |
|------------------------|---------|
| Slice Thickness | 5mm |
| Flip Angle | 130-150 |
| Phase | A<P |
| Matrix | 320x320 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NEX | 2 |

Πίνακας 5 Παράμετροι ακολουθίας Sagital T2



Εικόνα 3.13: Sagital T2

Στο βασικό πρωτόκολλο εγκεφάλου και αναλόγως της παθολογίας και των ευρημάτων υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα χορήγησης μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης. Λαμβάνουμε εγκάρσιες, στεφανιαίες και οβελιαίες ακολουθίες T1 βάρους με παρόμοιο σχεδιασμό όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Η συνιστώμενη δοσολογία είναι 0,1 mmol /Kg ή 0,2 mL /Kg. ^[13]



Εικόνα 3.14 Axial T1 με σκιαγραφικό

3.3 Πρωτόκολλο επιληψίας

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί την εξέταση εκλογής σε άτομα που εμφανίζουν επιληπτικές κρίσεις σε ενήλικα άτομα ή στα πρώτα χρόνια της ζωής, σε άτομα που η θεραπεία πρώτης γραμμής με αντιεπιληπτικά φάρμακα δυσκολεύει τον έλεγχο των κρίσεων, σε αιφνίδια απουσία κρίσεων σε άτομα με γνωστό ιστορικό επιληψίας ή σε αλλαγή του τύπου της κρίσης.

Η τοποθέτηση και η προετοιμασία του εξεταζόμενου είναι όμοια με αυτή που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Στις επιπλέον ακολουθίες που απαιτούνται, περιλαμβάνονται εκείνες που ελέγχουν την ανατομική δομή του ιππόκαμπου.

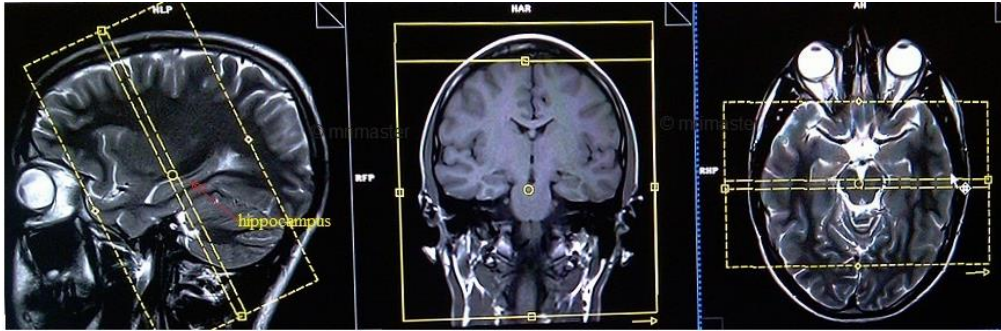
Ο ιππόκαμπος αποτελεί μια ανατομική δομή του εγκεφάλου και είναι μέρος του μεταιχμιακού συστήματος.^[14]

Ποικίλες παθολογοανατομικές μελέτες που προέρχονται από ασθενείς με επιληψία έχουν αναδείξει την νευρωνική απώλεια του ιππόκαμπου με συνοδό ιπποκάμπια σκλήρυνση^[15]

Επομένως, ο έλεγχος του ιππόκαμπου σε άτομα με επιληψία κρίνεται απαραίτητος. Οι συμπληρωματικές ακολουθίες που λαμβάνονται είναι η στεφανιαία T2 και T1 με πάχος τομής 2 mm στον ιππόκαμπο. Οι τομές αυτές είναι υψηλής ευκρίνειας και το πακέτο

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

τομών τοποθετείται κάθετα στην ανατομική δομή του ιππόκαμπου με γραφικό σχεδιασμό στην οβελιαία ακολουθία. Ελέγχονται και τα υπόλοιπα επίπεδα ώστε το πακέτο να ισαπέχει από όλες τις πλευρές. [16]



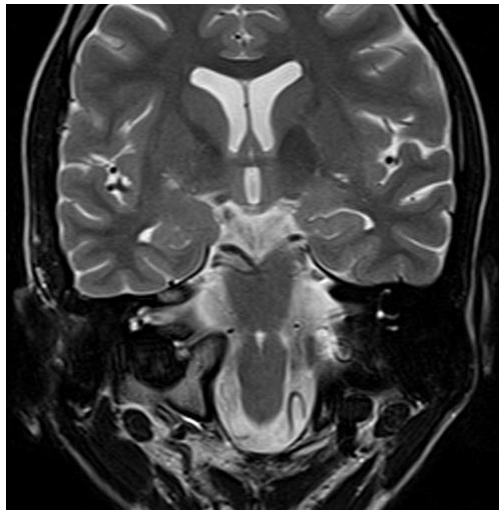
Εικόνα 3.15 : Γραφικός σχεδιασμός στεφανιαίας T1 ή T2 στον ιππόκαμπο

Βασικές παράμετροι για το παραπάνω πρωτόκολλο είναι οι εξής:

| T2 weighted | | T1 weighted | |
|------------------------|-----------|------------------------|---------|
| TR | 3000-4000 | TR | 400-600 |
| TE | 100-120 | TE | 15-25 |
| Slice Thickness | 2mm | Slice Thickness | 2mm |
| Flip Angle | 130-150 | Flip Angle | 140 |
| Phase | A>P | Phase | R>L |
| Matrix | 320x320 | Matrix | 320x320 |
| FOV | 180-200 | FOV | 180-200 |
| Gap | 10% | Gap | 10% |

| | | | |
|-----|---|-----|---|
| NEX | 4 | NEX | 4 |
|-----|---|-----|---|

Πίνακας 6 Παράμετροι T1W και T2W



Εικόνα 3.16 Coronal T2 στον ιππόκαμπο

Στα παιδιά προτείνεται να λαμβάνονται εικόνες 3D T1 weighted MPRAGE ή SPRG με πάχος τομής 1mm. Η 3D MP-RAGE είναι μια τρισδιάστατη ακολουθία ταχείας απόκτησης GRE με ανάκτηση αναστροφής. Στην ακολουθία αυτή εφαρμόζεται ένας παλμός 180° και ακολουθείται από μια gradient echo ακολουθία χρησιμοποιώντας κλίσεις επαναναστροφής. Για την παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων πραγματοποιείται κωδικοποίηση φάσης στη κατεύθυνση λήψης τομών.^[17]

Η SPRG είναι μία Spoiled Gradient ακολουθία με ανάκτηση παλμού σε σταθερή κατάσταση. Σε αυτή τη περίπτωση ένα πηνίο βαθμίδας επαναφέρει τη κατάσταση στην αρχική φάση. Η αντίθεση της εικόνας σε ακολουθίες όπως αυτή εξαρτάται από τη γωνία αναστροφής, το TR και το TE. Επειδή καταστρέφει την εγκάρσια μαγνήτιση παίρνουν κυρίως εικόνες αντίθεσης T1 ή PD.^[17]

Επιπρόσθετα, στο πρωτόκολλο επιληψίας λαμβάνουμε μια εγκάρσια ακολουθία T2 weighted inversion recovery και μια στεφανιαία T2 FLAIR στον υπόκαμπο με τυπικές παραμέτρους οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

| Axial T2 IR | | Coronal T2 FLAIR | |
|------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| TR | 5000-6000 | TR | 7000-9000 |
| TE | 40-70 | TE | 100 |
| Slice Thickness | 5mm | Slice Thickness | 3mm |
| Flip Angle | 130-150 | Flip Angle | 130-150 |
| Phase | A>P | Phase | S>I |
| Matrix | 320x320 | Matrix | 320x320 |
| FOV | 220-240 | FOV | 220-240 |
| Gap | 10% | Gap | 10% |
| NEX | 2 | NEX | 2 |

[13]

Πίνακας 7 Παράμετροι ακολουθίας Axial T2 Inversion Recovery και Coronal T2 FLAIR

3.4 Πρωτόκολλο άνοιας - γωνιακών διαταραχών

Η μαγνητική τομογραφία προσφέρει ένα ποικίλο φάσμα προσεγγίσεων για την απεικόνιση των διαταραχών μνήμης και της άνοιας.

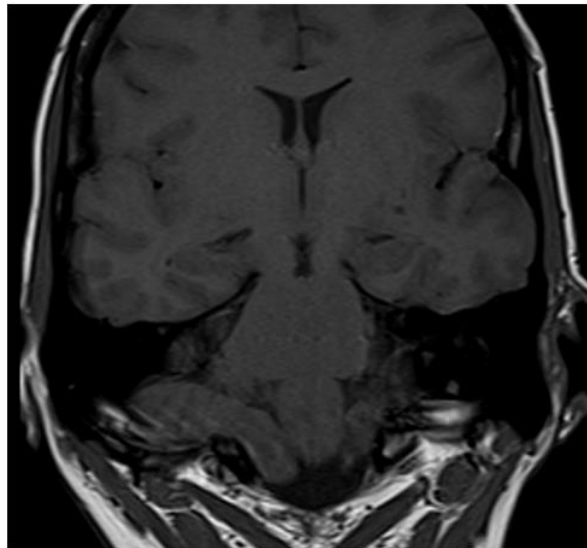
Ο υπόκαμπος, όπως και στο πρωτόκολλο επιληψίας, συνεισφέρει στη μεταφορά πληροφοριών από τη βραχυπρόθεσμη στη μακροπρόθεσμη μνήμη καθώς και τη

πλοήγηση στο χώρο. Τα άτομα με εκτεταμένες βλάβες στον ιππόκαμπο εμφανίζουν αδυναμία να σχηματίζουν και να συγκρατούν νέες πληροφορίες. Η μείωση του όγκου του ιππόκαμπου αποτελεί ένα από τα πρώτα διαγνωστικά ευρήματα της νόσου Alzheimer. ^[14]

Η πιο συχνή διαταραχή που συναντάμε στη μαγνητική τομογραφία είναι η απώλεια όγκου του εγκεφάλου η οποία εκδηλώνεται με μείωση των ελίκων και αύξηση του μεγέθους των αυλακών. Στην άνοια, οι έσω κροταφικοί λοβοί και ειδικότερα ο ιππόκαμπος και ο ενδορινικός φλοιός (ECR) είναι από τις περιοχές όπου εντοπίζεται αρχικά παθολογία.

Η απώλεια όγκου στην άνοια δεν εντοπίζεται μόνο στις παραπάνω περιοχές αλλά περιλαμβάνει το μετωπιαίο, το κροταφικό και τον ινιακό λοβό.

Κατά βάση, λοιπόν, λαμβάνεται εκτός από το βασικό πρωτόκολλο του εγκεφάλου επιπρόσθετα και μια στεφανιαία T1 weighted ακολουθία με πάχος τομής 3mm στον ιππόκαμπο. Η ίδια ακολουθία χρησιμοποιείται και σε ασθενείς με ήπια νοητική έκπτωση (MCI) και σε άτομα με διαταραχές μνήμης. Ο σχεδιασμός της είναι ακριβώς ίδιος με αυτόν που περιγράφηκε στο κεφάλαιο της επιληψίας. ^[19]



Εικόνα 3.17 Coronal T1 στον ιππόκαμπο

Οι τυπικές παράμετροι της ακολουθίας βρίσκονται στο παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|---------|
| TR | 400-600 |
| TE | 15-25 |
| Slice Thickness | 3mm |
| Flip Angle | 90 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 320x320 |
| FOV | 210-230 |
| Gap | 10% |
| NEX | 2 |

Πίνακας 8 Παράμετροι ακολουθίας Coronal T1 3mm

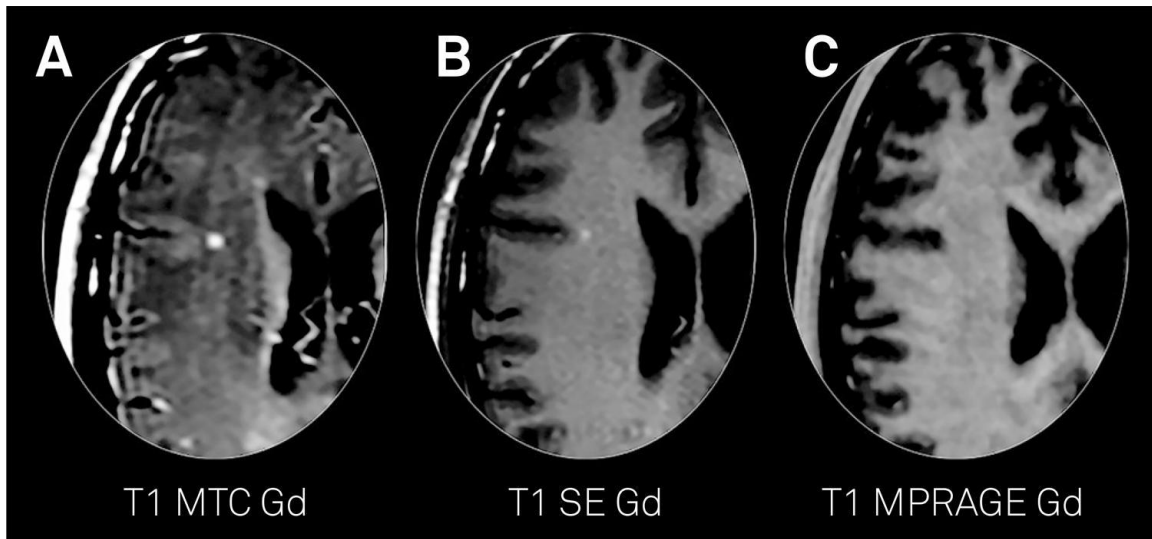
3.5 Πρωτόκολλο πολλαπλής σκλήρυνσης

Η σκλήρυνση κατά πλάκας (multiple sclerosis, MS) και οι απομυελινωτικές νόσοι είναι παθήσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος στις οποίες το έλυτρο της μυελίνης γύρω από τους νευρώνες έχει υποστεί βλάβη. Τα τελευταία χρόνια οι περιπτώσεις ατόμων με σκλήρυνση κατά πλάκας έχουν αυξηθεί και κατ' επέκταση έχει αυξηθεί και η ζήτηση εξετάσεων με μαγνητικό συντονισμό. ^[10]

Στους βιολογικούς ιστούς εκτός από τα ελεύθερα πρωτόνια περιέχουν και πρωτόνια υδρογόνου που είναι συνδεδεμένα με πρωτεΐνες τα οποία ανήκουν σε μακρομόρια και τα οποία δεν είναι ορατά στη μαγνητική τομογραφία λόγω του εξαιρετικά μικρού χρόνου χαλάρωσης T2. Στη τεχνική magnetization transfer contrast (MTC) χρησιμοποιούνται

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

παλμοί προκορεσμού ώστε να καταστείλουν τα πρωτόνια που είναι συνδεδεμένα με πρωτεΐνες. Ο κορεσμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα ιστοί με μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες να αναδεικνύονται λιγότερο φωτεινοί, ενώ ιστοί που περιέχουν μόνο ελεύθερα πρωτόνια, δηλαδή ιστοί με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες να μην επηρεάζονται. [8],[9]



Εικόνα 3.18 Εστία σκλήρυνσης σε T1 MTC , T1 SE και T1 MPRAGE

Ο σχεδιασμός της ακολουθίας είναι ακριβώς ίδιος με των προηγούμενων κεφαλαίων και οι τυπικές τιμές των παραμέτρων δίνονται από τα παρακάτω πίνακα:

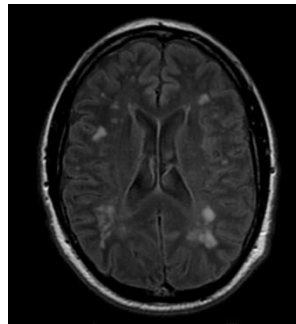
| | |
|------------------------|---------|
| TR | 300-700 |
| TE | Minimum |
| Slice Thickness | 5mm |
| Flip Angle | 130-150 |
| Phase | A>P |
| Matrix | 320x320 |

| | |
|------------|---------|
| FOV | 220-240 |
| Gap | 10% |
| NEX | 1 |

Πίνακας 9 Παράμετροι ακολουθίας Axial T1 MgT

Στο πρωτόκολλο για τη πολλαπλή σκλήρυνση εκτός από το βασικό πρωτόκολλο εγκεφάλου χρησιμοποιείται και η ακολουθία εγκάρσια T1 magnetization transfer.

Η ακολουθία αυτή λαμβάνεται ομοίως και μετά τη χορήγηση μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης με ακριβώς τον ίδιο γραφικό σχεδιασμό και τις ίδιες παραμέτρους πλην της ύπαρξης του σκιαγραφικού μέσου.



Εικόνα 3.19 Πολλαπλή σκλήρυνση σε άνδρα 59 ετών

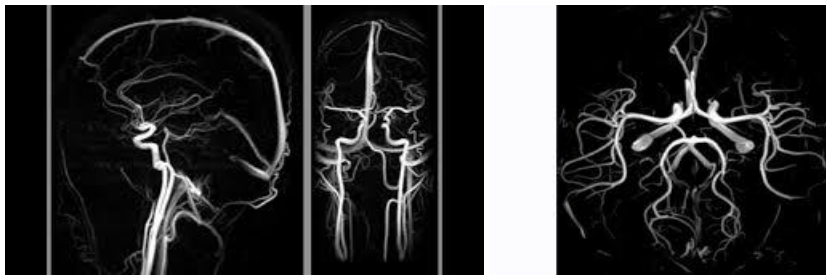
Σήμερα, στη πολλαπλή σκλήρυνση χρησιμοποιούνται και σύγχρονες μη συμβατικές τεχνικές μαγνητικής τομογραφίας όπως: η μαγνητική φασματοσκοπία, η μαγνητική τομογραφία διάχυσης (DWI-DTI) και η λειτουργική μαγνητική τομογραφία, τεχνικές που θα αναλυθούν εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

3.6 Μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου

Η μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου (MRA) αποτελεί το σύνολο των τεχνικών που εφαρμόζονται για τη μελέτη των ανωμαλιών και παθολογικών καταστάσεων των αγγείων.

Στηρίζεται στα φαινόμενα ροής ή στη πλήρωση των αγγείων με μέσο σκιαγραφικής αντίθεσης (ΜΣΑ). Το σήμα που λαμβάνεται μπορεί να είναι είτε φωτεινό με καταστολή του σήματος των ακίνητων ιστών – bright blood MRA, είτε σκοτεινό συγκριτικά με το σήμα των ακίνητων ιστών – black blood MRA.

Στη κλινική πράξη, πιο συχνά χρησιμοποιείται η τεχνική bright blood MRA η οποία υλοποιείται με τη τεχνική TOF- MRA (time of flight) που στηρίζεται στα φαινόμενα ροής στη διαμήκη μαγνήτιση, με τη τεχνική fresh blood imaging (FBI) που βασίζεται στις διαφορετικές ταχύτητες ροής μεταξύ συστολής και διαστολής και με τη PC – MRA (phase contrast) που βασίζεται σε φαινόμενα ροής στην εγκάρσια μαγνήτιση.



Εικόνα 3.20 Αγγειογραφικές εικόνες: αριστερά φλεβογραφία και δεξιά αρτηριογραφία

Βέβαια, υπάρχει και η δυνατότητα λήψης αγγειογραφικών εικόνων χωρίς τη χρήση μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης. [8],[9],[10],[11]

TOF (time of flight) – MRA

Η ακολουθία TOF είναι αυτή που χρησιμοποιείται συχνότερα στη κλινική πράξη για την απεικόνιση των αγγείων του εγκεφάλου χωρίς τη χρήση παραμαγνητικής ουσίας. Οι

τεχνικές 2D και 3D χρησιμοποιούνται για τη διάκριση των κινούμενων πρωτονίων του αίματος μέσα στα αιμοφόρα αγγεία από τους ακίνητους ιστούς. Χρησιμοποιούν ακολουθία T1W Spoiled GE με τεχνική αντιστάθμισης της ροής για κορεσμό του σήματος των ακίνητων ιστών και αξιοποίηση του σήματος του κινούμενου αίματος.

Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των ακολουθιών TOF είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση των αρτηριών, των φλεβών ή και των δύο. Προκειμένου να απεικονιστούν επιλεκτικά οι φλέβες ή οι αρτηρίες, θα πρέπει ο τεχνολόγος ακτινολόγος να τοποθετήσει μια ζώνη καταστολής κατά το γραφικό σχεδιασμό. ^[10]

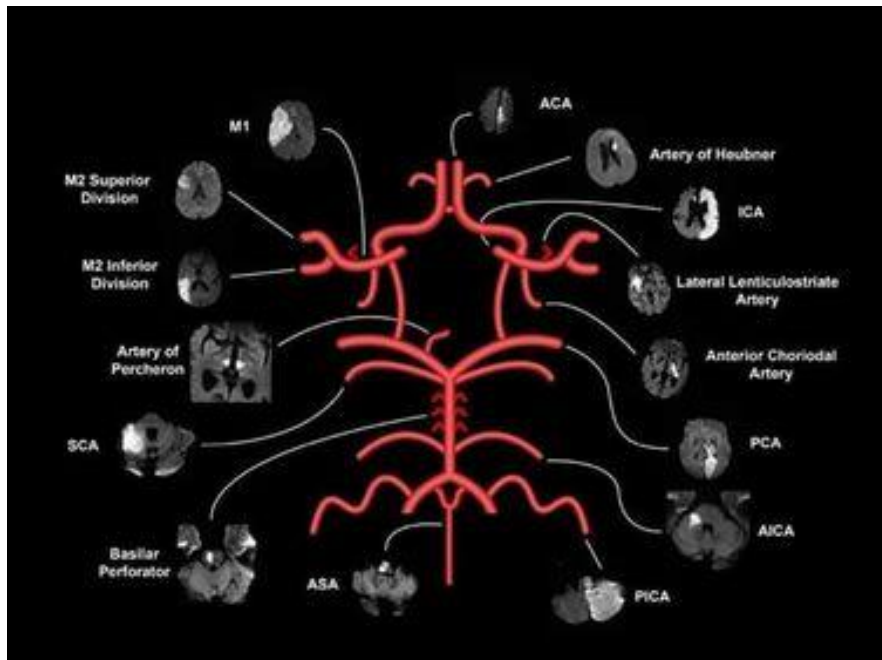
Η TOF-MRA εφαρμόζεται και σε 3D single ή multislab καθώς και σε αλληπάλληλες 2D τομές.

Στην 2D TOF-MRA λαμβάνονται πολλαπλές λεπτές τομές (slice thickness: 1-2mm) με τεχνική 2D sequential-slice για να ληφθούν εικόνες με μικρό TR που ενισχύει το σήμα ροής και επιτρέπει την εμφάνιση του φαινομένου entry slice. Η επεξεργασία των εικόνων γίνεται με την εφαρμογή MIP.

Στη 3D TOF-MRA τα δεδομένα λαμβάνονται από μια παχιά φέτα 30-60 mm και με την εφαρμογή ενός επιπλέον πηνίου κωδικοποίησης φάσης κατά τη διεύθυνση επιλογής τομής υποδιαιρώντας τις σε λεπτότερες τομές πάχους της τάξης $\leq 1\text{mm}$. Η τεχνική αυτή προσφέρει υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα με ιστροπικό voxel και υψηλό SNR. ^{[8],[9]}

3.6.1 Μαγνητική αρτηριογραφία εγκεφάλου

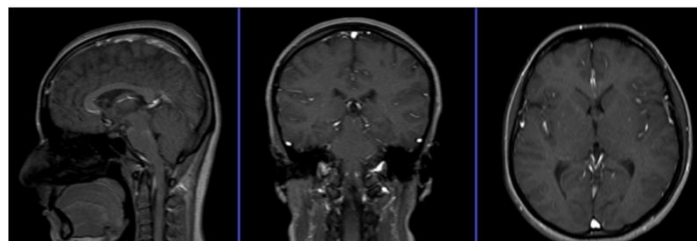
Η μαγνητική αρτηριογραφία εγκεφάλου χρησιμοποιείται για τη μελέτη ανωμαλιών στο αγγειακό σύστημα του εγκεφάλου. Οι πιο κοινές τεχνικές που εφαρμόζονται στα αγγειογραφικά πρωτόκολλα είναι η 3D και η TOF (time of flight).



Εικόνα 3.21 Απεικόνιση βλαβών στο εξάγωνο του Willis

Η προετοιμασία και η τοποθέτηση του εξεταζόμενου είναι όμοια με αυτή που περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Ομοίως λαμβάνεται ένα localizer τριών επιπέδων με διάρκεια λιγότερη των 25'' για το σχεδιασμό της εξέτασης.

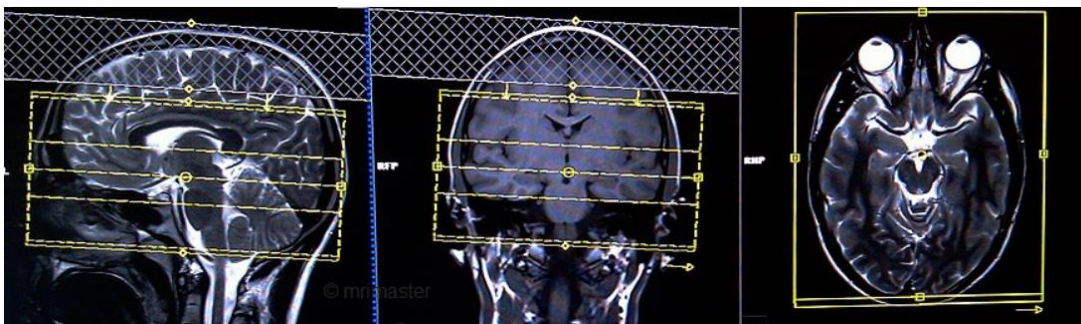


Εικόνα 3.22 Τοπόγραμμα σχεδιασμού αγγειογραφικών εικόνων

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Στη συνέχεια, λαμβάνουμε μια κλασική εγκάρσια T2 FSE ακολουθία που καλύπτει όλο το εγκεφαλικό παρέγχυμα και έχει σχεδιασμό και παραμέτρους όπως στο βασικό πρωτόκολλο απεικόνισης του εγκεφάλου.

Επιπλέον, λαμβάνεται η βασική αγγειογραφική ακολουθία 3D TOF-MRA. Σχεδιάζεται το πακέτο τομών στο οβελιαίο επίπεδο με γωνία παράλληλη στο μεσολόβιο. Οι τομές θα πρέπει να καλύπτουν πλήρως το εξάγωνο του Willis. Ελέγχουμε το πακέτο και στα άλλα δύο επίπεδα ώστε το πακέτο να ισαπέχει δεξιά και αριστερά.



Εικόνα 3.23 Γραφικός σχεδιασμός αγγειογραφικών εικόνων

Οι παράμετροι της ακολουθίας δίνονται από το παρακάτω πίνακα:

| | |
|------------------------|---------|
| TR | 30-40 |
| TE | 5-9 |
| Slice Thickness | 7mm |
| Flip Angle | 25 |
| Phase | R>L |
| Matrix | 256x256 |
| FOV | 250 |

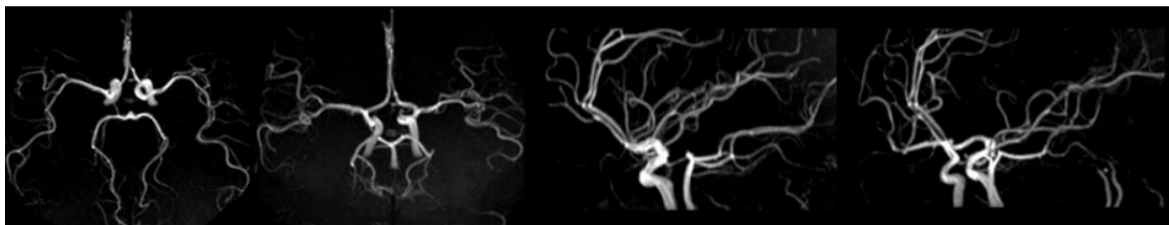
| | |
|------------|-----|
| Gap | 10% |
| NEX | 1 |
| MTC | ON |

[20]

Πίνακας 10 Παράμετροι ακολουθίας TOF

Η τεχνική magnetization transfer (MTC) θεωρείται πολύ χρήσιμη για τη TOF-MRA για τη μείωση της έντασης του σήματος του εγκεφαλικού ιστού για την ανάδειξη των μικρότερων και περιφερικών αγγείων.

Η επεξεργασία των εικόνων με MIP (Maximum Intensity Projection) χρησιμοποιείται για να μετατρέψει μια 2D προβολή σε 3D δεδομένα μέσω ενός αλγόριθμου ανίχνευσης ακμών με μέγιστο δυνατό σήμα από τα αγγεία και σχεδόν μηδενικό από τους στατικούς ιστούς. Η περιστροφή των εικόνων MIP και η λήψη πολλαπλών εικόνων (cine) μπορούν να δώσουν ικανοποιητική αντίληψη των ανατομικών και χωρικών σχέσεων των αγγείων. [8],[9],[11]



Εικόνα 3.24 Εικόνες μετά από MIP επεξεργασία

3.6.2 Μαγνητική φλεβογραφία εγκεφάλου

Η μαγνητική φλεβογραφία εγκεφάλου (MRV – magnetic resonance venography) χρησιμοποιείται για να απεικονίσει ανωμαλίες και παθολογικές καταστάσεις στο φλεβικό δίκτυο του εγκεφάλου.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές είναι η 2D TOF- MRV και η 3D – PC (Phase Contrast).

Η ακολουθία TOF είναι ακριβώς η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στη μαγνητική αγγειογραφία.

Η τεχνική Phase Contrast (PC , αντίθετης φάσης) χρησιμοποιεί rewound GE και βασίζεται στην εφαρμογή ειδικών πηνίων βαθμίδας προκειμένου να προσδώσει στην εγκάρσια μαγνήτιση των κινούμενων πρωτονίων με διαφορά φάσης ανάλογη της ταχύτητάς τους.

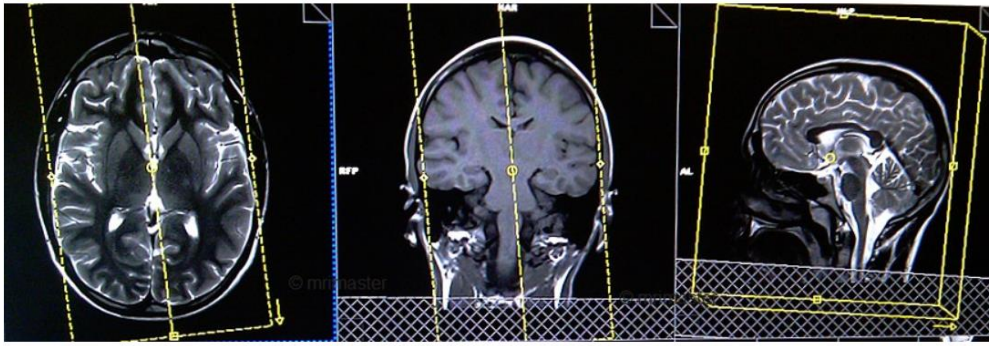
Η τεχνική αυτή λαμβάνει δύο εικόνες με δύο διπολικά βαθμιδωτά πηνία. Κάθε πηνίο αποτελείται από δύο ίσους αλλά αντίθετης πολικότητας λοβούς και στο τέλος της εφαρμογής επιφέρει μηδενικές μεταβολές φάσης στα στατικά πρωτόνια και ολίσθηση φάσης στα κινούμενα.

Η PC-MRV αποτελεί λειτουργική μέθοδο για μελέτη της ροής και λιγότερο μορφολογική μέθοδο για τη παραγωγή αγγειογραφικών εικόνων.

Η τοποθέτηση και η προετοιμασία είναι ακριβώς η ίδια όπως αυτή που αναφέρθηκε στο βασικό πρωτόκολλο του εγκεφάλου. Ομοίως λαμβάνεται ένα localiser τριών επιπέδων με διάρκεια λιγότερη των 25'' για το σχεδιασμό της εξέτασης. Στη συνέχεια, λαμβάνουμε μια κλασσική εγκάρσια T2 FSE ακολουθία που καλύπτει όλο το εγκεφαλικό παρέγχυμα και έχει σχεδιασμό και παραμέτρους όπως στο βασικό πρωτόκολλο απεικόνισης του εγκεφάλου.

Επιπλέον, λαμβάνουμε τις αγγειογραφικές εικόνες παίρνοντας είτε τη 2D TOF ακολουθία ή τη 3D Phase Contrast (PC). Σχεδιάζουμε το οβελιαίο 2D ή 3D πακέτο τομών σε γωνία 10° από τη μέση γραμμή του εγκεφάλου. Η χρήση των 10° χρησιμοποιείται ώστε να ελαχιστοποιήσει τις παρεμβολές από τη καταστολή (saturation). Χρησιμοποιείται ακόμα, και πλέγμα καταστολής σήματος στο επίπεδο του τραχήλου με στόχο να καταστείλει το σήμα από το αρτηριακό αίμα και οι τομές πρέπει να καλύπτουν εξ ολοκλήρου το εγκεφαλικό παρέγχυμα.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 3.25 Γραφικός σχεδιασμός 2D TOF- MRV και 3D – PC (Phase Contrast)

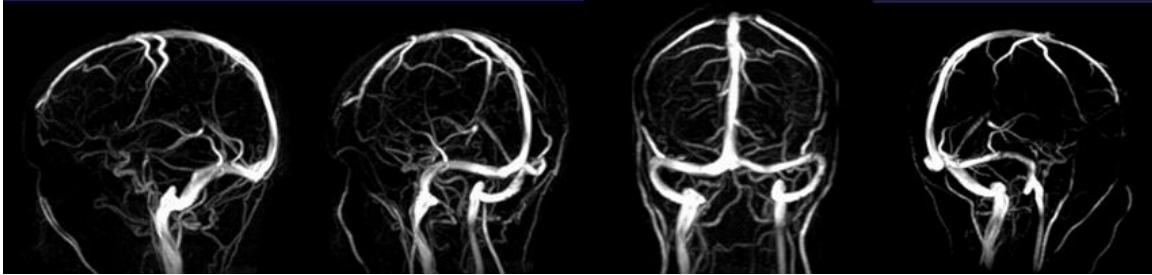
Οι τυπικές παράμετροι των ακολουθιών δίνονται από τους παρακάτω πίνακες :

| 2D TOF | | 3D PC | |
|------------------------|---------|------------------------|---------|
| TR | 28-35 | TR | 68-75 |
| TE | 5-8 | TE | 18-9 |
| Slice Thickness | 2mm | Slice Thickness | 3mm |
| Flip Angle | 60 | Flip Angle | 15 |
| Phase | A>P | Phase | A>P |
| Matrix | 256x256 | Matrix | 256X256 |
| FOV | 250 | FOV | 280 |
| Gap | -50% | Gap | 20% |
| NEX | 1 | NEX | 2 |
| MTC | ON | VELOCITY | 10 |

Πίνακας 11 Παράμετροι ακολουθίας TOF και PC

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Στη συνέχεια, η εικόνα επεξεργάζεται με τη τεχνική αλγορίθμου MIP όπως και στο υποκεφάλαιο 4.5.1. ^[21]



Εικόνα 3.26 επεξεργασία MIP φλεβογραφικών εικόνων

Κεφάλαιο 4 : Σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης του εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό

Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη κλινική πράξη για τη μορφολογική - ανατομική εικόνα που παρέχει, ωστόσο μέσω των σύγχρονων τεχνικών που χρησιμοποιούνται και εξελίσσονται τα τελευταία χρόνια παρέχεται η δυνατότητα να ληφθούν πληροφορίες που αφορούν πληθώρα βιολογικών λειτουργικών χαρακτηριστικών όπως η διάχυση των μορίων του νερού, η αιματική διήθηση, ο ρυθμός πρόσληψης του μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης, η κατανάλωση οξυγόνου των νευρώνων κ.α.

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μελετώνται από ειδικές που συνολικά ονομάζονται τεχνικές λειτουργικές απεικόνισης (functional imaging techniques). ^{[8],[9],[11]}

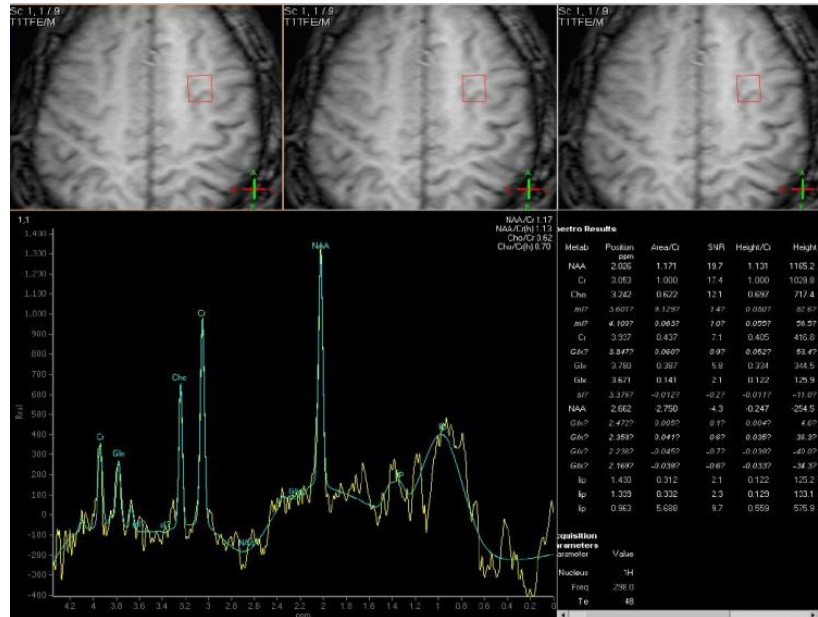
Σήμερα, η χρήση των σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος. Οι περισσότερες από αυτές κατέχουν σημαντική θέση στην αξιολόγηση της επέκτασης του καρκίνου καθώς και στη διερεύνηση άλλων παθήσεων. Η χρήση τους προσφέρει διαγνωστική ακρίβεια κατά την ταυτοποίηση και το χαρακτηρισμό του όγκου, ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη θεραπεία και η σωστή παρακολούθηση του αποτελέσματος αυτής. ^[22]

4.1 Φασματοσκοπία εγκεφάλου (MR Spectroscopy - MRS)

Η φασματοσκοπία μαγνητικού συντονισμού (MR Spectroscopy - MRS) αποτελεί έναν συνδυασμό απεικόνισης και φασματοσκοπίας. Αποτελεί μια μη επεμβατική διαγνωστική διαδικασία. Στη μαγνητική τομογραφία μπορούμε με μεγάλη ευκολία να αναγνωρίσουμε τη θέση μιας βλάβης σε αντίθεση με τη φασματοσκοπία η οποία μπορεί να συγκρίνει τη φυσιολογική χημική σύσταση του εγκεφάλου με τον ανώμαλο ιστό. Στο παρελθόν, η MRS ήταν αρκετά χρονοβόρα καθώς ο τεχνολόγος έπρεπε να εκτελέσει μια σειρά βημάτων για να εξασφαλίσει ένα καλό φάσμα. Η εφαρμογή της MRS σήμερα έχει απλοποιηθεί λόγω του hardware και του software. ^[10] Χρησιμοποιείται στο εγκεφαλικό

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

επεισόδιο καθώς και στη διάγνωση νευροεκφυλιστικών νόσων όπως η επιληψία, η σκλήρυνση κατά πλάκας, της σχιζοφρένειας και της κατάθλιψης.



Εικόνα 4.1 Φασματοσκοπία εγκεφάλου

Με τη βοήθεια πηνίων βαθμίδας διεγείρεται εκλεκτικά ένα μικρό κομμάτι εγκεφαλικού ιστού, καταγράφει το προηγούμενο FID και αντί να παράξει εικόνα αποδίδεται ως φάσμα σχετικών συχνοτήτων. Το φάσμα λαμβάνεται μετά από καταστολή του σήματος του λίπους και του νερού και περιέχει όλες εκείνες τις πληροφορίες που βασίζονται στις συγκεντρώσεις των ενδογενών μεταβολιτών.

Οι πιο σημαντικοί μεταβολίτες που ελέγχονται και αξιολογούνται μέσω της φασματοσκοπίας είναι η Ν-ακετυλασπαρτάτη (NAA), η κρεατινίνη (Cr-PCr), η χολίνη (Cho), η μυο-ινοσιτόλη (MI), η λακτάση (Lac), τα λιπίδια (Lip), η γλουταμάτη και η γλουταμίνη (Glx). Η συχνότητα των μεταβολιτών μετριέται σε ppm (parts per million, μονάδα εκατομμυριοστού).^[23]

Οι παραπάνω μεταβολίτες κατέχουν χαρακτηριστική θέση στο φάσμα και η χημική μετατόπιση είναι συγκεκριμένη διότι είναι αποτέλεσμα της μαγνητικής θωράκισης που

προσφέρουν τα ηλεκτρόνια στο πυρήνα. Η μη φυσιολογική συγκέντρωση στο φάσμα οδηγεί σε συμπίεσμα βλάβης του εγκεφάλου.

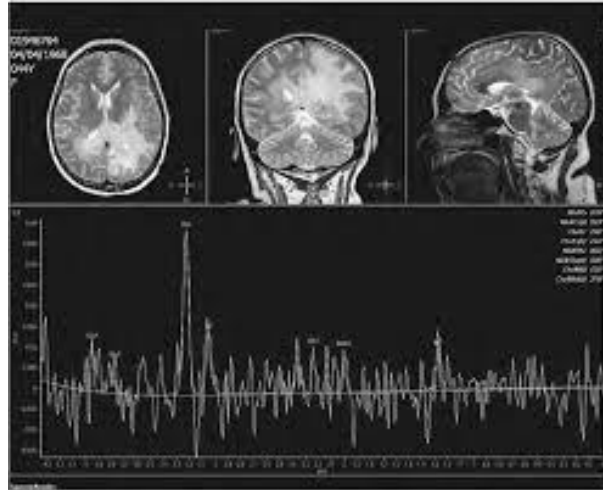
Η καταστολή του λίπους και του νερού είναι απαραίτητη ώστε να μετρηθεί αξιόπιστα η συγκέντρωση των μεταβολιτών. Η καταστολή του νερού γίνεται με παλμό CHESS (CHEMical Shift Selective). Ο CHESS είναι ένας φασματικός επιλεκτικός παλμός διέγερσης με κεντρική συχνότητα τη συχνότητα Larmor του νερού και ενεργοποιούνται πηνία βαθμίδας για την εξάλειψη της εγκάρσιας μαγνήτισης. Η καταστολή του λίπους γίνεται με πολλαπλούς παλμούς χωρικού προκορεσμού στις περιοχές του μυελού των οστών και του υποδόριου λίπους.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι μεταβολίτες και σε πόσα ppm αντηχούν

- lactate 1.33 ppm
- lipids: 1.3 ppm
- alanine: 1.48 ppm
- N-acetylaspartate (NAA): 2.0 ppm
- glutamine/glutamate: 2.2-2.4 ppm
- GABA: 2.2-2.4 ppm
- 2-hydroxyglutarate: 2.25 ppm⁶
- citrate: 2.6 ppm
- creatine: 3.0 ppm
- choline: 3.2 ppm
- *myo*-inositol: 3.5 ppm
- water 4.7 ppm
- propylene glycol: 1.14 ppm
- ethanol: 1.16 ppm
- acetate: 1.9 ppm
- acetone: 2.22 ppm
- acetoacetate: 2.29 ppm
- succinate: 2.4 ppm
- methylsulfonylmethane: 3.15 ppm
- *scyllo*-inositol: 3.36 ppm
- taurine: 3.4 ppm
- glucose 3.43 ppm and 3.8 ppm
- mannitol: 3.78 ppm
- lactate quartet: 4.11 ppm [24]

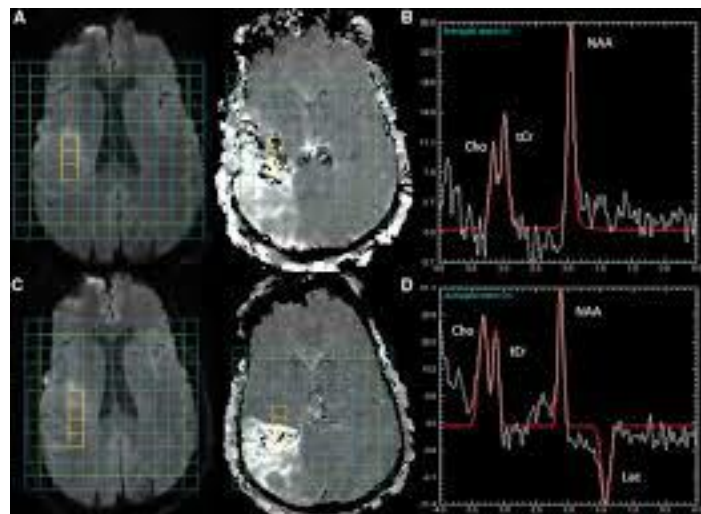
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Η φασματοσκοπία συμβάλλει στη μελέτη των γλοιωμάτων καθώς το NAA και η κρεατινίνη μειώνονται και η χολίνη, τα λιπίδια και το γαλακτικό οξύ αυξάνονται όσο αυξάνεται ο βαθμός γλοίωσης. Οι μη γλοιώδεις όγκοι έχουν ελάχιστη έως μηδενική κορυφή NAA. Σε υποτροπιάζων όγκο η χολίνη θα αυξηθεί ενώ με την εφαρμογή ακτινοβολίας το NAA, η χολίνη και η κρεατινίνη είναι όλα χαμηλά.



Εικόνα 4.2 Φασματοσκοπία σε γλοίωμα

Στα εγκεφαλικά επεισόδια το γαλακτικό οξύ θα αυξηθεί και τα λιπίδια εμφανίζουν κορυφές καθώς ο εγκέφαλος μεταπίπτει σε αναερόβιο μεταβολισμό.



Εικόνα 4.3 Φασματοσκοπία σε εγκεφαλικό επεισόδιο

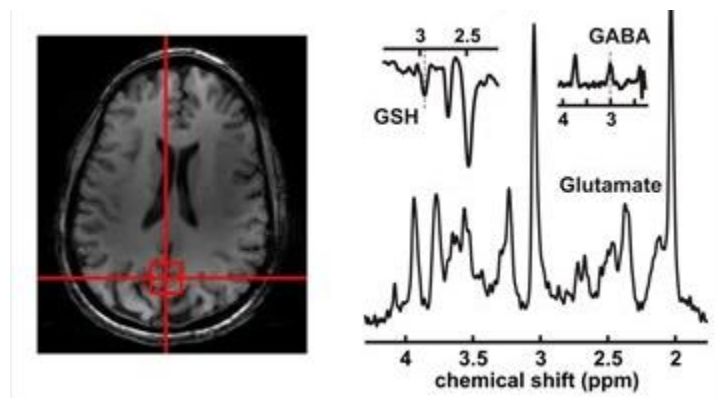
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Σε περιπτώσεις λοιμώξεων το NAA απουσιάζει ενώ στις κοιλότητες των βακτηριακών αποστημάτων το γαλακτικό, η αλανίνη, το κτυσολικό οξύ και το οξικό είναι παρόντα και αυξημένα.

Η προοδευτική πολυεστιακή λευκοεγκεφαλοπάθεια (PML) δίνει αυξημένη μανοσιτόλη ενώ η νόσος Canavan αυξημένο NAA. Στην ηπατική εγκεφαλοπάθεια η μανοσιτόλη εμφανίζεται μειωμένη όπως και η χολίνη, ενώ η γλουταμίνη αυξάνεται.

Στο σύνδρομο Leigh παρατηρείται αυξημένη χολίνη, μειωμένο NAA και περιστασιακά αυξημένο γαλακτικό. [24]

Στη σκλήρυνση κατά πλάκας η μαγνητική φασματοσκοπία μπορεί να δώσει πληροφορίες σε περιοχές με οξεία απομυελίνωση καθώς και σε περιοχές με αξονική καταστροφή. Στις περιοχές αυτές το NAA μειώνεται. [25]



Εικόνα 4.4 Φασματοσκοπία σε πολλαπλή σκλήρυνση

Κατά το σχεδιασμό της εξέτασης και ανάλογα με το εκάστοτε λογισμικό κάθε μηχανήματος επιλέγεται μέσω ενός κουτιού (box) η παθολογική περιοχή και γίνονται μετρήσεις των μεταβολιτών.

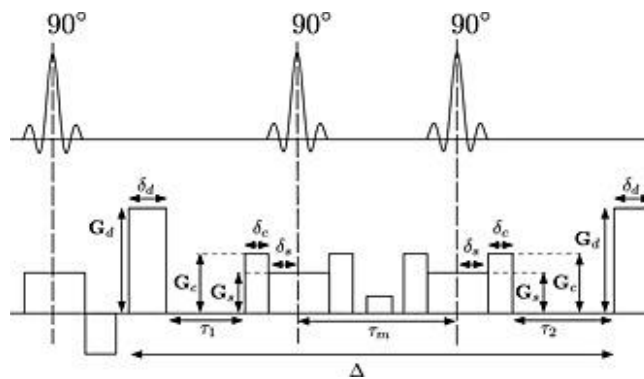
Φασματοσκοπία στοιχειώδους όγκου (SVS)

Στη φασματοσκοπία στοιχειώδη όγκου SVS (Single Voxel Spectroscopy) το FID λαμβάνεται από ένα και μόνο εικονοστοιχείο (voxel) το οποίο επιλέγεται αρχικά. Για τον εντοπισμό του voxel εφαρμόζονται τρεις παλμοί επιλεκτικής διέγερσης ορθογωνιακά σε

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

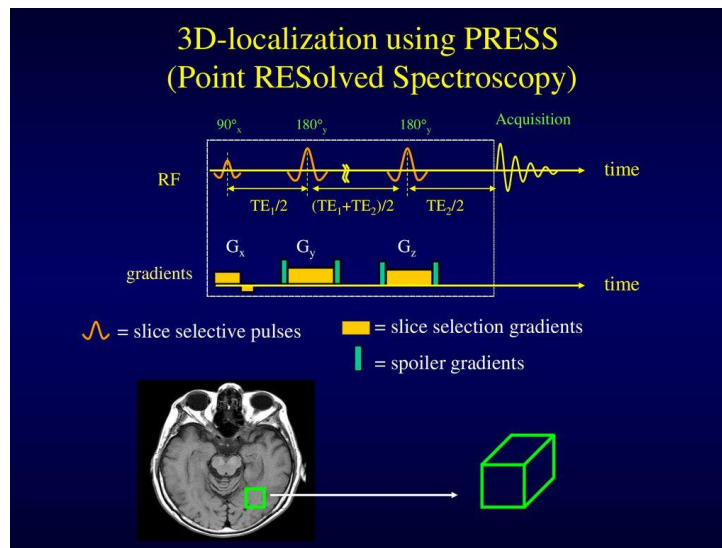
συνδυασμό με πηνίο βαθμίδας. Μετά την ανάγνωση του FID από το voxel, το σήμα επεξεργάζεται ώστε να παραχθεί το φάσμα με υψηλή ποιότητα. Η MRS με SVS μπορεί να υλοποιηθεί με STEAM ή PRESS τεχνική.

Στη τεχνική STEAM (Stimulated Echo Acquisition Mode) χρησιμοποιούνται τρεις παλμοί 90° που εφαρμόζονται ταυτόχρονα σε έναν από τους τρεις άξονες. Το σήμα που λαμβάνεται είναι διεγερμένης ηχούς.



Εικόνα 4.5 Τεχνική STEAM

Στη PRESS (Point – Resolved Spectroscopy) χρησιμοποιείται ένας παλμός 90° και δύο παλμοί 180° που εφαρμόζονται σε έναν από τους τρεις άξονες.

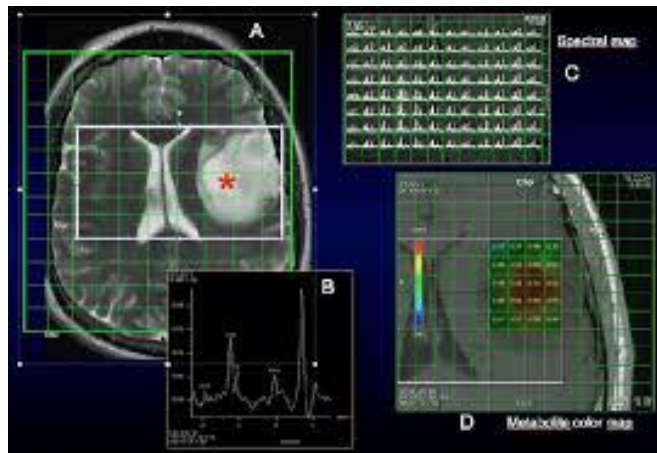


Εικόνα 4.6 Τεχνική PRESS

Η τεχνική STEAM επειδή χρησιμοποιεί αποκλειστικά παλμούς 90° έχει 50% χαμηλότερο SNR από την PRESS. [8],[9],[11]

Φασματοσκοπική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRSI ή CSI)

Η φασματοσκοπική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού MRSI (Magnetic Resonance Spectroscopy Imaging ή Chemical Shift Imaging) επιτρέπει τη λήψη φάσματος όχι μόνο από ένα voxel αλλά από όγκο ιστού.



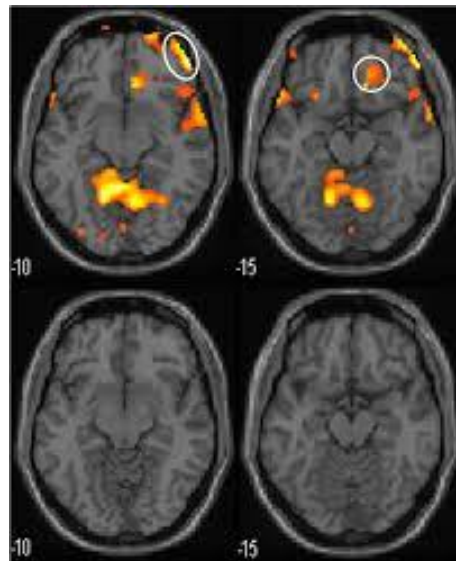
Εικόνα 4.7 Φασματοσκοπία MRSI

Σε αυτή τη τεχνική μετά τους παλμούς ραδιοσυχνότητας και τα πηνία επιλογής τομής εφαρμόζονται πηνία κωδικοποίησης φάσης σε τρεις διευθύνσεις. Για τη καταστολή ανεπιθύμητου σήματος ομοίως χρησιμοποιούνται πολλαπλοί παλμοί χωρικού προκορεσμού στο μυελό των οστών και το υποδόριο λίπος. Χρησιμοποιείται είτε STEAM είτε PRESS τεχνική για τη λήψη του σήματος. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί TURBO-MRSI για τη μείωση του χρόνου.

Βέβαια, υπάρχουν ακόμη αρκετές τεχνικές επεξεργασίας είτε πριν είτε μετά τον μετασχηματισμό Fourier. [8],[9],[11]

4.2 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία (Functional MRI-fMRI)

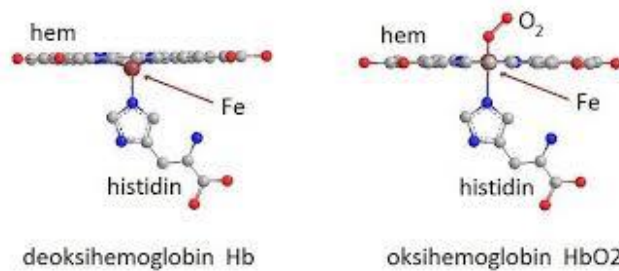
Η αύξηση της νευρωνικής δραστηριότητας είναι γνωστό ότι δημιουργεί μεταβολές στην αιμοδυναμική δραστηριότητα του εγκεφάλου αυξάνοντας τις ανάγκες τόσο σε γλυκόζη όσο και σε οξυγόνο. Οι νευρώνες καταναλώνουν το οξυγόνο που μεταφέρεται μέσω του οξυγονωμένου αίματος του αρτηριακού δικτύου. Η τοπική αντίδραση στη κατανάλωση οξυγόνου προκαλεί αύξηση της αιματικής ροής στη περιοχή αυτή με καθυστέρηση (delay) της τάξης 1''-5''. Η αιμοδυναμική απόκριση αυξάνεται μετά από 4''-5'' και στη συνέχεια επιστρέφει στην αρχική φυσιολογική τιμή (συχνά τείνει να την ξεπερνάει). Αυτή η απόκριση έχει ως συνέπεια αλλαγές στις συγκεντρώσεις οξυαιμοσφαιρίνης (η αιμοσφαιρίνη που μεταφέρει οξυγόνο) και δεοξυαιμοσφαιρίνης (η αιμοσφαιρίνη χωρίς οξυγόνο) και αλλαγή του όγκου και της ροής του αίματος [8],[9],[11],[26]



Εικόνα 4.8 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου

Η οξυαιμοσφαιρίνη έχει διαμαγνητική συμπεριφορά (προκαλεί ασθενές μαγνητικό πεδίο) με ελάχιστη επιρροή στο σήμα ενώ η δεοξυαιμοσφαιρίνη έχει παραμαγνητική συμπεριφορά (προκαλεί ισχυρό μαγνητικό πεδίο) και δημιουργεί ανομοιογένειες στο μαγνητικό πεδίο του άμεσου περιβάλλοντος.

Καθώς το οξυγόνο που μεταφέρεται υπερβαίνει τις ανάγκες της περιοχής αυτής, το φλεβικό και τριχοειδικό δίκτυο εμπλουτίζουν τη περιοχή με μεγαλύτερη ποσότητα οξυαιμοσφαιρίνης σε σύγκριση με τον εμπλουτισμό σε ηρεμία. Η αυξημένη αυτή ποσότητα μειώνει την επίδραση της δεοξυαιμοσφαιρίνης στην ομοιογένεια του πεδίου, οδηγώντας σε φαινόμενα T2* και σε τοπική αύξηση του σήματος στη περιοχή ενεργοποίησης της τάξης των 0,5 – 5%. Η διαφορά σήματος που προκύπτει από τα διαφορετικά επίπεδα οξυγόνωσης σε εικόνες T2*W ονομάζεται φαινόμενο BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent).



Εικόνα 4.9 Αριστερά: δεοξυαιμοσφαιρίνη Δεξιά: οξυαιμοσφαιρίνη

Το φαινόμενο BOLD αποτελεί έμμεσο ενδογενή δείκτη της νευρωνικής δραστηριότητας και η απεικόνιση που το αξιοποιεί ονομάζεται λειτουργική μαγνητική απεικόνιση f-MRI (functional MRI).

Μέσω της f-MRI είναι δυνατή η άμεση παρατήρηση και ποσοτικοποίηση της δραστηριότητας των νευρώνων που προκαλεί οποιαδήποτε εγκεφαλική ενεργοποίηση.

Το φαινόμενο BOLD μελετάται ιδίως με την Spin Echo ή Gradient Echo Single Shot EPI ακολουθίες. Με GE-EPI αναγνωρίζεται υψηλότερο σήμα BOLD ενώ με SE-EPI αναγνωρίζεται χαμηλότερο σήμα από τα τριχοειδή.

Η συλλογή δεδομένων γίνεται με τον ασθενή να υποβάλλεται σε τακτικά χρονικά διαστήματα εναλλάξ σε ένα εξωτερικό ερέθισμα και σε ηρεμία.

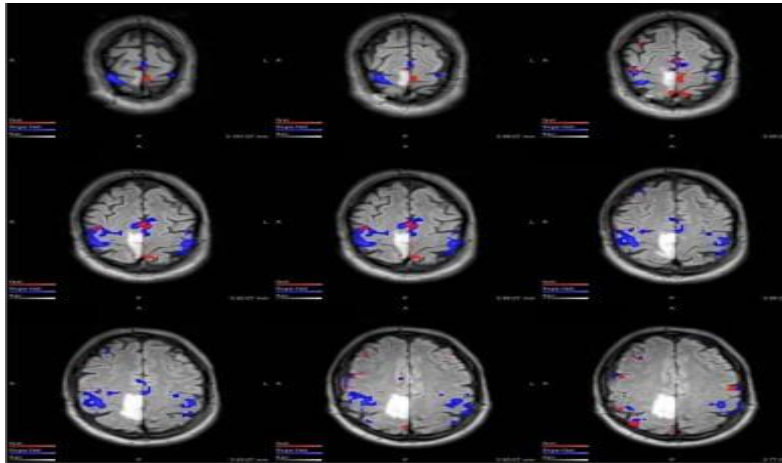
Με τη χρήση πολύπλοκων αλγορίθμων αφαιρείται το σήμα που προέκυψε με την εφαρμογή του ερεθίσματος από το σήμα στη περίοδο της ηρεμίας και υπολογίζονται

παραμετρικοί χάρτες που απεικονίζουν τις περιοχές αυξημένης ροής αίματος με υψηλό σήμα. Οι χάρτες αυτοί μπορούν να λάβουν είτε 2D είτε 3D μορφολογία για την αναγνώριση των ανατομικών περιοχών που ενεργοποιήθηκαν.

Η αποτελεσματική χρήση του f-MRI απαιτεί διεπιστημονικές γνώσεις από τη φυσική για τις αρχές του μαγνητικού συντονισμού, τη ψυχολογία καθώς όλα τα σχεδόν τα πειράματα f-MRI είναι γνωσιοψυχολογικά, γνωσιακά, ψυχοφυσιολογικά και ψυχολογικά. Επίσης, απαιτούνται γνώσεις νευροανατομίας για συσχέτιση με νευροανατομικά δεδομένα, στατιστική για τη σωστή ερμηνεία των δεδομένων καθώς και ηλεκτροφυσιολογίας για τη γνώση της συμπεριφοράς των νευρώνων από ηλεκτροφυσιολογικές καταγραφές. ^[26]

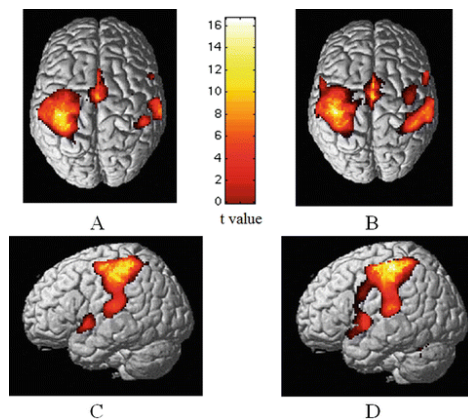
Το βασικό πλεονέκτημα της f-MRI είναι η υψηλή χωρική ανάλυση, αποτελεί μια μη επεμβατική διαδικασία και μπορεί να παρέχει και ανατομικές εικόνες υψηλής ανάλυσης. Σημαντική αδυναμία της μεθόδου αποτελεί η χαμηλή χρονική ανάλυση καθώς η αντίθεση BOLD εξαρτάται από την αιμοδυναμική απόκριση στις μεταβολές η οποία είναι αργή. Επίσης, εντοπίζεται χαμηλό σήμα στη περιοχή του μετωπιαίου και του βρεγματικού οστού ενώ ο δυνατός θόρυβος που παράγει ο μαγνητικός τομογράφος μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στις μελέτες κατά τη φάση ηρεμίας.

Η f-MRI αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στη γνωστική νευροεπιστήμη με τη χρήση οπτικών, ακουστικών, κινητικών και γνωστικών ερεθισμάτων. Κατά βάση χρησιμοποιείται στη νευροχειρουργική για τη χαρτογράφηση των εγκεφαλικών λειτουργιών σε καταστάσεις όπως όγκους, επιληπτικές κρίσεις, αγγειακές δυσπλασίες πριν τη χειρουργική αφαίρεσή τους με στόχο τη μείωση των μετεγχειρητικών λειτουργικών συνεπειών.



Εικόνα 4.10 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία για τη χειρουργική εξαίρεση όγκου

Μελέτες σε πάσχοντες πολλαπλής σκλήρυνσης έχουν δείξει ότι ο εγκέφαλος που εκτίθεται σε πλαστικές μεταβολές μετά από βλάβες που επηρεάζουν συγκεκριμένες λειτουργίες του εγκεφάλου μεταφέρονται και σε υγιής περιοχές. Ωστόσο, η ύπαρξη εστιών στη συμβατική μαγνητική τομογραφία μπορεί να μην αντιστοιχεί σε γνωσιακά ελλείμματα ή σωματική αναπηρία, διότι με μηχανισμούς πλαστικότητας έχουν ανακτηθεί οι απολεσθείσες λειτουργίες ή ένα μέρος από αυτές. [25]

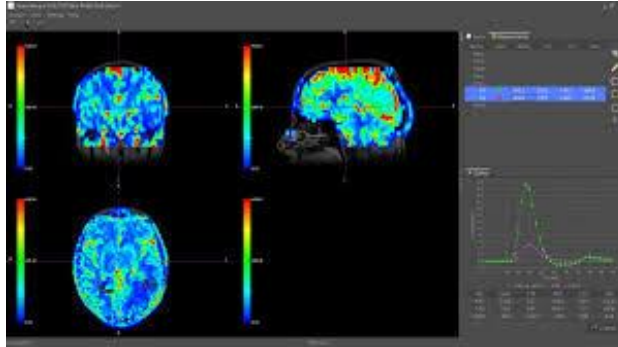


Εικόνα 4.10 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε πολλαπλή σκλήρυνση

4.3 Perfusion (τεχνικές DSC, DCE, ASL)

Η perfusion αποτελεί μια τεχνική μαγνητικής τομογραφίας για την παρακολούθηση της αιματικής διήθησης των ιστών (Perfusion Weighted Imaging). Η αιματική διήθηση

αποτελεί τη κίνηση του αίματος μέσω του τριχοειδικού δικτύου και επιτρέπει τη μεταφορά ουσιών από και προς την αιματική κυκλοφορία.



Εικόνα 4.11 Perfusion εγκεφάλου

Η διήθηση αφορά αιμοδυναμικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα σε μικροαγγειακό επίπεδο. Οι μετρήσεις της αιματικής διήθησης απαιτούν τη παρουσία ιχνηθετημένων μορίων.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση της διήθησης είναι η ταχεία χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας (bolus) με επαναλαμβανόμενες σαρώσεις με ακολουθία T2* ή T2 (DSC-MRI) ή με ακολουθία T1 (DCE-MRI) και με τεχνική ASL (Arterial Spin Labeling – ιχνηθέτηση αρτηριακών πρωτονίων) η οποία δεν απαιτεί τη χρήση εξωγενούς σκιαγραφικής ουσίας [8],[9],[11]

Dynamic Susceptibility Contrast MRI (DSC-MRI)

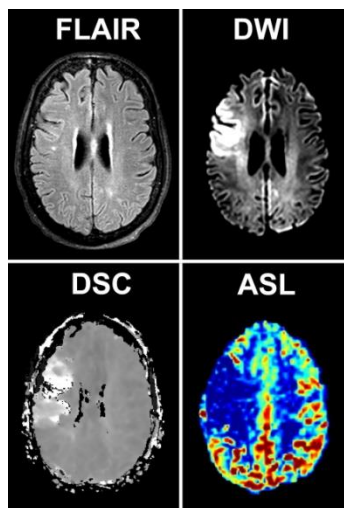
Στον ανθρώπινο οργανισμό το γαδολίνιο διαχέεται με μεγάλη ταχύτητα στον εξωκυττάριο χώρο. Όμως, στον εγκέφαλο τα χηλικά σύμπλοκα είναι αρκετά μεγάλα ώστε να διέλθουν από τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό. Η συμβατική μαγνητική τομογραφία εκμεταλλεύεται αυτό το γεγονός για την απεικόνιση του εγκεφάλου.

Όταν το σκιαγραφικό εκπλυθεί από τους φυσιολογικούς ιστούς, θα παραμείνει μόνο στις περιοχές όπου υφίσταται ρωγμή ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός μειώνοντας το χρόνο χαλάρωσης T1 των ιστών και αυξάνοντας την T1W ένταση σήματος.

Η DSC-MRI παρόλο που χρησιμοποιεί το γαδολίνιο ως μέσο σκιαγραφικής αντίθεσης έχει δύο σημαντικές διαφορές από τη συμβατική μαγνητική τομογραφία με χορήγηση μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης. Η πρώτη έγκειται στη πολύ γρήγορη ταχύτητα χορήγησης του ΜΣΑ (bolus) με επαναλαμβανόμενες σαρώσεις και η δεύτερη εξετάζει το γεγονός ότι η τεχνική DSC-MRI βασίζεται σε φαινόμενα μαγνητικής επιδεκτικότητας.

Το γαδολίνιο αποτελεί ένα παραμαγνητικό υλικό το οποίο όταν βρεθεί σε ισχυρό εξωτερικό μαγνητικό πεδίο συμπεριφέρεται ως μικροσκοπικός μαγνήτης και προκαλεί ανομοιογένειες στο περιβάλλον του, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν απώλειες συμφασικότητας η οποία ανιχνεύεται ως απώλεια σήματος σε εικόνες T2W και T2*W.

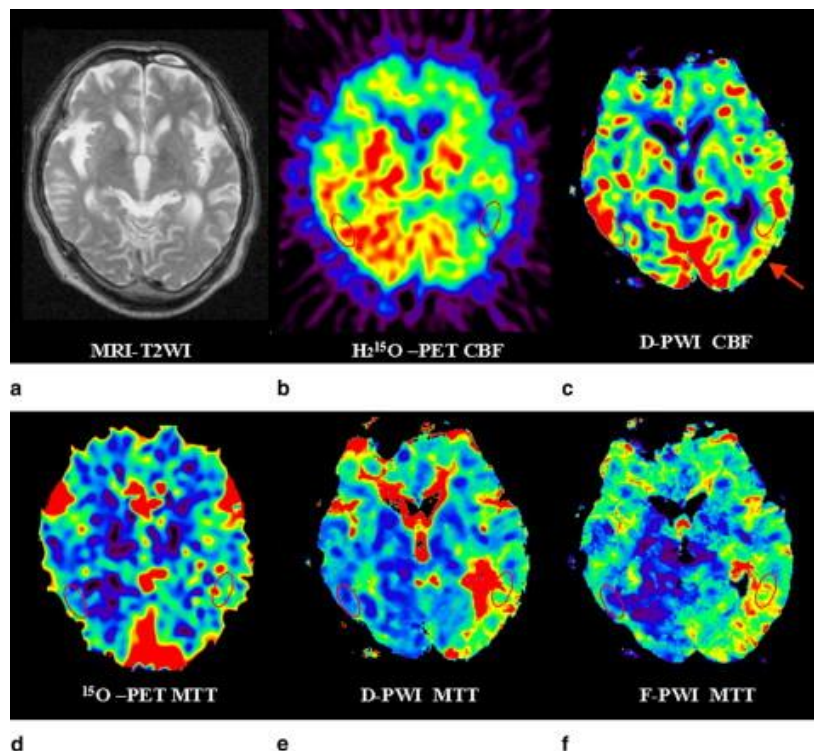
Κατά βάση χρησιμοποιούνται ακολουθίες SE-EPI ή GE-EPI. Η GE-EPI αναδεικνύει τα μεγάλα αγγεία πιο εμφανώς λόγω της ευαισθησίας της στη τριχοειδική κυκλοφορία, ωστόσο συχνότερα χρησιμοποιείται η SE-EPI που είναι ευαίσθητη στη μικροκυκλοφορία. Στη κλινική πράξη η διαφορά στην ευαισθησία σημαίνει ότι για τη πρόκληση ίδιας απώλειας σήματος η SE-EPI απαιτεί διπλάσια ποσότητα γαδολινίου σε σχέση με τη GE-EPI (0,2 mmol/Kg vs 0,1mmol/Kg).



Εικόνα 4.12 Απεικόνιση του εγκεφάλου με DSC και ASL

Αρχικά, συλλέγονται δεδομένα σε ένα μικρό αριθμό τομών πριν τη χορήγηση του γαδολινίου, στη συνέχεια γίνεται η bolus έγχυση του σκιαγραφικού μέσου (3-5ml/sec) με

ταυτόχρονη λήψη επαναλαμβανόμενων σαρώσεων κάθε 1,5 sec. Κατά τη πρώτη χρονικά διέλευση (first pass) του γαδολινίου από τα τριχοειδικά αγγεία αυτό παραμένει ενδαγγειακά και προκαλεί μείωση του σήματος T2W και T2*W. Για τη δυναμική μελέτη έλευσης του γαδολινίου σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος σχεδιάζεται η καμπύλη της έντασης σήματος σε σχέση με το χρόνο (signal intensity curve) και μέσα από μαθηματικούς υπολογισμούς ορίζεται η καμπύλη συγκέντρωσης του γαδολινίου σε σχέση με το χρόνο (concentration curve). Το εμβαδόν κάτω από τη καμπύλη αξιολογείται για την ανάλυση διάφορων αιμοδυναμικών παραμέτρων και τη χαρτογράφηση των δεδομένων με χάρτη CBV (Cerebral Blood Volume), CBF (Cerebral Blood Flow) και MTT (Mean Transit Time). [27]

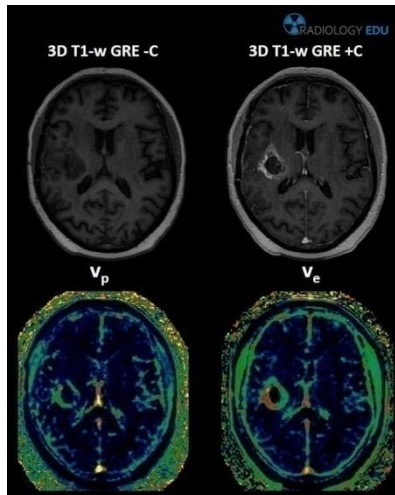


Εικόνα 4.13 MR PERFUSION

Dynamic Contrast Enhancement MRI (DCE-MRI)

Στη DCE-MRI λαμβάνονται εικόνες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη bolus χορήγηση του μέσου σκιαγραφικού αντίθεσης εξωκυττάριας διάχυσης. Κατά κανόνα χρησιμοποιείται T1W 2D Spoiled GE ή 3D FAST GE.

Η τεχνική αυτή έχει στόχο να μελετήσει τη φαρμακοκινητική του γαδολινίου εντός νεοπλασμάτων με αγγειοβρίθεια. Αναλόγως τον όγκο υπάρχουν ειδικά κριτήρια ενίσχυσης του σήματος. Αυτό συμβαίνει διότι το σκιαγραφικό συγκεντρώνεται σε ιστούς με πλούσια αγγείωση. [28]

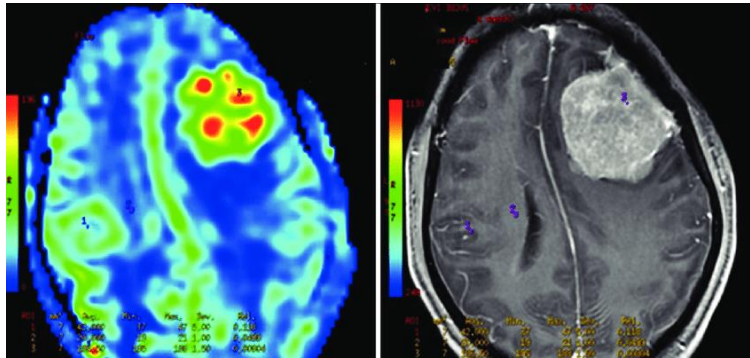


Εικόνα 4.14 DCE MRI

Arterial Spin Labeling (ASL)

Η τεχνική Arterial Spin Labeling (ASL) δηλαδή η ιχνηθέτηση αρτηριακών πρωτονίων είναι μια τεχνική για τη μελέτη της αιματικής διήθησης. Βασίζεται στη μαγνητική σήμανση αρτηριακών πρωτονίων με τη χρήση ενός παλμού αναστροφής πριν την είσοδό τους στη τομή ενδιαφέροντος. Με τη πάροδο συγκεκριμένου χρόνου το μαγνητικά επισημασμένο αίμα που εισέρχεται στο τριχοειδικό δίκτυο μειώνει τη μαγνήτιση. Αν ληφθεί μια εικόνα της περιοχής (label image-εικόνα σήμανσης) το σήμα θα είναι ελαφρώς μειωμένο. Στη συνέχεια, λαμβάνεται μια εικόνα ελέγχου (control image) χωρίς σήμανση του αίματος. Ακολουθεί η αφαίρεση των δύο παραπάνω εικόνων με σκοπό να εξαλειφθεί πλήρως το σήμα από τους στατικούς ιστούς. Η διαφορά σήματος είναι ελάχιστη επομένως απαιτούνται πολλαπλές διεγέρσεις για ικανοποιητικό SNR (περίπου 25-30).

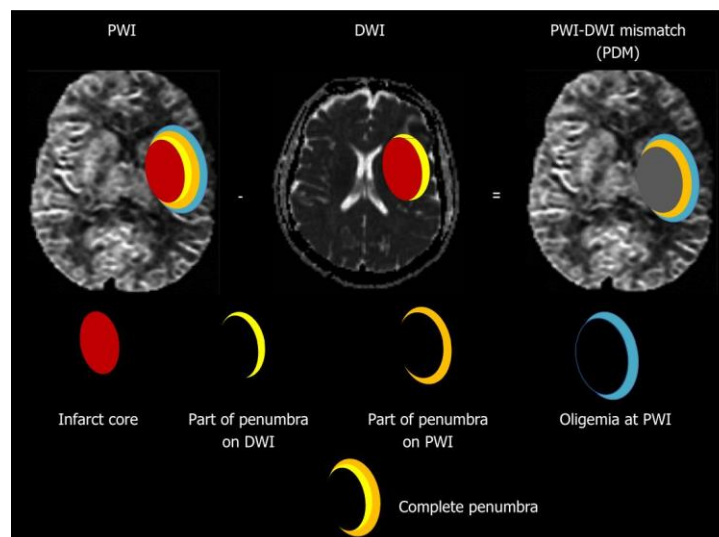
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 4.15 ASL εγκεφάλου

Υπάρχουν τρεις τεχνικές λήψης ASL, η pulsed ASL, η continuous ASL και η velocity-selective ASL.

Η τεχνική perfusion χρησιμοποιείται στη κλινική πράξη για την αξιολόγηση της ισχαιμικής παρασκιάς (penumbra), η οποία είναι η περιοχή μειωμένης άρδευσης που εντοπίζεται γύρω από μια νεκρωτική περιοχή μετά από ένα αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ). Στη περίπτωση που οι περιοχές αυτές επαναιματωθούν γρήγορα τότε οι νευρώνες ανακτούν τη λειτουργικότητά τους και ο ασθενής βελτιώνεται ενώ η μη επαναιμάτωση των νευρώνων οδηγεί σε μη αναστρέψιμη δομική βλάβη.



Εικόνα 4.16 Αξιολόγηση ισχαιμικής παρασκιάς

Χρησιμοποιείται για τη σταδιοποίηση των όγκων του εγκεφάλου ειδικά με τη χρήση της DCE-MRI. Η τεχνική ASL βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στον εγκέφαλο ιδίως σε περιπτώσεις οξέων ισχαιμικών – αγγειακών επεισοδίων, σε χρόνια νόσο των αγγείων, σε επιληψία και σε κρανιοεγκεφαλική κάκωση. [8],[9],[11]

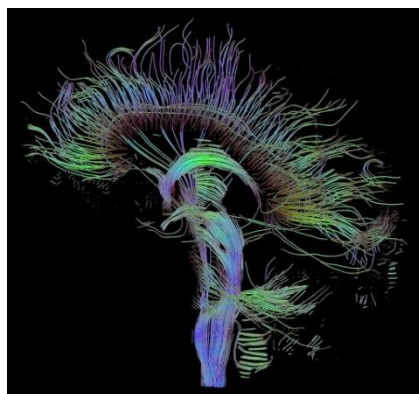
4.4 Πολυπαραμετρική μελέτη εγκεφάλου

Η πολυπαραμετρική μελέτη αποτελεί μια τεχνική που συνδυάζει τις ειδικές τεχνικές της μαγνητικής τομογραφίας με ανατομικές εικόνες υψηλής ευκρίνειας παίρνοντας πληροφορίες που αφορούν τον αριθμό των κυττάρων, την αιματική ροή καθώς και τη μεταβολική δραστηριότητα της βλάβης.

Η πολυπαραμετρική μελέτη συνδυάζει τεχνικές όπως το diffusion (DWI/IVIM), το Perfusion (DSC/DCE), τη φασματοσκοπία (spectroscopy – MR) και τις μορφολογικές εικόνες υψηλής ευκρίνειας.

4.5 Δεσμιδογραφία (DTI-Tractography)

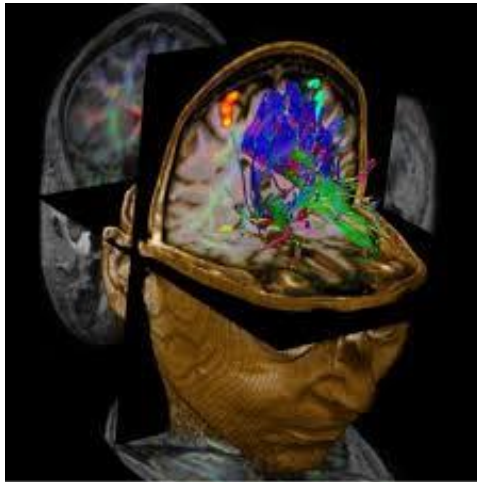
Η δεσμιδογραφία είναι μία τεχνική απεικόνισης των νευρικών ινών στον εγκέφαλο και τη σπονδυλική στήλη χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται με τεχνική διάχυσης. Τα αποτελέσματα της δεσμιδογραφίας μπορούν να αποδοθούν με 2D ή 3D εικόνες που ονομάζονται δεσμιδόγραμμα.



Εικόνα 4.17 Δεσμιδογραφία εγκεφάλου

Ο πιο προηγμένος αλγόριθμος δεσμιδογραφίας μπορεί να παράγει το 90% των βασικών νευρικών οδών κάτι που μέχρι σήμερα ήταν αδύνατο να αποδοθεί παρά μόνο σε μεταθανάτια δείγματα.

Η τεχνική DTI είναι μία από τις πιο αξιοσημείωτες τεχνικές στο πεδίο της νευροαπεικόνισης. Η μέθοδος αυτή προσφέρει μία in vivo απεικόνιση της θέσης των νεύρων.



Εικόνα 4.18 Δεσμιδόγραμμα σε 3D απεικόνιση

Η DWI βασίζεται στην κίνηση των μορίων του νερού. Μέσα στη λευκή ουσία τα μόρια του νερού τείνουν να διαχέονται ελεύθερα (ισοτροπική διάχυση). Εάν το νερό διαχέεται σε ένα μέσο με εμπόδια η διάχυση θα είναι άνιση η οποία ονομάζεται ανισοτροπική διάχυση. Η ανισοτροπική διάχυση αυξάνεται σε καταστάσεις όπου η μυελίνη ή η δομή διαταράσσονται όπως σε τραύμα, όγκο ή φλεγμονή.

Η ανισοτροπία μετριέται με διάφορους τρόπους. Η κλασματική ανισοτροπία (FA) ορίζεται ως το 0 να αντιστοιχεί σε μια τέλεια σφαίρα και το 1 σε μια γραμμή. Λίγες είναι οι περιοχές που έχουν FA μεγαλύτερο από 0,90.

Κάθε ανισοτροπία συνδέεται με έναν προσανατολισμό. Τα προγράμματα μετά την επεξεργασία είναι σε θέση να εξάγουν πληροφορίες κατεύθυνσης. Χρησιμοποιείται χρωματική κωδικοποίηση ώστε να δημιουργηθεί ο ανισοτροπικός χάρτης.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

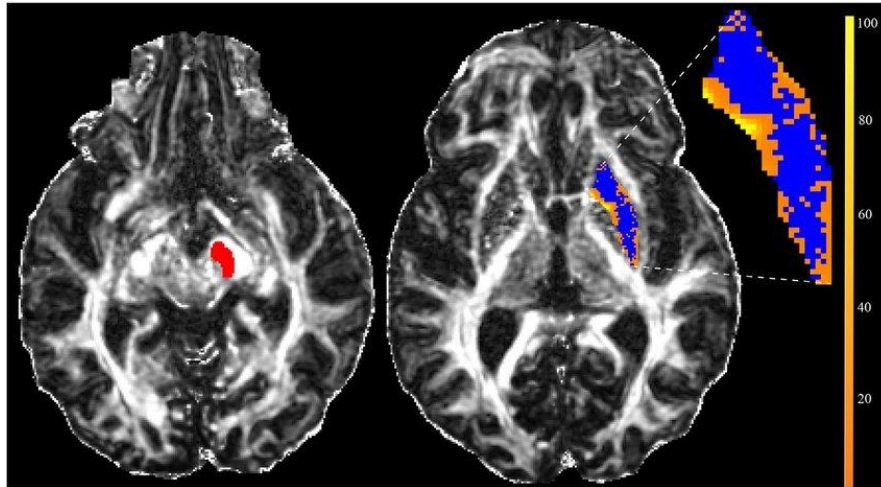
Το κόκκινο χρώμα υποδεικνύει κατεύθυνση στον άξονα X (δεξιά προς τα αριστερά ή από αριστερά προς τα δεξιά). Το πράσινο χρώμα υποδεικνύει κατεύθυνση στον άξονα Y (προσθιοπίσθια ή οπισθοπρόσθια) .Το μπλε χρώμα υποδεικνύει κατευθύνσεις στον άξονα Z (feet to head ή head to feet).



Εικόνα 4.19 Ψηφιακή επεξεργασία δεσμιδογραφίας

Ενώ η τεχνική παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, στα μειονεκτήματα της αναφέρεται ότι δεν είναι πλήρως επικαιροποιημένη και τα αποτελέσματα θα πρέπει να αξιολογούνται με πολλή προσοχή ώστε να αποδειχθεί η υπό-υπερεκτίμηση των δεδομένων.

Στη κλινική πράξη, η δεσμιδογραφία χρησιμοποιείται κυρίως σε όγκους του εγκεφάλου, στο ισχαιμικό επεισόδιο, σε γνωσιακές διαταραχές, στη νόσο Αλτσχάιμερ και στη νόσο Parkinson καθώς και σε αγγειακές δυσμορφίες. ^{[29][30]}



Εικόνα 4.20 Δεσμιδογραφία σε νόσο Parkinson

4.6 Μελέτη ροής Εγκεφαλονωτιαίου Υγρού (ΕΝΥ)

Η μέθοδος μελέτης ροής του ΕΝΥ είναι μια τεχνική που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες με στόχο να μελετηθεί αξιόπιστα η ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση της ροής του ΕΝΥ με μαγνητικό συντονισμό. Η μέθοδος απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού φάσης - αντίθεσης (Phase Contrast Magnetic Resonance Imaging – PC-MRI) χρησιμοποιείται για τη λήψη πληροφοριών για τη ροή του ΕΝΥ και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κλινικό εργαλείο για τη μη επεμβατική αξιολόγηση ρεόντων ρευστών. Η ποσοτική μέτρηση ροής του ΕΝΥ χρησιμοποιείται από το 1980.



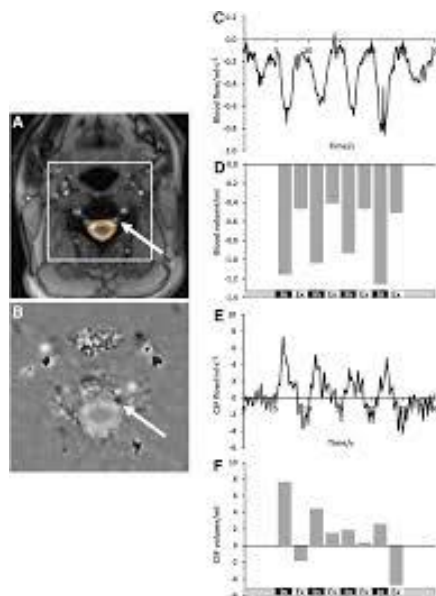
Εικόνα 4.21 Μελέτη ροής ΕΝΥ

Μέσω της PC-MRI είναι δυνατόν να αξιολογηθούν παράμετροι ροής όπως η μέση ροή σε L/min, ο μέσος ρυθμός ροής σε cm/sec, ο όγκος ροής (mL), ο εγκεφαλικός όγκος του εγκεφαλονωτιαίου υγρού (mL/cycle) και το πλάτος του παλμού ροής.

Η αρχή λειτουργίας της PC-MRI βασίζεται στη γενική αρχή λειτουργίας απεικόνισης του Μαγνητικού Συντονισμού και στην ιδιότητα ότι μια ομοιόμορφη κίνηση του υπό μελέτη βιολογικού ιστού που βρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου κλίσης, παράγει μια μετατόπιση φάσης (phase shift) του σήματος η οποία είναι ανάλογη της ταχύτητας των κινούμενων πρωτονίων του ιστού αυτού. Στην περίπτωση της μελέτης της ταχύτητας ροής του εγκεφαλονωτιαίου υγρού τα σπιν των πρωτονίων παρουσιάζουν μαγνητική ροπή και καθώς κινούνται στη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου κλίσης, αποκτούν μια μετατόπιση φάσης σε σύγκριση με τα στατικά σπιν. Η μετατόπιση φάσης των κινούμενων σπιν προκαλείται με τη βοήθεια ενός ζεύγους διπολικής βαθμίδας ή διπολικού πεδίου κλίσης (bipolar magnetic field gradient ~ velocity-encoding gradient). Αρχικά τα σπιν βρίσκονται σε στατικό μαγνητικό πεδίο και μετά την εφαρμογή του μαγνητικού πεδίου κλίσης εφαρμόζεται ένα ζεύγος διπολικού πεδίου κλίσης (bipolar gradients 1,2) που προκαλεί μετατόπιση φάσης (phase shift) ανάλογη της ταχύτητας του κινούμενου σπιν. Τα στατικά σπιν δεν παρουσιάζουν οποιαδήποτε αλλαγή φάσης διότι η μετατόπιση φάσης που προκαλείται από τον πρώτο παλμό της διπολικής βαθμίδας, ακυρώνεται από το δεύτερο παλμό .

Το μέτρο ευαισθησίας της ροής ελέγχεται από την ισχύ του διπολικού παλμού του πεδίου κλίσης. Εξαιτίας του διαφορετικού χωρικού εντοπισμού των κινούμενων σπιν εντός στατικού ιστού, τα κινούμενα σπιν «βιώνουν» διαφορετικό πλάτος παλμού κατά την εφαρμογή της δεύτερης βαθμίδας σε σχέση με τον πρώτο παλμό κλίσης. Έτσι λοιπόν, προκύπτει η μετατόπιση φάσης (phase shift). Τα δύο σύνολα δεδομένων που λαμβάνονται για κάθε διπολικό παλμό βαθμίδας, αφαιρούνται μεταξύ τους για να υπολογιστεί η διαφορά φάσης $\Delta\phi$. Επαναλαμβάνοντας τη μέτρηση με ανεστραμμένη διπολική βαθμίδα, οι μετατοπίσεις φάσης που προκαλούνται από άλλες παραμέτρους της ακολουθίας εξαλείφονται. Για γραμμικά πεδία κλίσης, το μέτρο της μετατόπισης φάσης $\Delta\phi$ είναι ανάλογο της απόστασης που διανύουν τα κινούμενα σπιν σε κάθε θέση κατά τη

διάρκεια εφαρμογής του ζεύγους διπολικού παλμού βαθμίδας και διαιρώντας με το χρόνο προκύπτει η τιμή της ταχύτητας του κινούμενου σπιν για κάθε θέση. Τα στατικά σπιν δεν παρουσιάζουν οποιαδήποτε αλλαγή φάσης στο τέλος εφαρμογής του ζεύγους διπολικού πεδίου κλίσης. Αντίθετα, για τα κινούμενα σπιν προκύπτει μια διαφορά φάσης μετά την εφαρμογή του ζεύγους διπολικής βαθμίδας. Συγκρίνοντας τα σήματα φάσης από κάθε θέση στους δύο παλμούς, καθορίζεται η κίνηση που προκαλεί η μετατόπιση φάσης με αποτέλεσμα η φωτεινή ένταση του κάθε εικονοστοιχείου (pixel) που απεικονίζεται να είναι ανάλογη της χωρικής ταχύτητας. Συνεπώς, οι εικόνες της ακολουθίας φάσης– αντίθεσης αναπαριστούν την ένταση σήματος της ταχύτητας των σπιν σε κάθε σημείο μέσα στο πεδίο μέτρησης (FOV).

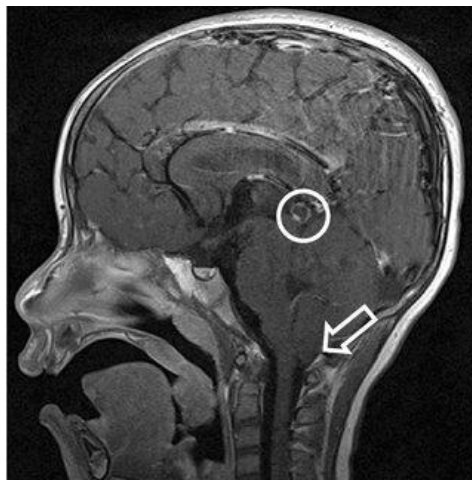


Εικόνα 4.22 Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση του ENY

Η διαφορά σήματος λαμβάνει μια μέγιστη τιμή για αντίθετες κατευθύνσεις, η οποία αντιστοιχεί στην κωδικοποίηση ταχύτητας VENC. Η κωδικοποίηση της ταχύτητας (Velocity encoding–VENC) ορίζει την υψηλότερη και τη χαμηλότερη ανιχνεύσιμη ταχύτητα που κωδικοποιείται από την ακολουθία φάσης – αντίθεσης και αντιστοιχεί σε μετατόπιση φάσης 180°. Η κωδικοποίηση ταχύτητας VENC καθορίζει την ισχύ και τη διάρκεια του διπολικού πεδίου κλίσης. Μονάδα μέτρησης της κωδικοποίησης ταχύτητας

είναι: cm/sec και έχει μετρούμενο εύρος ταχυτήτων ροής \pm VENC ($-VENC < v < VENC$).

Η μέθοδος στη κλινική πράξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως screening μέθοδος σε ασθενείς με υποψία επικοινωνούντος υδροκεφάλου (ή υδροκεφάλου υπό φυσιολογική πίεση), στις αραχνοειδείς κύστες, στη δυσπλασία Arnold-Chiari, στη συριγγομυελία και για να απαλλάξει πολλούς ασθενείς από το ρίσκο μιας επεμβατικής μεθόδου όπως η οσφουονωτιαία άντληση ENY. ^{[31][32][33]}

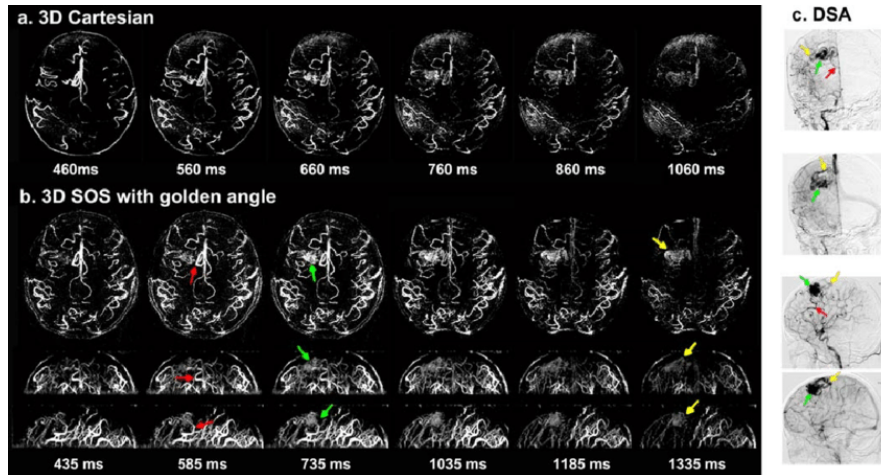


Εικόνα 4.23 Δυσπλασία Arnold-Chiari

4.7 Δυναμική μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου

Η δυναμική μαγνητική αγγειογραφία αποτελεί μια ειδική τεχνική με στόχο την υψηλής ευκρίνειας απεικόνιση των αρτηριών και των φλεβών του κεντρικού νευρικού συστήματος. Η δυναμική απεικόνιση της ταχείας κατανομής του μέσου σκιαγραφικής αντίθεσης γίνεται με μια ειδική τεχνική CE – MRA που ονομάζεται Time Resolved – MRA (με χρονική ανάλυση) ή 4D-MRA (τρεις χωρικές διαστάσεις και μια χρονική).

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 4.24 Δυναμική μαγνητική αγγειογραφία

Χαρακτηριστικό της δυναμικής απεικόνισης είναι η επίτευξη υψηλής χρονικής διακριτικής ικανότητας χωρίς τη θυσία της χωρικής διακριτικής ικανότητας που επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφορετικών τεχνικών όπως η TRICKS/TWIST, η k-t blast και η keyhole imaging.

Στη τεχνική TRICKS (Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics) ο 3D k- χώρος διαιρείται σε ομόκεντρους κύκλους με αυξανόμενη ακτίνα. Επειδή τα δεδομένα που βρίσκονται στο keyhole imaging συλλέγονται πιο γρήγορα, η αρτηριακή φάση απεικονίζεται χωρίς συμπτώσεις από το φλεβικό αίμα.

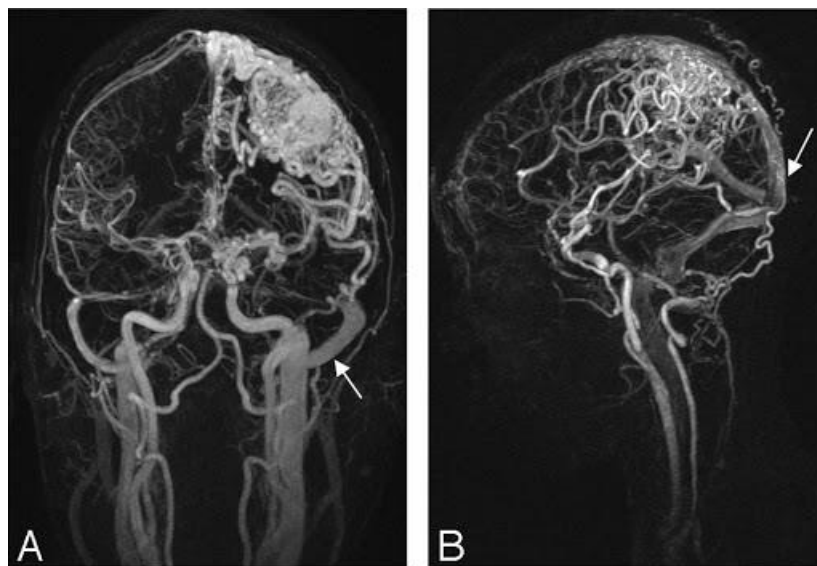


Εικόνα 4.25 Ακολουθία TRICKS

Στη τεχνική keyhole (κλειδαρότρυπα) imaging ο k-χώρος γεμίζει πλήρως για μια εικόνα αναφοράς πριν την έγχυση του σκιαγραφικού ενώ για όλες τις υπόλοιπες εικόνες συλλέγονται μόνο οι κεντρικές γραμμές του k-χώρου (έχουν τη περισσότερη αντίθεση).

Με το τέλος της συλλογής δεδομένων και πριν τον FFT τα δεδομένα που λείπουν συμπληρώνονται από την εικόνα αναφοράς.

Η δυναμική μελέτη πραγματοποιείται σε μαγνητικούς τομογράφους 3 Tesla και επιτρέπει την αξιολόγηση όλων των μεγάλων αγγείων καθώς και των περιφερικών και βρίσκει εφαρμογή σε παθήσεις των αγγείων όπως η αρτηριοφλεβώδης δυσπλασία, το γιγαντιαίο ανεύρυσμα και σε φλεβικές παθήσεις. Η δυναμική μαγνητική αγγειογραφία μπορεί να αναδείξει τη πρόιμη αιμάτωση των όγκων. [8],[9],[11]



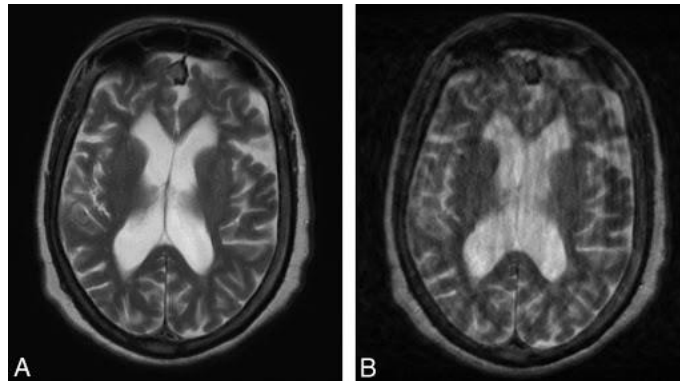
Εικόνα 4.26 Time Resolved – MRA

4.8 Νεότερες ακολουθίες για τη απεικόνιση του εγκεφάλου

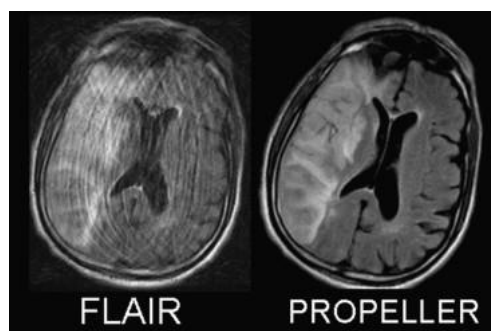
Σήμερα εκτός από τις ακολουθίες που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή κλινική πράξη υπάρχουν διάφορες νέες ακολουθίες οι οποίες χρησιμοποιούνται και πρέπει να τις αναφέρουμε.

Propeller

Η ακολουθία Propeller παρέχεται από όλους τους κατασκευαστές και είναι διαθέσιμη σε όλους τους μαγνητικούς τομογράφους. Η ακολουθία αυτή αναπτύχθηκε με στόχο να ελαττωθούν τα χονδροειδή τεχνητά σφάλματα (artifacts) από την κίνηση των ασθενών μέσω της πρόσκτησης πρωτογενών δεδομένων του k-χώρου σε μορφή περιστρεφόμενης λεπίδας. Σε κάθε περιστροφή λαμβάνεται μια παχιά λεπίδα του k-χώρου προκειμένου να δημιουργηθεί μια εικόνα χαμηλής ανάλυσης. Στο τέλος οι περιστρεφόμενες λεπίδες συνδυάζονται με ειδικούς αλγόριθμους διόρθωσης της κίνησης προκειμένου να δημιουργηθεί μία εικόνα υψηλής ανάλυσης πλήρως ελεύθερη κίνησης. Ο προσανατολισμός μπορεί να είναι T2 ή T1 και βασίζεται σε ακολουθία Spin Echo.



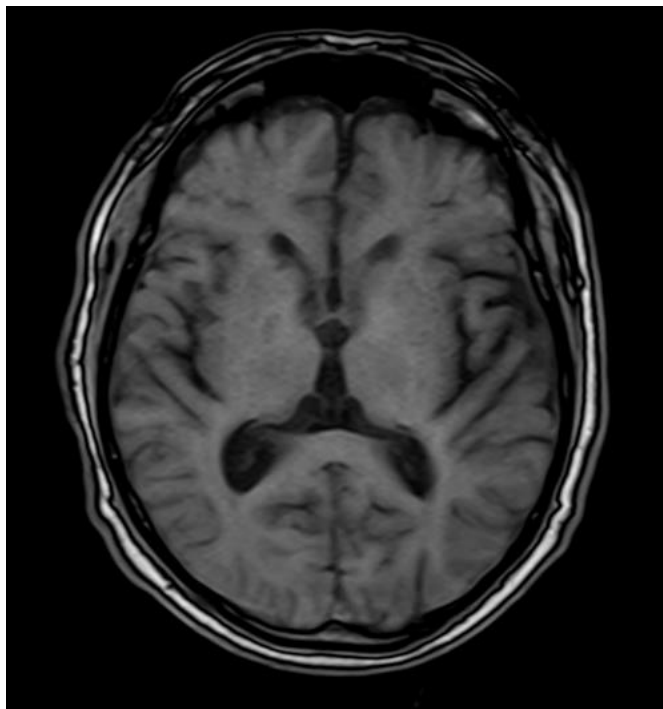
Εικόνα 4.27 Μαγνητική εγκεφάλου A. Μετά την εφαρμογή της Propeller B. Πριν την εφαρμογή της Propeller



Εικόνα 4.28 Μαγνητική εγκεφάλου Αριστερά: Flair πριν την εφαρμογή της Propeller. Δεξιά: Flair μετά την εφαρμογή της Propeller

Lava

Η ακολουθία Lava αποτελεί 3D T1 Gradient Echo ακολουθία που δημιουργείται μέσω βελτιστοποίησης της αλληλουχίας πλήρωσης του k-χώρου και χρησιμοποιεί τεχνικές παράλληλης απεικόνισης προκειμένου να επιταχυνθεί η λήψη. Κατά βάση χρησιμοποιείται για την απεικόνιση αιμοφόρων αγγείων και μαλακών ιστών στον εγκέφαλο. ^[10]

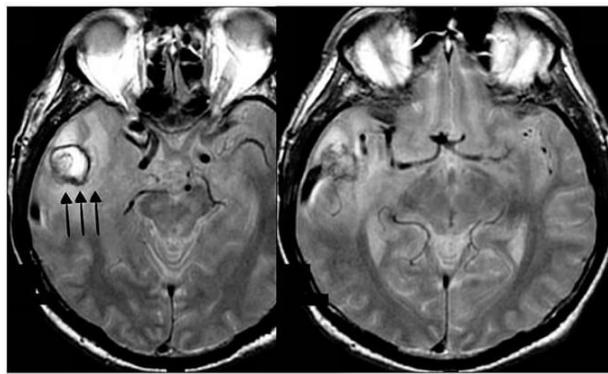


Εικόνα 4.19 Ακολουθία Lava

Κεφάλαιο 5: Η παθολογία του εγκεφάλου και η απεικόνισή της με μαγνητικό συντονισμό

5.1 Αγγειακές δυσπλασίες

Η έννοια της αγγειοδυσπλασίας είναι γενική και περιλαμβάνει κάθε δυσπλασία που αφορά τα αγγεία είτε είναι συγγενής είτε όχι. Η αγγειοδυσπλασία μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε σημείο του σώματος.



Εικόνα 5.1 Μαγνητική τομογραφία μετά τους εμβολισμούς: Στο follow up με MRI διακρίνεται η πλήρης απόφραξη του ψευδοανευρύσματος (αιχμές βελών).

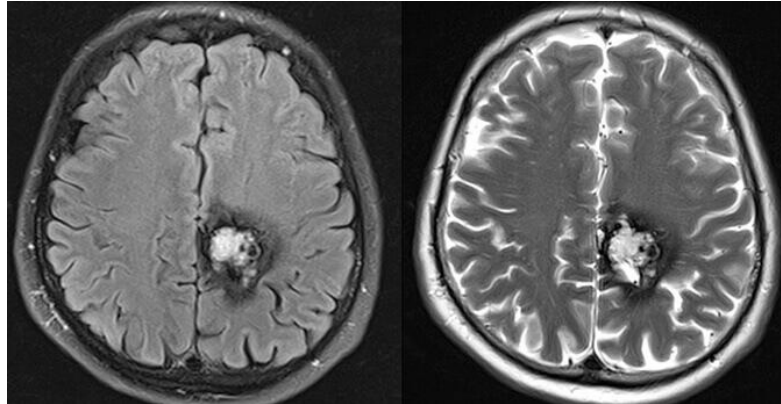
Οι αγγειοδυσπλασίες διακρίνονται σε κατηγορίες τις φλεβικές, που αφορούν μόνο φλέβες, τις λεμφικές που αφορούν αποκλειστικά τα λεμφαγγεία, τις φλεβολεμφικές που αφορούν φλέβες και λεμφαγγεία και τις αρτηριοφλεβικές όταν αρτηρίες συνδέονται απευθείας με τις φλέβες χωρίς τη συμμετοχή των τριχοειδών αγγείων.

Οι αγγειοδυσπλασίες εκδηλώνονται σε διάφορες ηλικίες και μπορούν να προκαλέσουν τοπικό οίδημα και ήπιο πόνο έως και πολύ σοβαρές συνθήκες για τον ανθρώπινο οργανισμό, όπως η ισχαιμία.

Για τη μελέτη βλαβών σε βαθύτερους ιστούς ή ανάδειξη αρτηριοφλεβικής επικοινωνίας χρησιμοποιείται η μαγνητική τομογραφία. ^[34]

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Στις αγγειακές δυσπλασίες εφαρμόζουμε το βασικό πρωτόκολλο του εγκεφάλου και ιδίως τις ακολουθίες T2, T2*, T1 και T1 με χορήγηση παραμαγνητικής ουσίας. Επιπλέον, η ανάδειξη της παθολογίας των αγγείων γίνεται με τη μαγνητική αγγειογραφία του εγκεφάλου. [35]



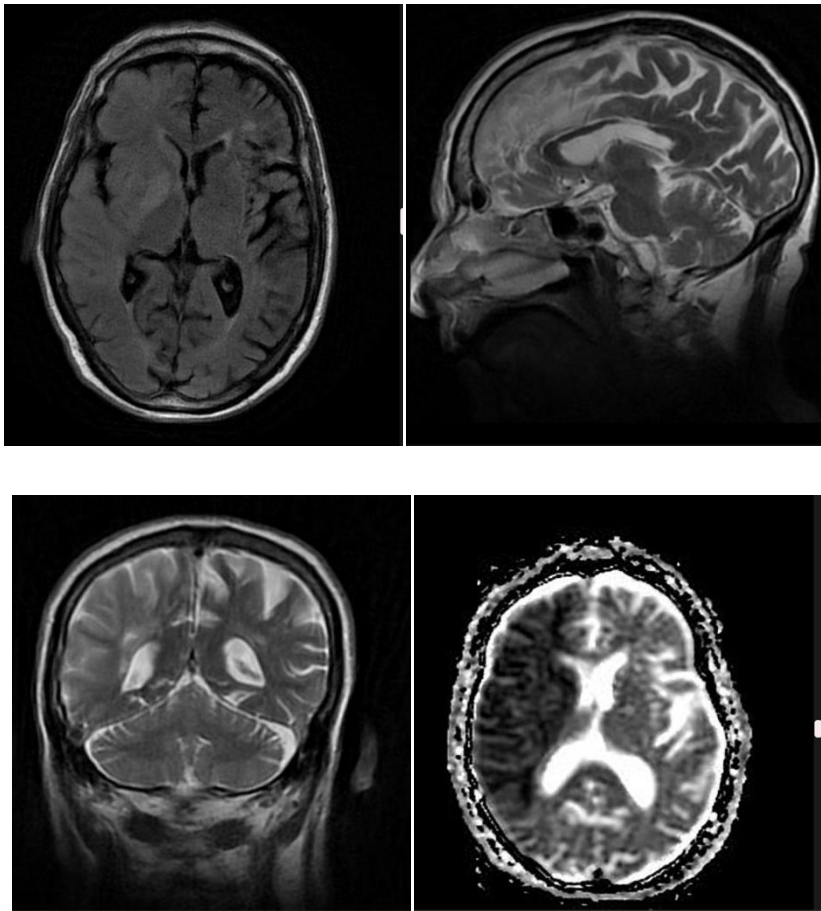
Εικόνα 5.2 Φλεβικές δυσπλασίες ή σπαραγγώδη αιμαγγειώματα (Cavernomas) σε ακολουθίες FLAIR και T2

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 12: Παράμετροι ακολουθιών για τις αγγειακές δυσπλασίες

5.2 Αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο

Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (stroke) συμβαίνει κυρίως όταν η ροή του αίματος στον εγκέφαλο μειώνεται σημαντικά ή διακόπτεται αιφνίδια. Αν συμβεί λόγω αιμορραγίας ονομάζεται αιμορραγικό αγγειακό επεισόδιο (hemorrhagic stroke) ή εγκεφαλική αιμορραγία. Εάν οφείλεται σε απόφραξη ενός αγγείου τότε το επεισόδιο καλείται ισχαιμικό (ischemic stroke).



Εικόνα 5.3 Εικόνες μαγνητικής τομογραφίας σε ασθενή με ισχαιμικό επεισόδιο: axial FLAIR , sagittal T2, coronal T1 , ADC

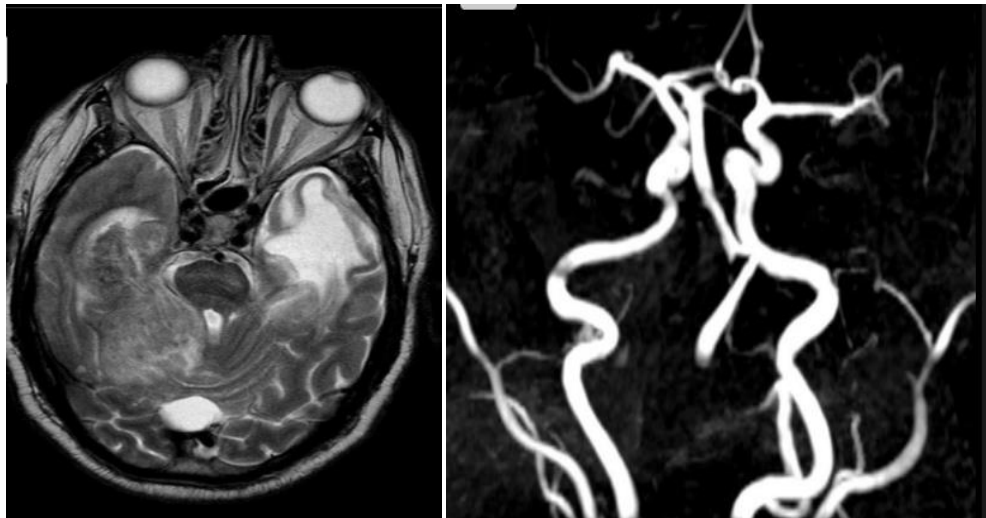
Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο αποτελεί μια πολύ σοβαρή νόσο καθώς και με υψηλή συχνότητα εμφάνισης, αφού επηρεάζει και τη ποιότητα ζωής του ασθενούς.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Το ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο εμφανίζεται πιο συχνά και διακρίνεται σε εμβολικό, δηλαδή σχηματίζεται ένας θρόμβος ο οποίος ταξιδεύει στην αιματική κυκλοφορία είτε θρομβωτικό, δηλαδή αυτός ο θρόμβος εγκαθίσταται σε μια περιοχή ενός αγγείου με αθηρωμάτωση.

Στο ισχαιμικό εγκεφαλικό επεισόδιο η εξέταση εκλογής είναι η αξονική τομογραφία, όμως και η μαγνητική τομογραφία εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα. Μέσα από τη μαγνητική τομογραφία αναδεικνύονται όλες οι περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες παρόλο που δεν αιματώνονται σωστά μπορούν να διασωθούν και να επαναιματωθούν. Η εφαρμογή λογισμικών, ωστόσο, είναι περιορισμένη και ο μεγάλος χρόνος εξέτασης τη καθιστά δύσκολη σε ασθενή με τέτοιου είδους νευρολογική πάθηση. ^{[36],[37]}

Στην εγκεφαλική αιμορραγία έχουμε ρήξη ενός αγγείου και έξοδος του αίματος μέσα στο εγκέφαλο ή γύρω από αυτόν. Τελευταίες στατιστικές των ΗΠΑ αναφέρουν πως η συχνότητα εμφάνισης αγγειακής αιμορραγίας είναι της τάξης των 12-15 περιστατικών ανά 100.000 άτομα.



Εικόνα 5.4 εγκεφαλική αιμορραγία σε axial FLAIR και σε μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου μετά από MIP επεξεργασία

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Η απεικόνιση της εγκεφαλικής αιμορραγίας γίνεται κυρίως με αξονική τομογραφία όμως η αναγνώριση της αιτίας μπορεί να γίνει με μαγνητική τομογραφία ή με μαγνητική αγγειογραφία εγκεφάλου. [36]

Η μαγνητική τομογραφία ωστόσο έχει μεγάλη ευαισθησία. Σε όλες τις φάσεις ενός εγκεφαλικού επεισοδίου χρησιμοποιείται το βασικό πρωτόκολλο του εγκεφάλου με χρήση των ακολουθιών DWI, ADC, T2, FLAIR, T2*, T1 και T1 με χορήγηση παραμαγνητικής ουσίας. [38]

| Επίπεδο/Ακρο- υθία | TR | TE | Slice Thickn ess | Flip Angle | Pha se | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|---------------------------|---------------|-------------|------------------------|---------------|-----------|---------|---------|-----|-----|--|
| Axial T1 | 400- 600 | Minim um | 5mm | 130- 150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000- 4000 | 100- 120 | 5mm | 130- 150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000- 9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2 500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000- 9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b- valu e:0, 500, 100 0 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400- 600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000- 4000 | 100- 120 | 5mm | 130- 150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400- 600 | Minim um | 5mm | 130- 150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400- 600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

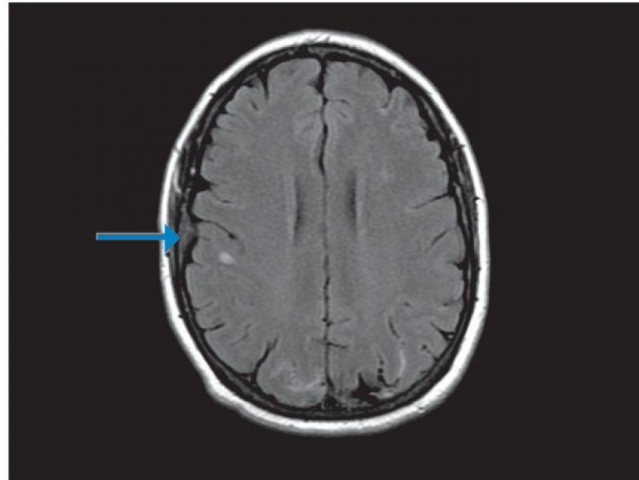
Πίνακας 13 Παράμετροι ακολουθιών για το εγκεφαλικό επεισόδιο

Υπαραχνοειδής αιμορραγία

Η υπαραχνοειδής αιμορραγία είναι μια πολύ επικίνδυνη κατάσταση που εμφανίζεται συνήθως με αιφνίδιο, δυνατό πονοκέφαλο στη βάση του κρανίου ή στο επίπεδο του αυχένα και οφείλεται σε ρήξη ενός ανευρύσματος ή σε άλλη αγγειακή δυσπλασία.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Έχει υψηλά ποσοστά θνητότητας και νοσηρότητας, αυτό σημαίνει ότι είτε θα επέλθει θάνατος είτε το άτομο θα εμφανίσει κάποιου είδους αναπηρία. ^[36]



Εικόνα 5.5 Υπαραχνοειδής αιμορραγία σε FLAIR ακολουθία

Στην υπαραχνοειδή αιμορραγία το πρωτόκολλο απεικόνισης περιλαμβάνει οπωσδήποτε ακολουθίες FLAIR, DWI, T1 και T2*, ενώ πραγματοποιείται και μαγνητική αγγειογραφία στα πλαίσια ανίχνευσης ανευρύσματος ή άλλης πηγής αιμορραγίας. ^[39]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|---------|
| TOF | 30-40 | 5-9 | 7mm | 25 | R>L | 256x256 | 250 | 10% | 1 | MTC: ON |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 14 Παράμετροι ακολουθιών για τη μαγνητική αγγειογραφία

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|------|-----|-------------|
| 2D TOF | 28-35 | 5-8 | 2mm | 60 | A>P | 256X256 | 250 | -50% | 1 | MTC:ON |
| 3D PC | 68-75 | 18-9 | 3mm | 15 | A>P | 256X256 | 280 | 20% | 2 | VELOCITY 10 |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 15 Παράμετροι ακολουθιών για τη μαγνητική φλεβογραφία

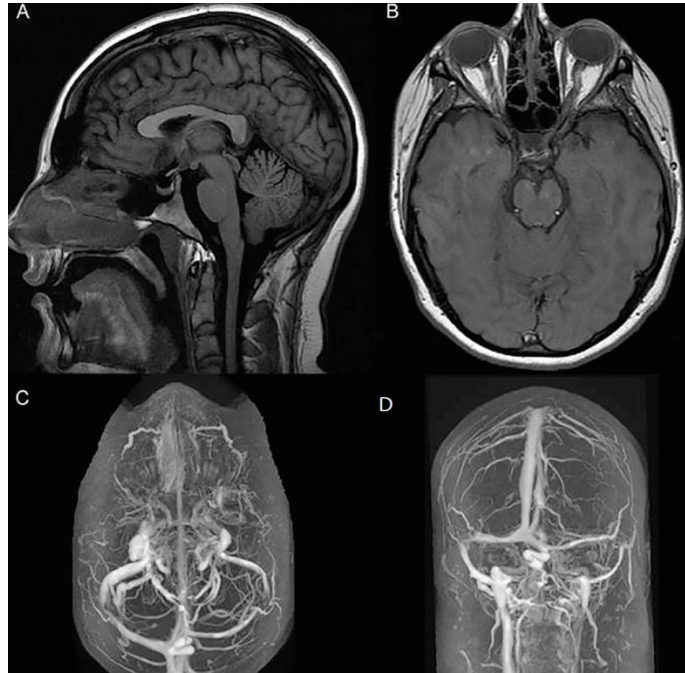
5.3 Ενδοκράνια υπέρταση – Αυτόματη ενδοκράνιος υπόταση

Η ενδοκράνιος υπέρταση είναι αποτέλεσμα είτε μιας πρωτοπαθούς βλάβης του κεντρικού νευρικού συστήματος είτε οποιαδήποτε επιπλοκή συνυπάρχουσας συστηματικής νόσου.

Προκαλείται από διάφορους παράγοντες και με βάση το μηχανισμό τους διακρίνονται σε:

- Φλεβική απόφραξη (θρόμβωση φλεβώδης κόλπου)
- Αυξημένο όγκο εγκεφάλου (νεοπλασία, απόστημα, εμπύημα)
- Αυξημένο όγκο αίματος (υπερκαπνία, ανοξία, σύνδρομο υπεραϊμάτωσης)
- Πιεστικά φαινόμενα (υπό-/επισκληρίδιο αιμάτωμα)
- Εγκεφαλικό οίδημα

Τα συμπτώματα είναι μη ειδικά και περιλαμβάνουν κεφαλαλγία, ναυτία, ρουκετοειδείς εμετούς, διπλωπία, και διαταραχές επιπέδου συνείδησης. Εντοπίζεται ιδίως τις πρωινές ώρες.



Εικόνα 5.6 Ιδιοπαθής ενδοκράνια υπέρταση σε εικόνες μαγνητικής τομογραφίας A. Sagittal T2 B. Axial FLAIR C. MRA D. MRV

Στην ενδοκράνια υπέρταση το πρωτόκολλο που ακολουθείται είναι το screening πρωτόκολλο καθώς επίσης χρησιμοποιείται και η μελέτη ροής του ΕΝΥ προς αποκλεισμό της αυξημένης πίεσης αυτού. ^[40]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|--------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0,500,1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

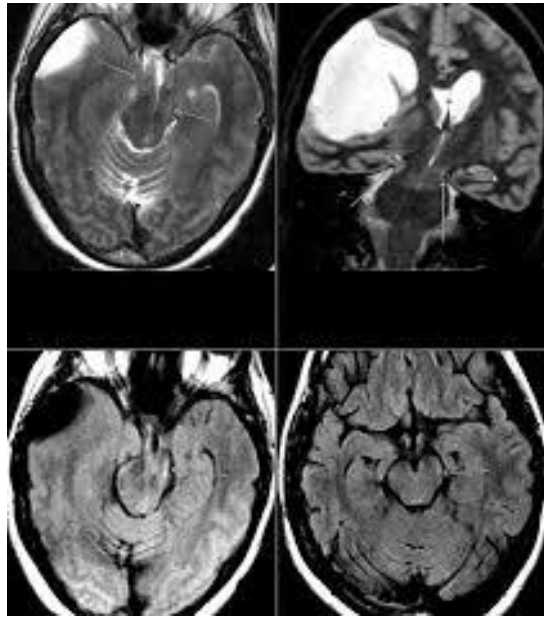
Πίνακας 16 Παράμετροι ακολουθιών για την ενδοκράνια υπέρταση

Σύνδρομο εγκολεασμού

Μια δυνητικά θανατηφόρα επιπλοκή της ενδοκράνιας υπέρτασης αποτελεί ο εγκολεασμός του εγκεφάλου και ορίζεται ως η συμπίεση ενός τμήματος του εγκεφάλου κατά μήκος των δομών και η μετατόπιση επί τα εκτός της φυσιολογικής του θέσης.

Υπάρχουν έξι τύποι εγκολεασμού : ο πλάγιος δυσκινηδιακός, ο υποδρεπανικός, ο αμυγδαλικός, ο ανάστροφος δυσκινηδιακός της παρεγκεφαλίδας και η εγκεφαλοκήλη.

Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκρινιστεί το αρχικό αίτιο ή για να ανιχνεύσει ευρήματα που ενδεχομένως να διέφυγαν από την αξονική τομογραφία.

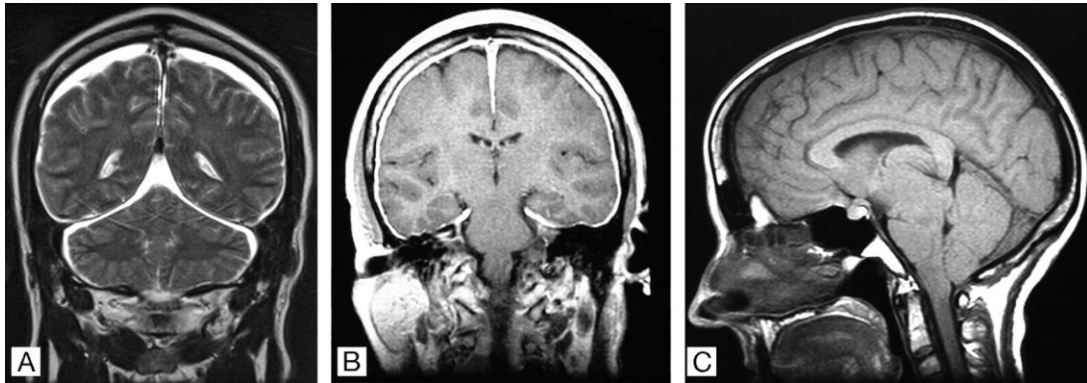


Εικόνα 5.7 Εικόνες εγχολεασμού εγκεφάλου σε μαγνητική τομογραφία

Βέβαια, η μαγνητική τομογραφία δεν αποτελεί εξέταση εκλογής διότι η παρατεταμένη παραμονή του ασθενούς σε ύπτια θέση ενέχει το κίνδυνο της αυξημένης ICP (Intracranial Pressure – Ενδοκρανιακή Πίεση).^[41]

Αυτόματη ενδοκράνιος υπόταση

Αυτόματη ενδοκράνιος υπόταση ορίζεται ως η μη φυσιολογική χαμηλή ενδοκράνιος πίεση η οποία εντοπίζεται με κεφαλαλγία, επιδεινώνεται σε όρθια θέση και υφίεται αμέσως στην κατακεκλιμένη θέση. Η πιο συχνή αιτία είναι η διαφυγή ENY (εγκεφαλονωτιαίου υγρού) στην αυχενική και θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης.



Εικόνα 5.8 Ενδοκράνια υπόταση A. Coronal FLAIR, B. Coronal T1, C Sagittal T1

Η μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου με ενδοφλέβιο μέσο σκιαγραφικής αντίθεσης (συνηθέστερα γαδολίνιο) είναι η αρχική επιλογή για τον έλεγχο της νόσου και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διάγνωση και τη παρακολούθηση των ασθενών. [42],[43]

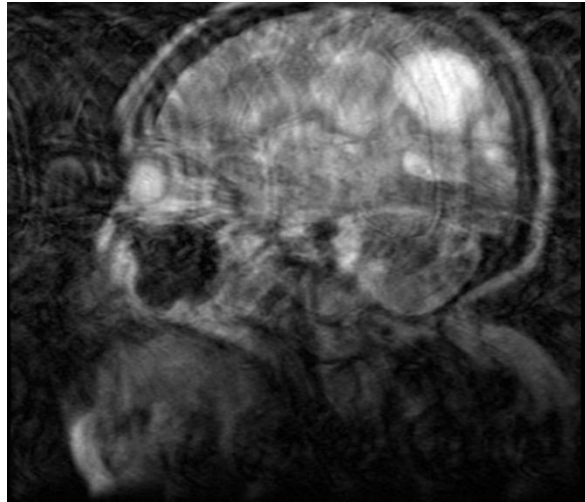
Ακολουθείται το screening πρωτόκολλο του εγκεφάλου ενώ τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μεγάλη μελέτη σχετικά με το MR μυελογράφημα με την έγχυση ενδορραχιαίως γαδολινίου. [44]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 17 Παράμετροι ακολουθιών για την αυτόματη ενδοκράνια υπόταση

5.4 Γλοιωμάτωση του εγκεφάλου

Η γλοιωμάτωση του εγκεφάλου είναι μία σπάνια νόσος που ορίζεται ως μια εκτεταμένη νεοπλασματική διήθηση του εγκεφαλικού παρεγχύματος νευρογλοιακής αρχής.



Εικόνα 5.9 Γλοιωμάτωση εγκεφάλου σε ασθενή 77 ετών. Η εικόνα συνοδεύεται από εκτεταμένα artifact κίνησης

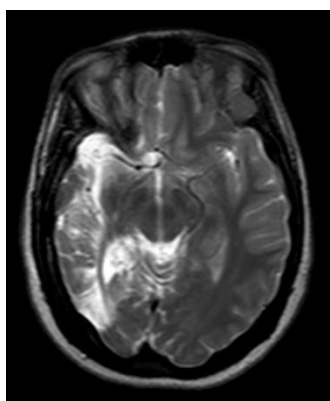
Κατά τη νόσο αυτή δεν συνυπάρχει διαταραχή της αρχιτεκτονικής και μη προσβολή των νευρικών κυττάρων. Διακρίνεται σε *de novo* (πρωτοπαθής) ή σαν αποτέλεσμα διασποράς (δευτεροπαθής).

Η μαγνητική τομογραφία εγκεφάλου και ιδίως οι ακολουθίες T2 και η FLAIR είναι εξαιρετικής κλινικής σημασίας ώστε να εκτιμηθεί η εξέλιξη και η επέκταση της νόσου. Οι ακολουθίες T1 πριν και μετά τη χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας χρησιμοποιούνται ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός πρόσληψης του σκιαγραφικού ο οποίος ορίζει και το βαθμό της κακοήθειας.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

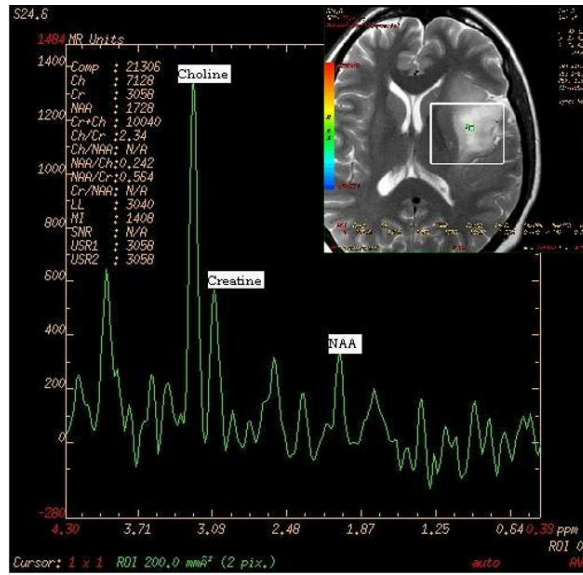
| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 18 Παράμετροι ακολουθιών για τη γλοίωση



Εικόνα 5.10 Γλοίωση εγκεφάλου σε axial FLAIR ακολουθία

Η μαγνητική φασματοσκοπία (MRS) αποτελεί σημαντική εξέλιξη και βοηθά προεγχειρητικά με τα hot spots προς καθοδήγηση. ^{[45],[46]}



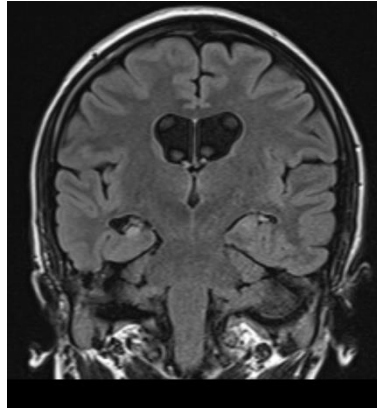
Εικόνα 5.11 Φασματοσκοπία σε γλοίωμα εγκεφάλου

5.5 Επιληψία

Η επιληψία αποτελεί μια πάθηση του εγκεφάλου που χαρακτηρίζεται από κρίσεις κινητικών, αισθητικών, ψυχικών και άλλων εκδηλώσεων και αποτελεί μία από τις συχνότερες νευρολογικές διαταραχές. [47],[48]

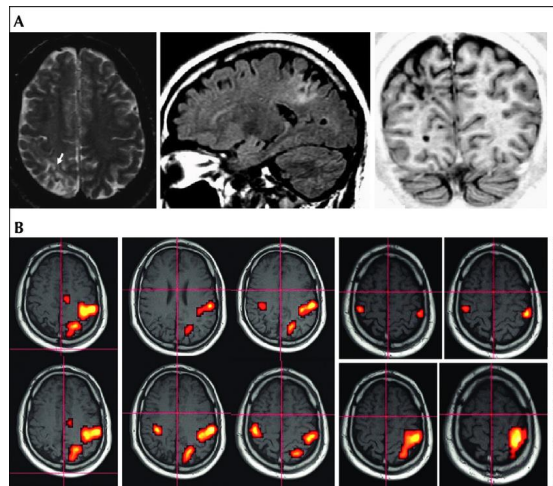
Υπάρχουν δύο είδη επιληψίας η πρωτοπαθής ή ιδιοπαθής επιληψία, η οποία δεν εμφανίζει κάποιο συγκεκριμένο αίτιο και η δευτεροπαθής, η οποία αποτελείται από έναν αριθμό αναστρέψιμων διαταραχών.

Η μαγνητική τομογραφία είναι η εξέταση εκλογής στην επιληψία καθώς έχει υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα. Στο πρωτόκολλο απεικόνισης περιλαμβάνονται οι ακολουθίες T2, FLAIR, Inversion Recovery, DWI/ADC και T2*. [44]



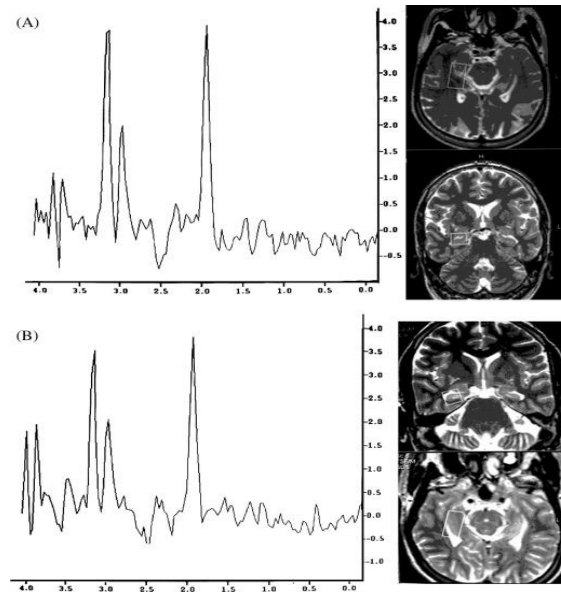
Εικόνα 5.12 Coronal FLAIR στον ιππόκαμπο σε γυναίκα 25 ετών με ιστορικό επιληψίας

Εφαρμογή στην επιληψία έχει και η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (f-MRI), το μαγνητοεγκεφαλογράφημα (MEG) και η φασματοσκοπία (MRS). [45],[46]



Εικόνα 5.13 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε ασθενή με επιληψία

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



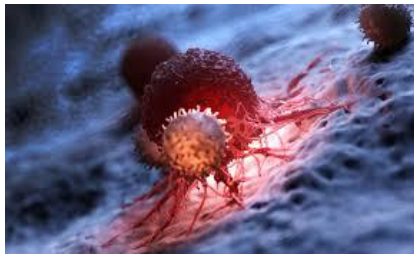
Εικόνα 5.14 Φασματοσκοπία σε ασθενή με ιστορικό επιληψίας

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 IR | 5000-6000 | 40-70 | 5mm | 130-150 | A>P | 320-320 | 220-240 | 10% | 2 | |
| Coronal FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130-150 | S>I | 320x320 | 220-240 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 19 Παράμετροι ακολουθιών για την επιληψία

5.6 Όγκοι του εγκεφάλου

Όγκο ονομάζουμε τον ανεξέλεγκτο πολλαπλασιασμό κυττάρων σε μια περιοχή. Οι όγκοι του εγκεφάλου μπορεί να είναι καλοήθεις αλλά και κακοήθεις. Οι όγκοι του εγκεφάλου μπορεί να ξεκινήσουν από τον εγκέφαλο και ονομάζονται πρωτοπαθείς αλλά μπορεί ο καρκίνος να ξεκινήσει σε άλλο μέρος του σώματος και να εξαπλώθηκε στον εγκέφαλο ως δευτεροπαθή εντόπιση (μετάσταση).^[47]

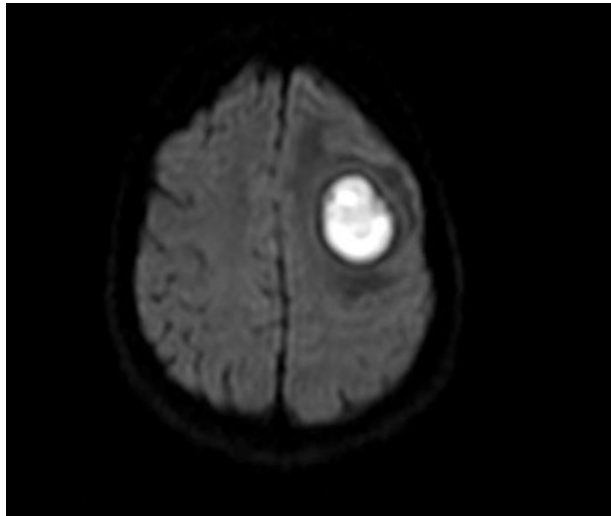


Εικόνα 5.14 Εξάπλωση όγκου

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί χρήσιμη απεικονιστική μέθοδο για τη μελέτη, τη σταδιοποίηση και τη θεραπεία των όγκων του εγκεφάλου. Αυτό συμβαίνει διότι η μαγνητική τομογραφία ορίζει με πολύ μεγάλη ακρίβεια το μέγεθος του όγκου. Η χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας δίνει μεγάλη λεπτομέρεια για την αγγείωσή του.

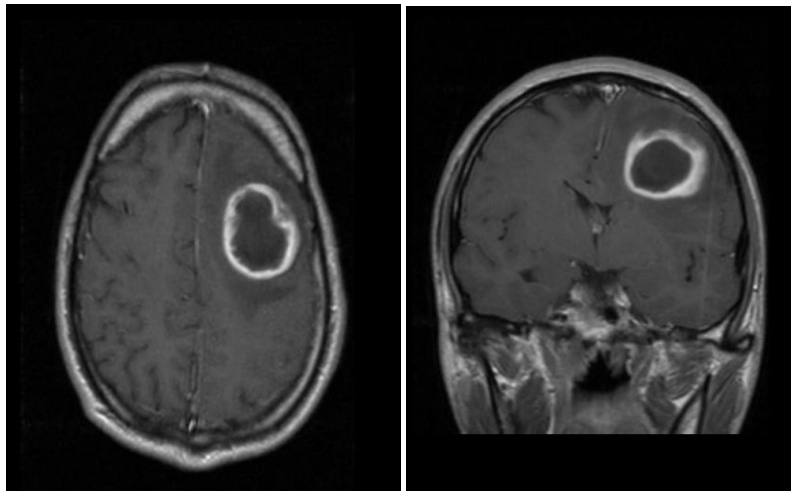
Η τεχνική σταθμισμένης διάχυσης παρουσιάζει τη κυτταρική δομή της βλάβης και η απεικόνιση με διάχυση (Diffusion) με $b=0$ και $b=1000$ ^[48] αντικατοπτρίζει πόσο αίμα φτάνει στο σημείο του όγκου. Οι δύο αυτές τεχνικές βοηθούν τα επίπεδα ελέγχου της ανταπόκρισης που θα έχει η θεραπεία στη νόσο.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 5.15 Όγκος εγκεφάλου σε ακολουθία Diffusion

Στο πρωτόκολλο απεικόνισης περιλαμβάνονται και οι ακολουθίες T1 σε εγκάρσιο και οβελιαίο επίπεδο και η FLAIR .^[49]



Εικόνα 5.16 όγκος εγκεφάλου σε axial και coronal επίπεδο μετά τη χορήγηση παραμαγνητικής ουσίας

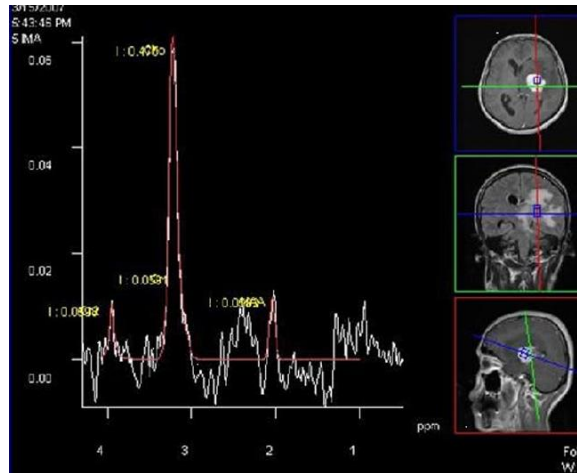
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

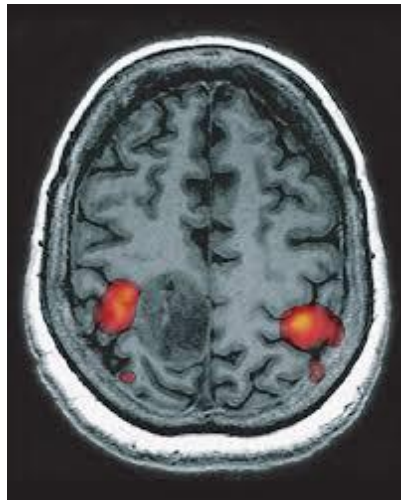
Πίνακας 20 Παράμετροι ακολουθιών για τους όγκους του εγκεφάλου

Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία, το perfusion καθώς και η φασματοσκοπία βοηθούν στη διάγνωση. Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία δίνει πληροφορίες για σημαντικές περιοχές του εγκεφάλου που δεν θα πρέπει να διαταραχθούν κατά τη πιθανή χειρουργική επέμβαση του όγκου, ενώ η φασματοσκοπία προσδίδει πληροφορίες για τη χημική σύνθεση του όγκου. ^{[50],[51]}

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



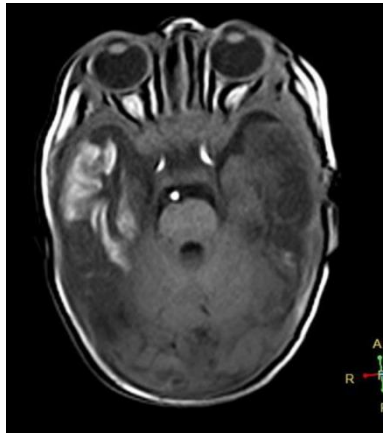
Εικόνα 5.17 Φασματοσκοπία σε ασθενή με Non Hodgkin λέμφωμα



Εικόνα 5.18 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε ασθενή με όγκο εγκεφάλου

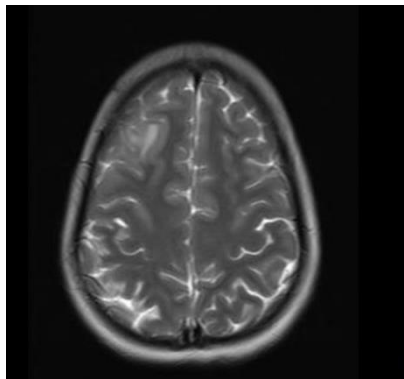
5.7 Λοιμώξεις του κεντρικού νευρικού συστήματος

Η λοίμωξη ορίζεται ως ένας αριθμός μικροβίων τα οποία βρίσκονται μέσα στον οργανισμό σε σημείο που υπό φυσιολογικές συνθήκες δεν θα έπρεπε να υπάρχουν και προκαλούν σημεία φλεγμονής μέσω της τοξικότητά τους. ^[52]



Εικόνα 5.19 Εγκεφαλίτιδα σε axial T1

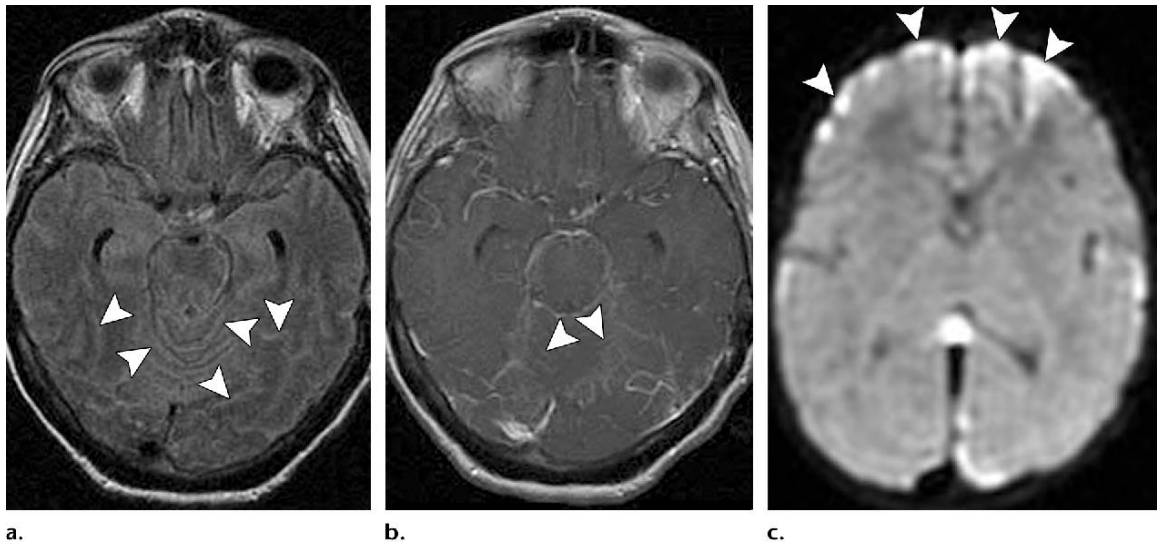
Οι λοιμώξεις του κεντρικού νευρικού συστήματος αφορούν μικρόβια που προσβάλλουν το σύστημα αυτό. Αυτές μπορούν να είναι μηνιγγίτιδες, δηλαδή φλεγμονώδεις παθήσεις των μηνίγγων που προέρχονται από βακτήρια, ιούς, μύκητες, φλεγμονώδεις νοσήματα όπως ο συστηματικός ερυθματώδης λύκος και οι νεοπλασίες.^[53]



Εικόνα 5.20 Μηνιγγίτιδα σε axial FLAIR

Η μαγνητική τομογραφία χρησιμοποιείται στις λοιμώξεις του ΚΝΣ προς αποκλεισμό συνυπάρχουσας εγκεφαλίτιδας ή αποστήματος.^[54] Στις λοιμώξεις λαμβάνονται οι ακολουθίες T1 σε εγκάρσιο και οβελιαίο επίπεδο, εγκάρσια T2 και FLAIR, η DWI, ο χάρτης ADC και ακολουθίες μετά την έγχυση παραμαγνητικής ουσίας.^[55]

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 5.21 Μηνιγγίτιδα. (a) Axial T2-weighted FLAIR (b) Axial T1-weighted με σκιαγραφικό (c) Diffusion-weighted

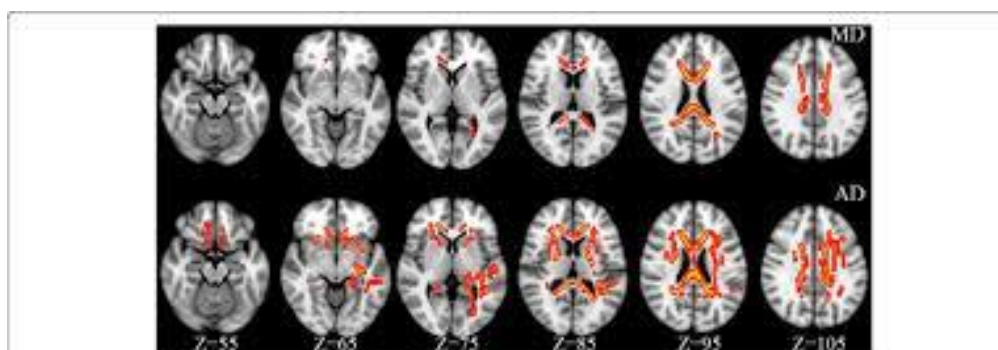
| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 21 Παράμετροι ακολουθιών για τις λοιμώξεις του ΚΝΣ

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και η φασματοσκοπία και το perfusion. [55]

Επίσης, προσθέτει λειτουργικές και μεταβολικές δραστηριότητες όπως με τη λειτουργική μαγνητική τομογραφία (functional MRI). [56]

Η μαγνητική τομογραφία έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην απεικόνιση των λοιμώξεων του ΚΝΣ. Εκτός από τη functional MRI συχνά χρησιμοποιούνται και οι ΜΤΙ και η DTI τεχνική προς διαχωρισμό των βλαβών της λοίμωξης από απομυελινωτικού τύπου εστίες. [57]



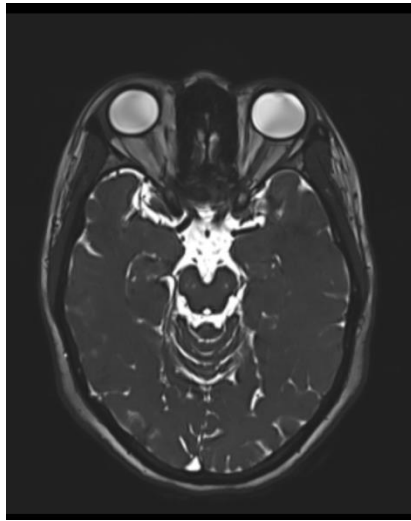
Εικόνα 5.22 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε ασθενή που πάσχει από HIV

5.8 Σύνδρομα Νευροαγγειακής Συμπίεσης

Νευραλγία Τριδύμου

Η νευραλγία τριδύμου συνιστά μια κατάσταση η οποία χαρακτηρίζεται από αιφνίδια επεισόδια έντονου και διαξιφιστικού άλγους στη πορεία ενός τμήματος ή σε ολόκληρη τη πορεία του τριδύμου νεύρου.

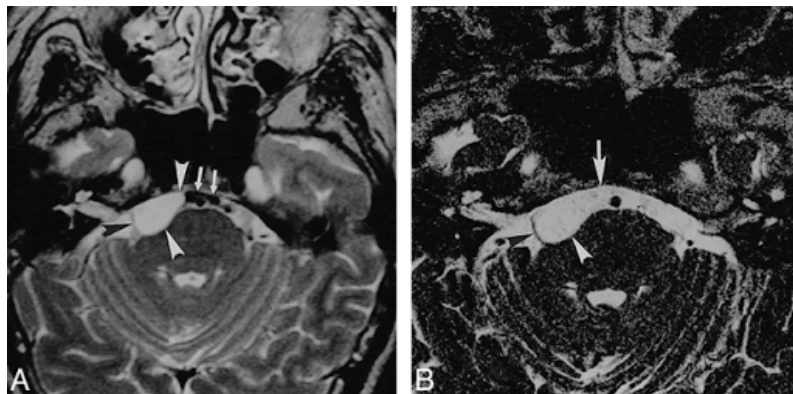
Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί την εξέταση εκλογής σε ασθενείς που πάσχουν από νευραλγία τριδύμου. Λαμβάνονται ακολουθίες FIESTA και FISP που μπορούν να αναδείξουν τη παθολογία στη περιοχή. Επίσης, η μαγνητική τομογραφία μπορεί να αναδείξει και άλλα αίτια πρόκλησης νευραλγίας τριδύμου, όπως οι νεοπλασίες.



Εικόνα 5.23 Ακολουθία CISS σε ασθενή με νευραλγία τριδύμου

Το πρωτόκολλο συμπληρώνεται και με ακολουθίες μετά την έγχυση παραμαγνητικής ουσίας. [58]

Μια σύγχρονη τεχνική, η μαγνητική δεξαμενογραφία (3D Magnetic Resonance Cisternography) αποκτά έδαφος για το προεγχειρητικό έλεγχο της νευραλγίας τριδύμου. [59]

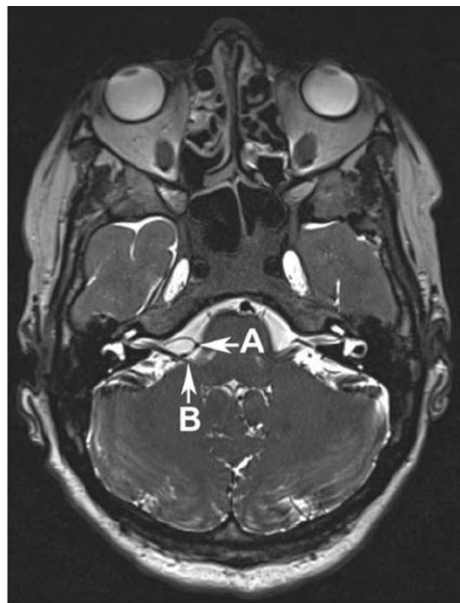


Εικόνα 5.24 MR Cisternography

Σπασμός Ημιπροσώπου

Ο σπασμός ημιπροσώπου χαρακτηρίζεται από ανώδυνους κλονικούς παλμούς των μυών από τη μία πλευρά του προσώπου.

Η μαγνητική τομογραφία μπορεί να αναδείξει εάν ο σπασμός αυτός προέρχεται από τη συμπίεση του νεύρου από κάποιο αγγείο ή από εξεργασίες, λοιμώξεις, κ.α. [60]

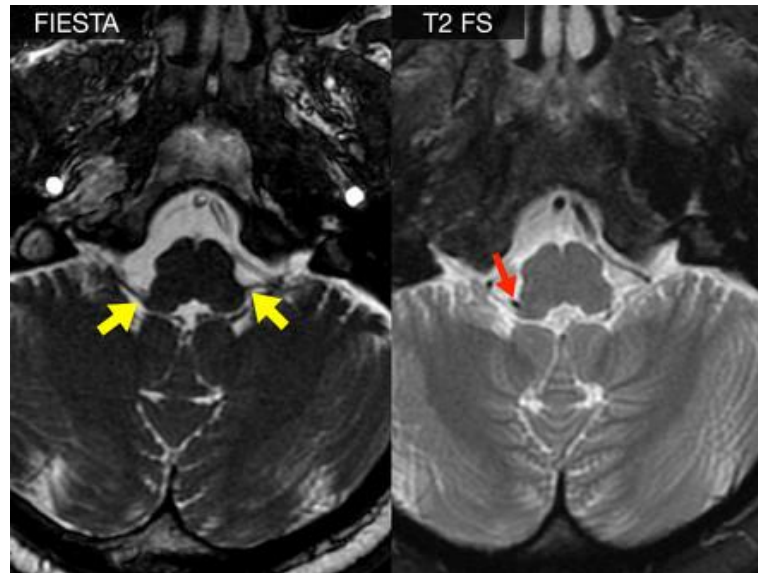


Εικόνα 5.25 Ακολουθία CISS σε σπασμό ημιπροσώπου

Γλωσσοφαρυγγική νευραλγία

Η γλωσσοφαρυγγική νευραλγία χαρακτηρίζεται από οξύ, βραχείας διάρκειας, διαξιφιστικού χαρακτήρα άλγος στη περιοχή του φάρυγγα και των αμυγδαλών με αντανάκλαση στα ώτα.

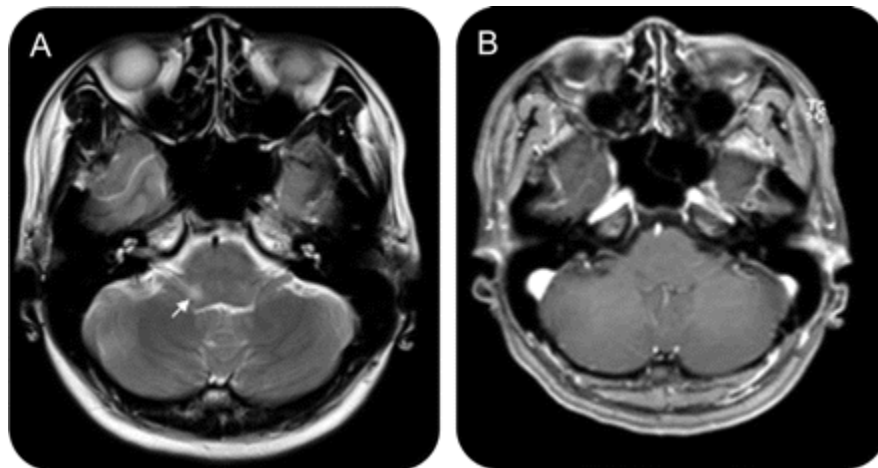
Και σε αυτή τη περίπτωση η μαγνητική τομογραφία μπορεί να αναδείξει την αιτία της νόσου. [61]



Εικόνα 5.26 Γλωσσοφαρυγγική νευραλγία σε μαγνητική τομογραφία. Αριστερά: ακολουθία FIESTA Δεξιά: ακολουθία T2 FS

Ίλιγγος

Ο ίλιγγος περιγράφεται ως ένα σύνδρομο δυσλειτουργίας του αιθουσο-κοχλιακού συστήματος λόγω της συμπίεσης της 8ης εγκεφαλικής συζυγίας από κάποια αρτηρία ή φλέβα.



Εικόνα 5.27 Απεικόνιση του ίλιγγου με μαγνητικό συντονισμό

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί την εξέταση εκλογής για τη νόσο η οποία βοηθά πολύ στη διάγνωση χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο screening του εγκεφάλου. [62]

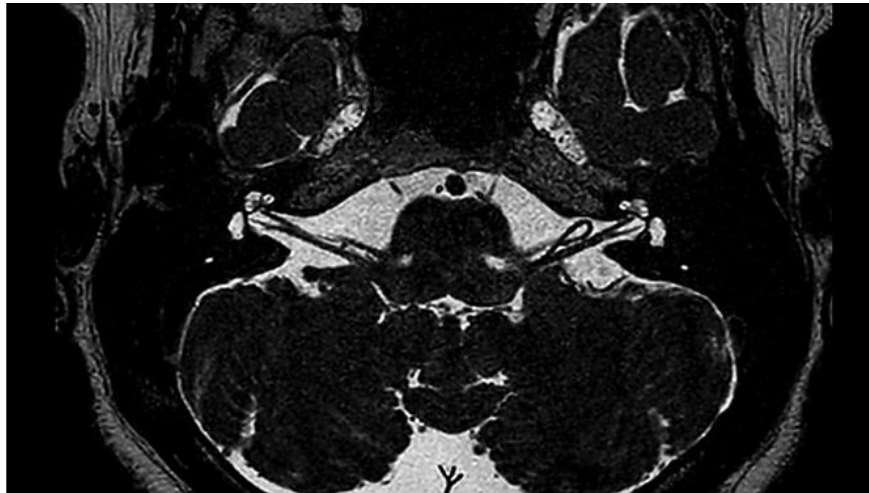
| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 22 Παράμετροι ακολουθιών για τον ίλιγγο

Σπασμωδικό ραιβόκρानο

Το σπασμωδικό ραιβόκρानο είναι μία μορφή δυστονίας κατά την οποία ο ασθενής δεν μπορεί να διατηρήσει σε όρθια θέση το κεφάλι του. Συνήθως, το σπασμωδικό ραιβόκρानο αναφέρεται σε στροφή της κεφαλής και του τραχήλου με ταυτόχρονη σύσπαση του στερνοκλειδομαστοειδή μυ.

Η μαγνητική τομογραφία, στα πλαίσια του απεικονιστικού ελέγχου, μπορεί να απεικονίσει ικανοποιητικά τα κατώτερα κρανιακά νεύρα (9^ο, 10^ο, 11^ο) και ιδιαίτερα η ακολουθία b-FFE (balanced Fast Field Echo). Επίσης, χρησιμοποιούνται ακολουθίες όπως η 3D T2W DRIVE και η T1W με παραμαγνητική ουσία. [63]



Εικόνα 5.28 3D T2W DRIVE

5.9 Συριγγομυελία

Η συριγγομυελία είναι ένας όρος που αναφέρεται σε μια διαταραχή κυρίως επίκτητη στην οποία δημιουργείται μια κοιλότητα ή μια κύστη μέσα στο νωτιαίο μυελό. Ως συριγγοπρομηκία ορίζεται η επέκταση της κοιλότητας προς τα πάνω δηλαδή προς το προμήκη μυελό.

Η απεικονιστική διερεύνηση της συριγγομυελίας πραγματοποιείται με μαγνητική τομογραφία και ακολουθίες T1, T2 και εικόνες πριν και μετά τη χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας ώστε να αναδειχθούν τα αίτια της νόσου.^[64] Επίσης, η μελέτη του ENY αποτελεί μια πολύ χρήσιμη τεχνική στη διερεύνηση της νόσου.^[65]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 23 Παράμετροι ακολουθιών για την σπριγγομυελία

5.10 Τραύμα

Επισκληρίδιο αιμάτωμα

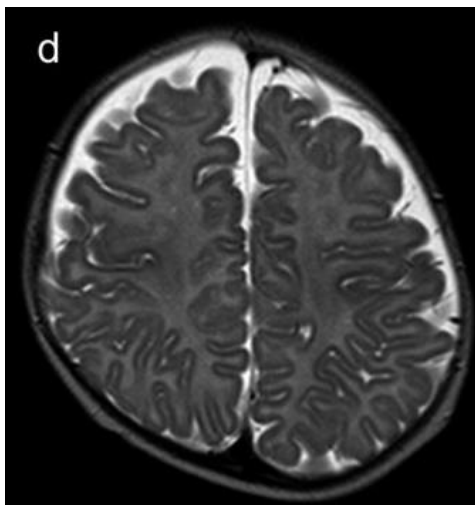
Το επισκληρίδιο αιμάτωμα είναι η συλλογή αίματος μεταξύ κρανίου και της σκληράς μήνιγγας και μπορεί να προκληθεί από τη ρήξη κάποιου αγγείου λόγω κατάγματος. [66]

Το επισκληρίδιο αιμάτωμα για να απεικονισθεί με μαγνητικό συντονισμό απαιτεί ακολουθίες T1 και T2. [67]

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

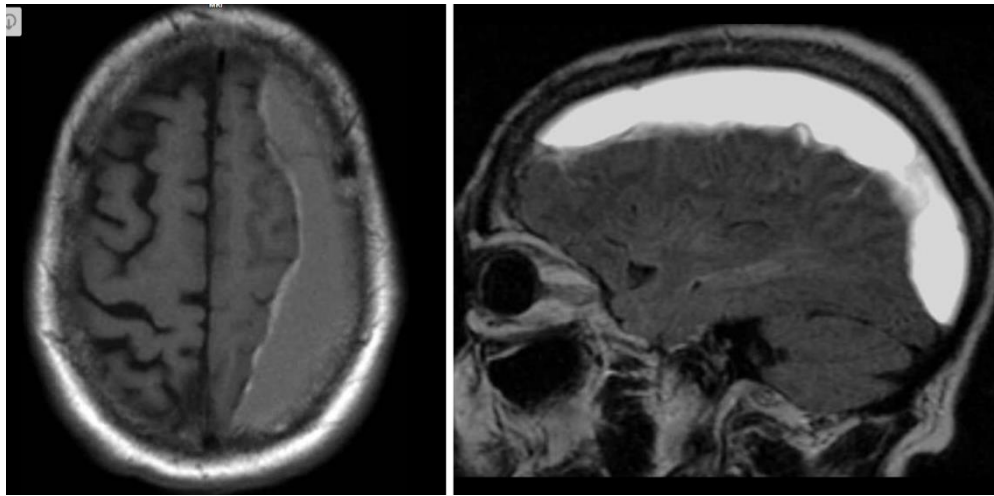
Πίνακας 24 Παράμετροι ακολουθιών για το επισκληρίδιο αιμάτωμα



Εικόνα 5.29 Επισκληρίδιο αιμάτωμα

Υποσκληρίδιο αιμάτωμα

Το υποσκληρίδιο αιμάτωμα είναι η συλλογή αίματος μεταξύ της σκληράς και της αραχνοειδούς μήνιγγας και μπορεί να είναι οξύ, χρόνια ή αυτόματο. Το οξύ υποσκληρίδιο αιμάτωμα αποτελεί μια βαριά τραυματική βλάβη του εγκεφάλου. Το χρόνια υποσκληρίδιο αιμάτωμα λαμβάνει χώρα κυρίως σε άτομα άνω των 63 ετών. Το αυτόματο υποσκληρίδιο αιμάτωμα αναπτύσσεται στον υποσκληρίδιο χώρο χωρίς σαφές ιστορικό κάκωσης. [68]



Εικόνα 5.30 Υποσκληρίδιο αιμάτωμα σε ακολουθίες axial T1 και sagittal T2

Η απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό επιβάλλει εικόνες βάρους T1, T2 καθώς και ακολουθία FLAIR. [69]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|--------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0,500,1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 25 Παράμετροι ακολουθιών για το υποσκληρίδιο αιμάτωμα

Αιμορραγική θλάση

Η αιμορραγική θλάση είναι γνωστή και ως τραυματική ενδοεγκεφαλική αιμορραγία και συμβαίνει μετά από κρανιοεγκεφαλική κάκωση.

Στις περιπτώσεις των τραυμάτων η μαγνητική τομογραφία δεν αποτελεί εξέταση εκλογής και τη θέση της παίρνει η αξονική τομογραφία.

5.11 Πολλαπλή Σκλήρυνση

Η πολλαπλή σκλήρυνση κατηγοριοποιείται στις απομυελινωτικές παθήσεις. Αποτελεί νόσημα που προσβάλλει τη μυελίνη. Στη πολλαπλή σκλήρυνση το ανοσολογικό σύστημα ενεργοποιείται και επιτίθεται στον ίδιο τον οργανισμό. Η αιτία της νόσου είναι άγνωστη. Η διαδικασία αυτή δημιουργεί εστίες φλεγμονής εντός του κεντρικού νευρικού συστήματος με επακόλουθο τη τμηματική καταστροφή της μυελίνης.

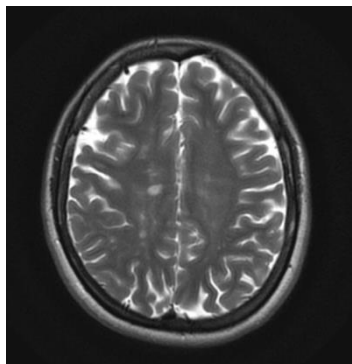
Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Η νόσος εκδηλώνεται με νευρολογική σημειολογία μεταξύ των οποίων είναι η διπλωπία, το θάμβος της όρασης, αδυναμία ενός άκρου, κ.α.

Η μαγνητική τομογραφία αποτελεί ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία για την απεικόνιση της πολλαπλής σκλήρυνσης. Ο θεράπων αξιολογεί τον αριθμό και το μέγεθος των βλαβών, μπορεί να εξετάσει τη πορεία της νόσου καθώς και να ελέγξει εάν η τρέχουσα θεραπεία λειτουργεί ή όχι.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί νέες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των απομυελινωτικών νοσημάτων.

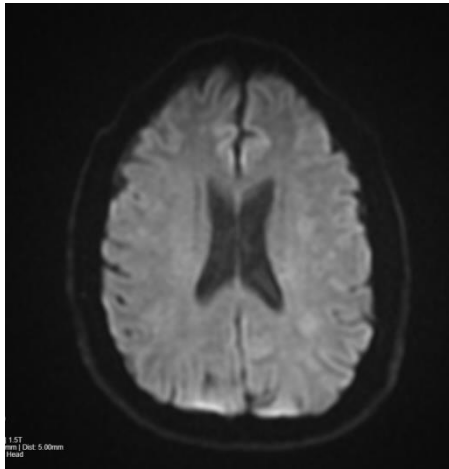
Ο λόγος μεταφοράς της μαγνήτισης (Magnetization Transfer Contrast – MTC) μπορεί να μειωθεί σημαντικά στην οξεία φάση της νόσου και μετά τη χορήγηση της παραμαγνητικής ουσίας, όταν η εστία προσλαμβάνει τότε προοδευτικά ο λόγος αυξάνεται τείνοντας προς τις φυσιολογικές τιμές.



Εικόνα 5.31 Απεικόνιση πολλαπλής σκλήρυνσης με μαγνητική τομογραφία σε ακολουθία FLAIR

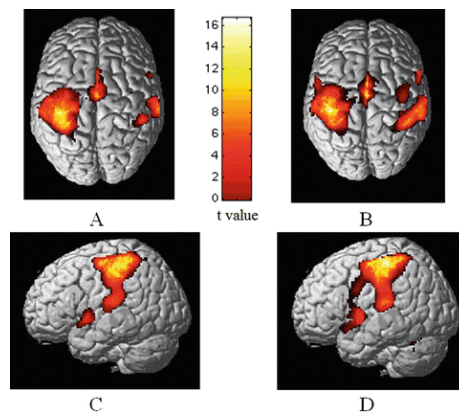
Η μαγνητική φασματοσκοπία χρησιμοποιείται εξίσου στις απομυελινωτικές βλάβες για να δηλώσει την αξονική καταστροφή και τη δυσλειτουργία.

Η μαγνητική τομογραφία διάχυσης (DW-MRI και DTI) δίνει πληροφορίες για την ακεραιότητα της δομής που εξετάζουμε.



Εικόνα 5.32 Diffusion weighted εικόνα σε ασθενή με πολλαπλή σκλήρυνση

Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (functional – MRI) δίνει πληροφορίες για τη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Απομυελινωτική νόσος δεν σημαίνει αυτόματα γνωσιακά ελλείμματα ή σωματική αναπηρία. [15]



Εικόνα 5.33 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε ασθενή με πολλαπλή σκλήρυνση

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial MgT | 300-700 | Minimum | 5mm | 130-150 | A>P | 320-320 | 220-240 | 10% | 1 | |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 3mm | 400-600 | 15-25 | 3mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial MgT+C | 300-700 | Minimum | 5mm | 130-150 | A>P | 320-320 | 220-240 | 10% | 1 | |

Πίνακας 26 Παράμετροι ακολουθιών για τη πολλαπλή σκλήρυνση

5.12 Κεφαλαλγία - Ημικρανία

Η κεφαλαλγία (πονοκέφαλος) είναι ένα από τα πιο συχνά προβλήματα που μπορεί να εμφανίσει κάποιος στη ζωή του. Οι πιο κοινές μορφές είναι η κεφαλαλγία τάσεως και η ημικρανία.

Η κεφαλαλγία τάσεως εμφανίζεται αμφοτερόπλευρα στους κροτάφους και η τυπική αίσθηση είναι σαν κάτι να πιέζει το κεφάλι.

Η ημικρανία (migraine) πρόκειται για ένα νευρολογικό σύνδρομο με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Ο πόνος της ημικρανίας εντοπίζεται κυρίως στο ήμισυ της κεφαλής είναι σφυγμώδης και συνοδεύεται από φωτοφοβία, ηχοφοβία και ναυτία. Σε ποσοστό των πασχόντων εντοπίζεται νευρολογική συμπτωματολογία μικρής διάρκειας και

πρόκειται για οπτικές διαταραχές ή μουδιάσματα στο ήμισυ του σώματος, συμπτώματα που χαρακτηρίζονται ως <<αύρα>>.

Η διάρκειά της είναι από λίγες ώρες έως και ημέρες. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι αιφνίδια, ωστόσο υπάρχουν φορές που εκλύεται από κάποιο αίτιο όπως στρες, έμμηνο ρύση, τροφές, κ.α.

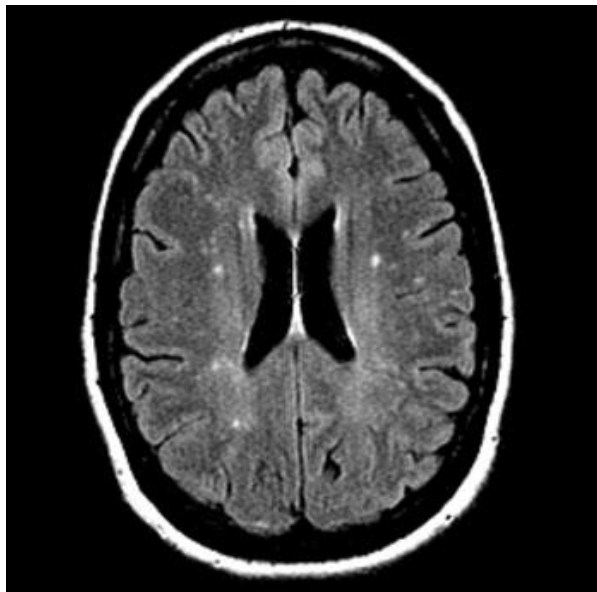
Η αθροιστική κεφαλαλγία έχει έντονο διαπεραστικό άλγος εντοπίζεται πάντα στην ίδια πλευρά του κεφαλιού και συνοδεύεται από δάκρυα και ρινική συμφόρηση.

Οι προηγούμενες αποτελούσαν κατηγορίες πρωτοπαθούς κεφαλαλγίας. Στις δευτεροπαθείς κεφαλαλγίες η αιτιολογία είναι πολύ σοβαρότερη και απαιτούν επείγουσα διερεύνηση όπως όγκοι, λοιμώξεις, αυτοάνοσα νοσήματα, ρήξεις ανευρυσμάτων, κ.α. ^[71]

Η μαγνητική τομογραφία είναι η εξέταση που συστήνεται από τους νευρολόγους όχι όμως σε όλους τους ανθρώπους που θα εμφανίσουν επεισόδια κεφαλαλγίας. Θα πρέπει κατά κανόνα να πληρούν κάποια στοιχεία που θα σηματοδοτήσουν την ανάγκη για διενέργεια απεικόνισης. Η εμφάνιση ενός αιφνίδιου και οξύ χαρακτήρα επεισοδίου που ξεκινά και κορυφώνεται πολύ σύντομα, η σταδιακή επιδείνωση ενός πονοκεφάλου είτε σε συχνότητα, είτε σε ένταση, είτε σε διάρκεια, η αλλαγή χαρακτήρα σε μια προϋπάρχουσα κεφαλαλγία, η εμφάνιση μιας νέας μορφής κεφαλαλγίας σε ηλικία άνω των 50 ετών και η ύπαρξη νευρολογικής σημειολογίας είναι κάποια από τα σημεία που θα οδηγήσουν το νευρολόγο να συστήσει μαγνητική τομογραφία.

Η μαγνητική τομογραφία θα απεικονίσει το αίτιο της κεφαλαλγίας χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο screening. ^[72]

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές



Εικόνα 5.34 Μαγνητική τομογραφία σε ασθενή με επεισόδια ημικρανίας

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 27 Παράμετροι ακολουθιών για τη κεφαλαλγία

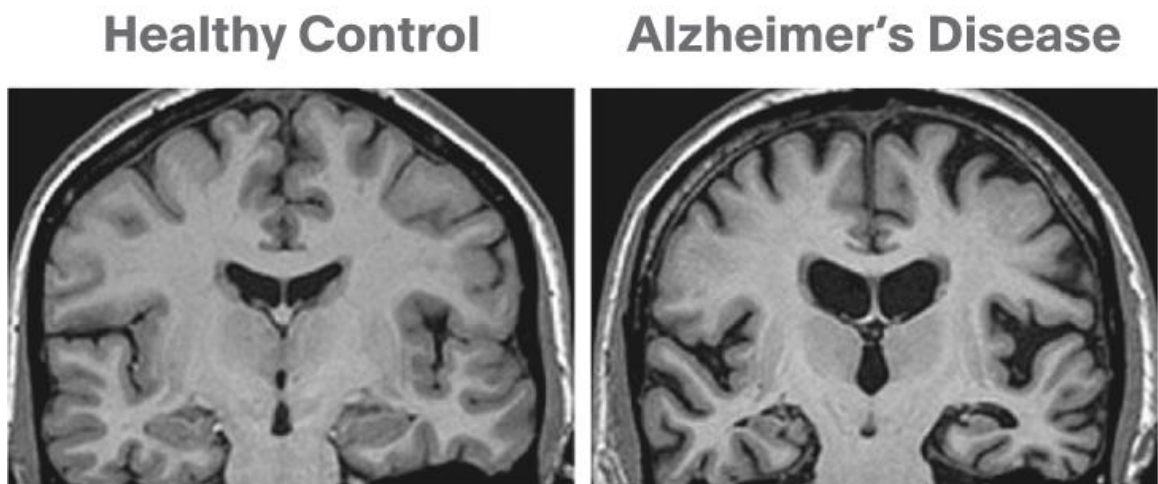
5.13 Η νόσος Alzheimer

Η νόσος Alzheimer είναι μια νευροεκφυλιστική νόσος η οποία αρχίζει με αργό ρυθμό και επιταχύνεται με την αύξηση της ηλικίας. Γενικά, η νόσος εντοπίζεται σε άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών, ωστόσο μπορεί να εντοπιστεί και σε άτομα κάτω των 50 ετών.

Η νόσος αυτή είναι μη θεραπεύσιμη. Το πιο κοινό σύμπτωμα είναι η αδυναμία ανάκλησης πρόσφατων συμβάντων (απώλεια βραχύχρονης μνήμης). Καθώς η νόσος εξελίσσεται εντοπίζεται συμπτωματολογία όπως προβλήματα δυσαρθρίας, στον προσανατολισμό, διακυμάνσεις διάθεσης, απώλεια κινήτρων, μη αυτοεξυπηρέτηση και θέματα συμπεριφοράς.

Η απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την αξιολόγηση ασθενών με υποψία νόσου Alzheimer. Η ατροφία του εγκεφαλικού παρεγχύματος είναι δείκτης της νόσου. Επίσης, η ατροφία του ιππόκαμπου είναι ακόμα ένας ισχυρός δείκτης μελέτης έκβασης της νόσου. Επομένως, λαμβάνεται εκτός από το βασικό πρωτόκολλο και μια ακολουθία T1 στεφανιαία στον ιππόκαμπο.

[73]



Εικόνα 5.35 Σύγκριση ενός υγιούς εγκεφάλου και ενός πάσχοντα από Alzheimer

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Οι μαγνητικοί τομογράφοι 1,5 Tesla ή 3 Tesla επιτρέπουν την απόκτηση ψηφιακών εικόνων υψηλής ανάλυσης του εγκεφάλου με εξαιρετική λεπτομέρεια και αντίθεση.

Ακόμα, η μαγνητική τομογραφία μπορεί να εντοπίσει εγκεφαλικές ανωμαλίες σε άτομα με ήπιες γνωσιακές διαταραχές και μπορεί εξίσου να προβλέψει εάν τελικά τα άτομα αυτά θα αναπτύξουν νόσο Alzheimer. [74],[75],[76],[77],[78]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 3mm | 400-600 | 15-25 | 3mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 28 Παράμετροι ακολουθιών για τη νόσο Alzheimer

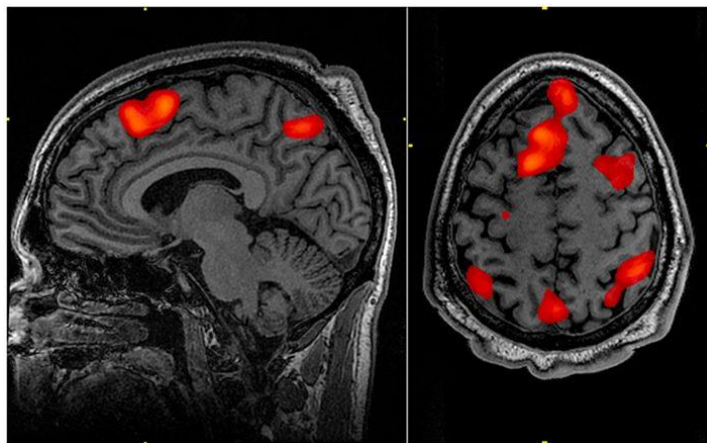
5.14 Ψυχικές Παθήσεις

Οι ψυχικές παθήσεις είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται σε μια ομάδα παθήσεων και διαταραχών που επηρεάζουν τη σκέψη, το συναίσθημα, τη συμπεριφορά και τη συναναστροφή με τους άλλους.

Οι ψυχικές παθήσεις μπορεί να είναι ήπιες αλλά μπορεί και να εξελιχθούν σε σοβαρές ψυχικές παθήσεις. Προκαλούν ψυχική οδύνη σε αυτούς που υποφέρουν από αυτές.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη ψυχικών παθήσεων όπως και διαφορετικοί βαθμοί σοβαρότητας. Μερικά από τα κύρια είδη είναι η κατάθλιψη, η αγχώδης διαταραχή, η σχιζοφρένεια, η διαταραχή διπολικής διάθεσης, οι διαταραχές προσωπικότητας και οι διατροφικές διαταραχές (ψυχογενής βουλιμία, νευρική ανορεξία, κ.α.). Οι πιο κοινές είναι οι αγχώδεις και οι καταθλιπτικές διαταραχές. [79]

Η απεικόνιση της μαγνητικής τομογραφίας στις ψυχικές ασθένειες κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος. Πρόσφατη μελέτη που δημοσιεύθηκε στις 11/02/2020 στο American Journal of Psychiatry από το ψυχιατρικό ινστιτούτο του Λονδίνου και διενεργήθηκε από τον Dr. Tonmay Sharma αναφέρει διαφορές στη δομή σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου μεταξύ υγιών ατόμων που είχαν εμφανίσει πρώιμα στάδια σχιζοφρένειας.



Εικόνα 5.36 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία σε ασθενή που πάσχει από σχιζοφρένεια

Η σημαντική αυτή μελέτη οδήγησε στο συμπέρασμα ότι μπορούμε μέσω της μαγνητικής τομογραφίας να αξιολογήσουμε από πρώιμα στάδια τη νόσο κάτι που στο παρελθόν καθυστερούσε πολύ εντοπίζοντας τη νόσο σε πολύ προχωρημένα στάδια. Έτσι, η θεραπεία εφαρμόζεται άμεσα και μπορεί να προληφθεί η επέκταση της νόσου. [80]

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 29 Παράμετροι ακολουθιών για τις ψυχικές παθήσεις

5.15 Η νόσος Parkinson

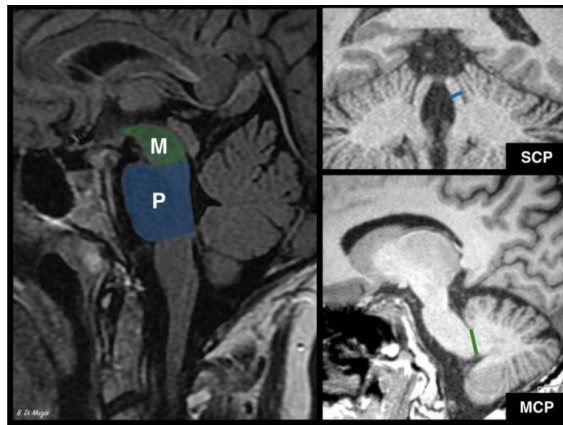
Η νόσος Parkinson γνωστή και ως ιδιοπαθής πρωτοπαθής παρκινσονισμός ή τρομώδης παράλυση αποτελεί μια εκφυλιστική διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Τα κινητικά συμπτώματα της νόσου απορρέουν από το θάνατο των ντοπαμινεργικών κυττάρων της μέλαινας ουσίας.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Στα πρώιμα στάδια εντοπίζονται κινητικά συμπτώματα που περιλαμβάνουν τρόμο, ακαμψία, βραδυκινησία και δυσχέρεια βάρδισης. Σε επόμενα στάδια εμφανίζονται ψυχιατρικές εκδηλώσεις με την άνοια και τη κατάθλιψη να εντοπίζονται στη κορύφωση της νόσου.

Η νόσος εμφανίζει επίσης αισθητικές διαταραχές και διαταραχές ύπνου. Η εμφάνιση της νόσου είναι συνηθέστερη στη τρίτη ηλικία και σε άτομα άνω των 50 ετών.

Η μαγνητική τομογραφία δεν αποτελεί την εξέταση εκλογής σύμφωνα με το πρωτόκολλο για τη διάγνωση της νόσου παραταύτα χρησιμοποιείται προς αποκλεισμό άλλων αιτιών. Οι ακολουθίες που λαμβάνονται για τη νόσο είναι βάρους T1, T2 και T2*. ^[81] Η απεικόνιση μαγνητικής επιδεκτικότητας κερδίζει έδαφος για τη μελέτη της νόσου η οποία ελέγχει τη συσσώρευση σιδήρου στη μέλαινα ουσία του εγκεφάλου. ^{[82],[83]}



Εικόνα 5.37 Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού σε ασθενή με Parkinson με βλάβη στον ιππόκαμπο

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 30 Παράμετροι ακολουθιών για τη νόσο Parkinson

5.16 Υδροκεφαλία

Υδροκεφαλία χαρακτηρίζεται η νόσος κατά την οποία αυξάνεται ο όγκος του ΕΝΥ, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα διαταραχής της απορρόφησης ή σπανίως της υπερβολικής παραγωγής του ΕΝΥ.

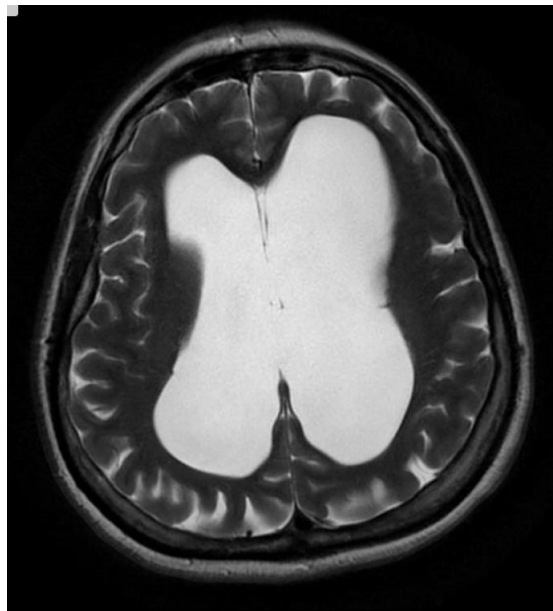
Το ΕΝΥ παράγεται με ρυθμό 500ml/ημέρα και εκκρίνεται από τα χοριοειδή πλέγματα των πλαγίων, της 3^{ης} και της 4^{ης} κοιλίας και εξέρχεται από τα τρήματα Luschka και Magendie. Απορροφάται από τις αραχνοειδείς λάχνες και διοχετεύεται στη φλεβική κυκλοφορία.

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

Ο υδροκέφαλος μπορεί να είναι αποφρακτικός λόγω της παρεμπόδισης της ροής του ΕΝΥ στο κοιλιακό σύστημα ή επικοινωνών λόγω της παρεμπόδισης ροής του ΕΝΥ εκτός από το κοιλιακό σύστημα.

Τα αίτια της νόσου είναι συνήθως συγγενή ή επίκτητα στον αποφρακτικό υδροκέφαλο ενώ στον επικοινωνών έχουν κάποιο παθολογικό υπόβαθρο.

Η απεικονιστική διερεύνηση της υδροκεφαλίας γίνεται κυρίως με μαγνητική τομογραφία και ακολουθίες T2 και FLAIR.^[84] Στη περίπτωση του χρόνιου υδροκεφάλου ο οποίος έχει πάντα αποφρακτικό χαρακτήρα, οι αλλαγές που παρατηρούνται στις απεικονιστικές εξετάσεις εξαρτώνται από το είδος της υδροκεφαλίας και αναδεικνύεται κυρίως η διάταση του κοιλιακού συστήματος.^{[85],[86]}



Εικόνα 5.38 Επικοινωνών υδροκέφαλος σε ακολουθία axial FLAIR

Απεικόνιση εγκεφάλου με μαγνητικό συντονισμό : Σύγχρονα πρωτόκολλα και τεχνικές

| Επίπεδο/Ακολουθία | TR | TE | Slice Thickness | Flip Angle | Phase | Matrix | FOV | Gap | NEX | |
|-------------------------------|-----------|---------|-----------------|------------|-------|---------|---------|-----|-----|----------------------|
| Axial T1 | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial FLAIR T2 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | T1:2500 |
| Axial Diffusion b=1000 | 7000-9000 | 110 | 5mm | 130 | R>L | 192x192 | 210-230 | 10% | 4 | b-value:0, 500, 1000 |
| Axial GRE T2* | 600 | 13 | 5mm | 130 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Sagittal T2 | 3000-4000 | 100-120 | 5mm | 130-150 | A<P | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Axial T1 + C | 400-600 | Minimum | 5mm | 130-150 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |
| Coronal T1 + C | 400-600 | 15-25 | 5mm | 90 | R>L | 320x320 | 210-230 | 10% | 2 | |

Πίνακας 31 Παράμετροι ακολουθιών για την υδροκεφαλία

Επίλογος

Τελειώνοντας λοιπόν τη συγγραφή αυτής της διπλωματικής αντιλαμβανόμαστε ότι η απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό προσφέρει τη λήψη πληροφοριών σχετικά με την βιοχημική κατάσταση των ιστών με τη μορφή εικόνων και φασμάτων. Προσφέρει την δυνατότητα του έγκαιρου εντοπισμού διαφόρων βιοχημικών αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν πριν το σχηματισμό κακοήθειας και καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο φάσμα παθολογιών το οποίο πρέπει να απεικονισθεί.

Η μαγνητική τομογραφία προσφέρει μια πληθώρα εργαλείων για την εντόπιση και την παρακολούθηση της πορείας διαφόρων βλαβών καθώς επίσης και την δυνατότητα πολλών επαναλήψεων μιας και οι ασθενείς δεν επιβαρύνονται με ιοντίζουσες ακτινοβολίες ή άλλες χημικές ουσίες. Επίσης, η εφαρμογή της γεφυρώνει το χάσμα της ανατομικής και της μοριακής απεικόνισης καθώς προσφέρει τη δυνατότητα χωρικής απεικόνισης της λειτουργικής κατάστασης των ιστών. Με την βοήθεια της μαγνητικής τομογραφίας είναι δυνατή η σταδιοποίηση και ο χαρακτηρισμός, η εκτίμηση της πορείας της νόσου και η παρατήρηση της ανταπόκρισης των ιστών στην θεραπεία.

Σήμερα, όλα τα τμήματα μαγνητικού συντονισμού εναρμονίζονται με τις κατευθυντήριες οδηγίες που εκδίδονται για την εφαρμογή των πρωτοκόλλων για την απεικόνιση του εγκεφάλου.

Ακολουθούνται τα βασικά πρωτόκολλα, όπως επίσης έχουν ενταχθεί και σύγχρονες τεχνικές και πρωτόκολλα τα οποία όχι μόνο βοηθούν στη διάγνωση αλλά προσφέρουν και επιπλέον πληροφορίες χρήσιμες για την ανάδειξη των παθολογιών και την περαιτέρω διερεύνηση των νόσων.

Η ραγδαία εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας υπόσχεται ταχύτερη, καλύτερη και ακόμα πιο έγκαιρη διάγνωση σε σχέση με άλλες πιο πολύπλοκες και ακριβότερες διαγνωστικές μεθόδους.

Βιβλιογραφία

1. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B3%CE%BA%CE%AD%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%82>
2. Ανατομία GRAY'S 2^η ελληνική έκδοση Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης Κεφάλαιο 8
- 3 file:///C:/Users/eirin/Downloads/Petrou_Eleni_Dip_2018.pdf
- 4 https://anesthesia.gr/download/TOMOS_5/tefhos_10/4.pdf
- 5 <https://en.wikipedia.org/wiki/Brain#Physiology>
- 6 <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MED840/>
- 7 <https://eekx-kb.gr/pdf/19SSE/Rallis.pdf>
- 8 http://www.eapeikonisi.gr/MRI_book.html
9. Μαγνητική τομογραφία από τις βασικές αρχές στη κλινική πράξη Δημήτρης Κουμαριανός Εκδόσεις Ζεβελεκάκη Αθήνα 2013
- 10 ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ, ΦΥΣΙΚΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ, ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΑΣΘΕΝΟΥΣ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ (1Η ΕΚΔ.) MUHAMMED ELMAOGLU , K.K. CHAN **Επιμέλεια** ΜΑΡΙΑ ΖΑΡΙΦΗ , ΒΑΣΙΛΗΣ ΣΥΡΓΙΑΜΙΩΤΗΣ 2017
- 11 Η ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ (4Η ΕΚΔ.) CATHERINE WESTBROOK , CAROLYN KAUT ROTH **Επιμέλεια** ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΕΧΑΓΙΑΣ , ΒΑΣΙΛΗΣ ΣΥΡΓΙΑΜΙΩΤΗΣ , ΜΑΡΙΑ Γ. ΔΟΥΣΗ , ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΚΑΡΑΒΑΣΙΛΗΣ 2019
- 12 <ikee.lib.auth.gr/record/29147048>
- 13 <https://mrimaster.com/index-3.html>
- 14 [el.wikipedia.org/wiki/ιππόκαμπος_\(ανατομία\)](el.wikipedia.org/wiki/ιππόκαμπος_(ανατομία))
- 15 <encephalos.gr/42-4-03.g.html>
- 16 <https://mrimaster.com/PLAN%20EPILIPSY.html> [52simplyphysics.com/MARS/data/level3/3dmprage.htm](https://www.simplyphysics.com/MARS/data/level3/3dmprage.htm)
- 17 http://www.simplyphysics.com/MARS/data/level_3/spgr.htm
- 18 <anoiahellas.gr/images/apeikonisi.pdf>

19

https://memory.ucsf.edu/sites/memory.ucsf.edu/files/wysiwyg/UCSFQuest_Protocol_v1.0.pdf

20 <https://mrimaster.com/PLAN%20MRA%20BRAIN.html>

21 <https://mrimaster.com/PLAN%20MRV%20BRAIN.html>

22 <https://www.metropolitan-hospital.gr/>

23 <https://mayfieldclinic.com/pe-mrspectroscopy.htm>

24 <https://radiopaedia.org/articles/mr-spectroscopy-1?lang=us>

25 <https://radiopaedia.org/articles/dynamic-susceptibility-contrast-dsc-mr-perfusion>

26 <https://radiopaedia.org/articles/dynamic-contrast-enhanced-dce-mr-perfusion-1>

27 <https://radiopaedia.org/articles/dynamic-susceptibility-contrast-dsc-mr-perfusion>

28 <https://radiopaedia.org/articles/dynamic-contrast-enhanced-dce-mr-perfusion-1>

29 <https://en.wikipedia.org/wiki/Tractography>

30 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20035125/>

31 <https://lilyvar.wixsite.com/mriunit/blank-fbh8d>

32 https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6910/nikolaoue_PC-MRI.pdf?sequence=3&isAllowed=y

33 <https://www.birpublications.org/doi/10.1259/bjr/66206791>

34

[https://www.s-](https://www.s-lafazanous.gr/)

[lafazanous.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%AC%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CF%85%CF%80%CF%8C%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7](https://www.s-lafazanous.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%AC%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CF%85%CF%80%CF%8C%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7)

35 <https://radiopaedia.org/articles/fibrous-dysplasia>

36 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/?term=58340921>

37

[https://www.s-](https://www.s-lafazanous.gr/)

[lafazanous.gr/%CE%B3%CE%BB%CE%BF%CE%B9%CF%89%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CF%85](https://www.s-lafazanous.gr/%CE%B3%CE%BB%CE%BF%CE%B9%CF%89%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CF%85)

- 38 <https://radiopaedia.org/articles/ischaemic-stroke?lang=us>
- 38 http://davaneloskonstantinos.blogspot.com/2018/04/blog-post_60.html
- 39 <https://radiopaedia.org/articles/subarachnoid-haemorrhage?lang=us>
- 40 https://en.wikipedia.org/wiki/Idiopathic_intracranial_hypertension#Diagnosis
- 41 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%B1%CF%85%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CE%B4%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%AC%CE%BD%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CF%85%CF%80%CF%8C%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7>
- 42 http://davaneloskonstantinos.blogspot.com/2018/04/blog-post_60.html
- 43 <https://radiopaedia.org/articles/subarachnoid-haemorrhage?lang=us>
- 44 <https://radiopaedia.org/articles/epilepsy?lang=us>
- 45 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6551536/>
- 46 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%B3%CE%BB%CE%BF%CE%B9%CF%89%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CF%85>
- 47 <https://radiopaedia.org/articles/gliososis?lang=us>
- 48 <https://radiopaedia.org/articles/brain-tumour-protocol-mri?lang=us>
- 49 nevrologos.gr/epilipsia
- 50 <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/brain-metastases/symptoms-causes/syc-20350136>
- 51 <https://www.cancer.net/cancer-types/brain-tumor/diagnosis>
- 52 <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%BF%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BE%CE%B7>
- 53 <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MED820/%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%88%CF%81%CE%B3%CE%BF/%CE%9B%CE%BF%CE%B9%CE%BC%CF%8E%CE%BE%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%9A%CE%9D%CE%A3.pdf>
- 54 <https://eody.gov.gr/disease/miniggitida-iogenis/>

55 <https://radiopaedia.org/articles/brain-infection-protocol-mri?lang=us>

56 loimoxeis.gr/wp/upload/2018*01/1011-1-3pdf

57 <http://www.tzaneio.gr/uploads/epistimonika-xronia>

58 <https://radiopaedia.org/articles/trigeminal-neuralgia-protocol-mri?lang=us>

59 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B1%CE%BB%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%B4%CF%8D%CE%BC%CE%BF%CF%85>

60 <https://www.s-lafazanos.gr/%CF%83%CF%80%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%8E%CF%80%CE%BF%CF%85>

61 <http://themistokleous.gr/brain-surgery/trigeminal-neuralgia/%CE%B3%CE%BB%CF%89%CF%83%CF%83%CE%BF%CF%86%CE%B1%CF%81%CF%85%CE%B3%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B1%CE%BB%CE%B3%CE%AF%CE%B1/>

62 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%AF%CE%BB%CE%B9%CE%B3%CE%B3%CE%BF%CF%82-disabling-positional-vertigo>

63 <https://www.s-lafazanos.gr/%CF%83%CF%80%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%89%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%81%CE%B1%CE%B9%CE%B2%CF%8C%CE%BA%CF%81%CE%B1%CE%BD%CE%BF>

64 <https://www.s-lafazanos.gr/%CF%83%CF%85%CF%81%CE%B9%CE%B3%CE%B3%CE%BF%CE%BC%CF%85%CE%B5%CE%BB%CE%AF%CE%B1>

65 <https://radiopaedia.org/articles/syringomyelia?lang=us>

66 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF-%CE%B1%CE%B9%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BC%CE%B1>

67 <https://radiopaedia.org/cases/left-occipital-late-subacute-epidural-haematoma?lang=us>

68 <https://www.s-lafazanos.gr/%CF%85%CF%80%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF-%CE%B1%CE%B9%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BC%CE%B1/>

69 <https://radiopaedia.org/cases/chronic-subdural-hematoma-2?lang=us>

- 70 <https://www.s-lafazanos.gr/%CE%B1%CE%B9%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B8%CE%BB%CE%AC%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%BF%CF%85>
- 71 <https://nevrologos.gr/kefalalgia-ponokefalos/>
- 72 <https://www.neurocenter.gr/ponokefalos.html>
- 73 <https://radiopaedia.org/articles/alzheimer-disease-1?lang=us>
- 74 https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CF%8C%CF%83%CE%BF%CF%82_%CE%91%CE%BB%CF%84%CF%83%CF%87%CE%AC%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%81
- 75 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2938772/>
- 76 <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=alzheimers>
- 77 https://www.gerolib.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=187:apeikonish-magnhtikoy-syntonismoy-toy-ippokampoy-epi-nosoy-toy-altschaimer&Itemid=212&lang=el
- 78 <https://www.e-forologia.gr/cms/viewContents.aspx?id=97520>
- 79 https://embracementalhealth.org.au/sites/default/files/2019-04/Greek_mental.pdf
- 80 <https://www.care.gr/post/2254/i-magnitiki-tomografia-voitha-stin-proimi-diagnositis-sxizofreneias>
- 81
- 82 <https://www.roche.gr/el/health/neurology/parkinson.html>
- 83 <http://www.euromedicalarisas.gr/magnitiki-egefalou-parkinson/>
- 84 <https://radiopaedia.org/articles/hydrocephalus?lang=us>
- 85 <https://www.s-lafazanos.gr/%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%AF%CE%B1>
- 86 <https://neuroepistimes.gr/index.php/xeirurgiki/xeirurgiki-egkefalou-kraniou/ydrokefalos-leitoyrgikes-pathiseis-egkefalou>