

ΒΟΗΘΟΣ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μάθημα: Φυσική Ιατρικής Απεικόνισης – Ακτινοφυσική Γ' Εξάμηνο

- Αρχές φυσικής και λειτουργίας μαγνητικής τομογραφίας - Μαγνήτες
 - Μαγνητικές ιδιότητες του ανθρωπίνου σώματος
- Ιδιοστροφορμή - Spins και μαγνητικά πεδία – συχνότητα Larmor – παλμός ραδιοσυχνότητας RF - μαγνητικός συντονισμός - Χρόνος αποκατάστασης T1 - Χρόνος αποκατάστασης T2 - Χρόνος TR , TE - αλληλουχίες ή ακολουθίες παλμών - σήμα ελεύθερης απόσβεσης επαγωγής- σχηματισμός εικόνας - σκιαγραφικά μέσα
 - Οι αντιθέσεις (contrast) T1 και T2 και πυκνότητας πρωτονίων
 - Δομή και λειτουργία μαγνητικού τομογράφου

Εισαγωγή

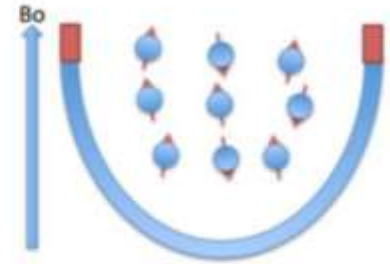
Τομογραφική μέθοδος	Είδος ακτινοβολίας	Μετρούμενες παράμετροι
Υπολογιστική Τομογραφία (X-Ray CT)	Ακτίνες X (20-150 keV)	Συντελεστής Εξασθένησης
Μαγνητική Τομογραφία (MRI)	Ηλεκτρομαγνητική RF	Πυκνότητα Πρωτονίων Χρόνοι Αποκατάστασης
Τομογραφία Υπερήχων (Ultrasound CT)	Υπέρηχοι (1-50MHz)	Δείκτης Διάθλασης Συντελεστής Απορρόφησης
Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίου (PET)	Ακτίνες γ (511 keV)	Συγκέντρωση Ραδιενεργού Ιχνηθέτη
Τομογραφία Εκπομπής Φωτονίου (SPECT)	Ακτίνες γ (20-150 keV)	Συγκέντρωση Ραδιενεργού Ιχνηθέτη

Μαγνητικός Τομογράφος

- ✓ Η απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό (Magnetic Resonance – MRI) είναι μια απεικονιστική μέθοδος που **δεν** χρησιμοποιεί ιοντίζουσες ακτινοβολίες.
- ✓ Βασίζεται στην ύπαρξη μαγνητικής ροπής σε πυρήνες που περιέχουν περιττό αριθμό πρωτονίων (π.χ. ^1H , ^{31}P , ^{23}Na , ^{13}C). Κάθε τέτοιος πυρήνας έχει μία στροφορμή (spin) που τον καθιστά μικροσκοπικό ανιχνεύσιμο μαγνήτη.
- ✓ Οι εφαρμογές της απεικόνισης με μαγνητικό συντονισμό στηρίζονται κυρίως στη **διέγερση πυρήνων υδρογόνου** που βρίσκονται σε αφθονία στον ανθρώπινο οργανισμό.



Πυρήνας υδρογόνου



Εφαρμογή μαγνητικού πεδίου B_0 και ευθυγράμμιση πυρήνων υδρογόνου

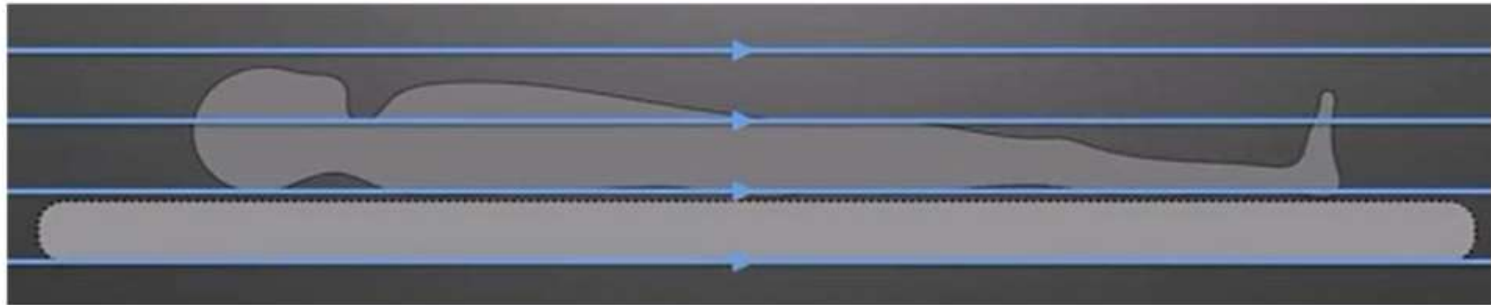


Αρχή λειτουργίας του Μαγνητικού Τομογράφου

Μια μέθοδος παραγωγής εικόνων του ανθρώπινου σώματος χρησιμοποιώντας το φαινόμενο του Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού (ΠΜΣ).

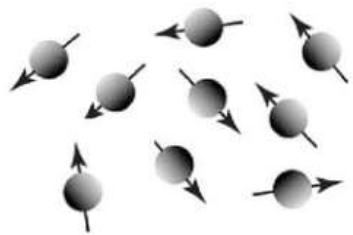
Ποιο είναι το φαινόμενο του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού;

- Πρόκειται για το φαινόμενο κατά το οποίο διεγείρουμε δείγμα πυρήνων (δίνοντας ενέργεια) το οποίο βρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου.
- Όταν το δείγμα των πυρήνων αποδιεγερθεί εκπέμπει την ενέργεια που δώσαμε. Η αποδιέγερση αυτή εξαρτάται από το «περιβάλλον» (ιστός) στο οποίο βρίσκεται το δείγμα και καταγράφεται.
- Η ποσοτικοποίηση αυτής της εξάρτησης μας δίνει εικόνες του ανθρώπινου σώματος.

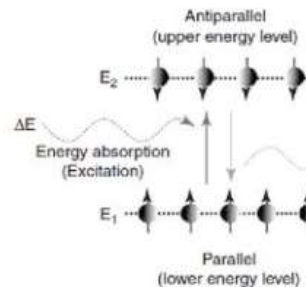
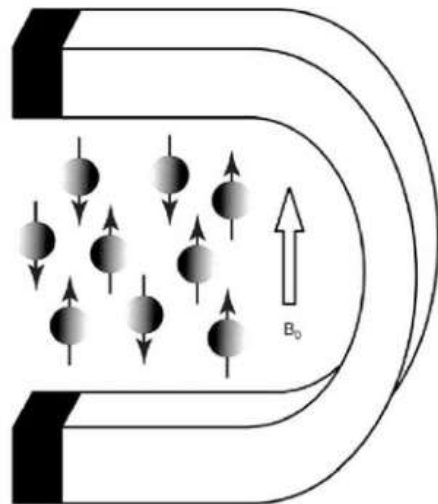


Βασικές αρχές της μαγνητικής τομογραφίας

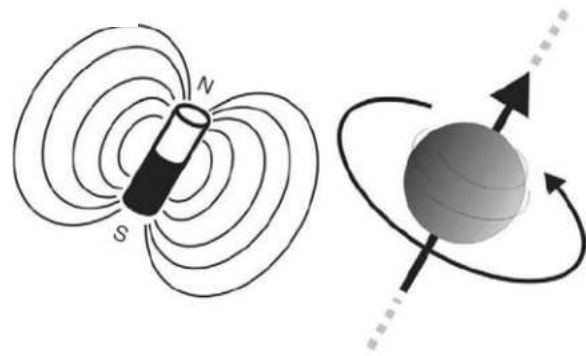
- Οι πυρήνες όλων των ατόμων (εκτός του ^1H) αποτελούνται από νετρόνια και πρωτόνια τα οποία ονομάζονται νουκλεόνια και περιστρέφονται, έχουν δηλαδή spin.
- Αυτοί που έχουν spin διαφορετικό του 0 εμφανίζουν μαγνητική ροπή και είναι δυνατόν να παρουσιάσουν το φαινόμενο του μαγνητικού συντονισμού.
- Όταν οι πυρήνες που εμφανίζουν μαγνητική ροπή τοποθετηθούν μέσα σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο οι μαγνητικές τους ροπές τείνουν να τοποθετηθούν παράλληλα (χαμηλή ενεργειακή κατάσταση) ή αντιπαράλληλα (υψηλή ενεργειακή κατάσταση) με αυτό.
- Οι πυρήνες που παίρνουν παράλληλη θέση είναι περισσότεροι και σε αυτούς οφείλεται η δημιουργία της μαγνήτισης.
- Αφού οι πυρήνες έχουν στροφορμή, η μαγνητική τους ροπή M περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο με τη συχνότητα $Larmor$.



(α) Οι μαγνητικές ροπές σε ένα υλικό εκτός μαγνητικού πεδίου ευθυγραμμίζονται τυχαία.



(β) Με την εφαρμογή ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου, B_0 , αυτές οι ροπές ευθυγραμμίζονται είτε παράλληλα είτε αντιπαράλληλα στη διεύθυνση του εν λόγω μαγνητικού πεδίου.



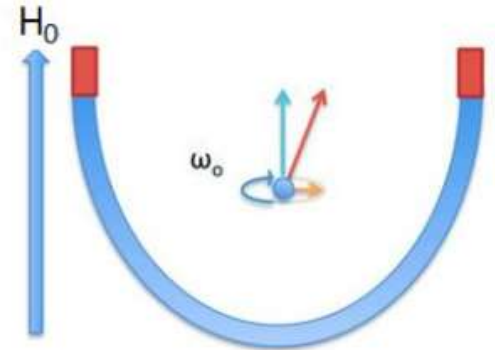
Συχνότητα Larmor

- Η συχνότητα Larmor είναι η γωνιακή συχνότητα της περιστροφής, συμβολίζεται με ω_0 και δίνεται από τη σχέση:

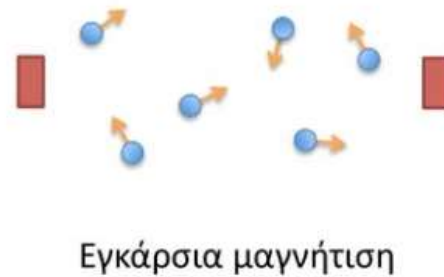
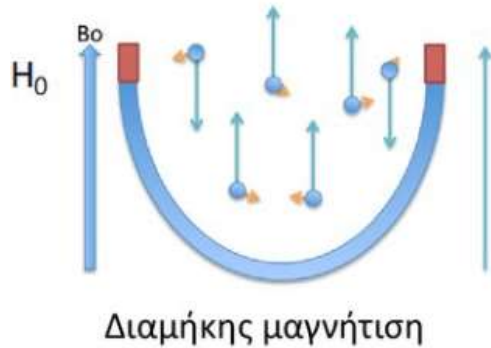
όπου γ είναι ο γυρομαγνητικός λόγος και είναι σταθερός για κάθε είδος πυρήνων και H_0 είναι το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.

$$\omega_0 = \gamma H_0$$

- Για να απεικονιστεί ένα υλικό οι πυρήνες του πρέπει να εκπέμπουν σήμα (ενέργεια) συχνότητας $\omega_0 \rightarrow$ τους διεγείρουμε με εφαρμογή εκτός του H_0 στην κατεύθυνση z και ενός εναλλασσόμενου πεδίου H_1 στο επίπεδο xy .

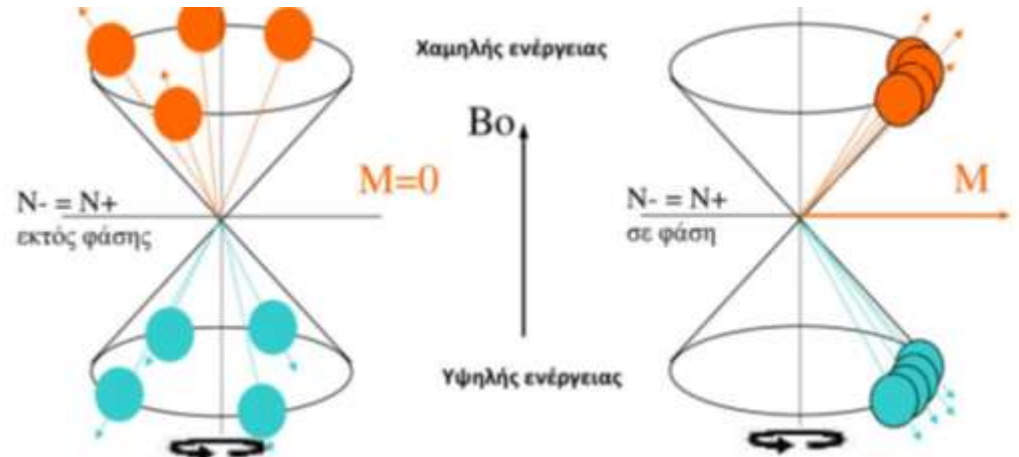


- Η περιστροφική κίνηση αντιστοιχεί στην περιστροφή του συνισταμένου διανύσματος του εγκάρσιου επιπέδου γύρω από το διαμήκη άξονα. Οι περισσότερες μαγνητικές ροπές ευθυγραμμίζονται παράλληλα με το πεδίο και η διαμήκης ολική μαγνήτιση είναι παράλληλη με το H_0 .
- Στο εγκάρσιο επίπεδο η ολική μαγνήτιση είναι μηδενική, διότι οι στροφορμές δεν περιστρέφονται σε φάση και οι συνισταμένες διαμήκεις μαγνητίσεις αλληλοαναιρούνται.



- Οι πυρήνες με χαμηλή ενεργειακή στάθμη απορροφούν ενέργεια από το εναλλασσόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και μεταπηδούν σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη.
- Ενώ το εναλλασσόμενο πεδίο λειτουργεί, αρκετή ενέργεια μπορεί να απορροφηθεί και ανάλογα με το χρόνο παραμονής στην υψηλότερη στάθμη ενέργειας οι εξισώσεις ενέργειας εξισώνονται και το φαινόμενο σταματά.
- Αν το εναλλασσόμενο πεδίο λειτουργεί παλμικά και παρέχεται αρκετός χρόνος για την ανάπαυση (relaxation) των πυρήνων, το φαινόμενο μπορεί να συνεχιστεί.

- Πρωτόνια από την χαμηλή ενεργειακή κατάσταση μεταπηδούν στην υψηλή.
- Τα πρωτόνια και των δύο ενεργειακών καταστάσεων περιστρέφονται σε φάση.



- Με την παύση του πεδίου H_1 οι πυρήνες επανέρχονται στην αρχική τους, χαμηλότερη στάθμη και εκπέμπουν σήμα (ραδιοκύματα) με συχνότητα ω_0 που ανιχνεύεται από τα πηνία που παράγουν το H_1 .
- Το σήμα αυτό αναλύεται μέσω μετασχηματισμών Fourier προκειμένου να δημιουργηθεί η εικόνα.
- Κατά την επαναφορά τους από την υψηλότερη στη χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη, οι πυρήνες χάνουν την ενέργεια που απορρόφησαν μέσω δύο διαφορετικών διαδικασιών.

- ✓ Η μαγνήτιση κάθε πρωτονίου και η συνολική μαγνήτιση έχουν 2 συνιστώσες, εγκάρσια και διαμήκη.
- ✓ Σε κατάσταση ισορροπίας η συνολική μαγνήτιση έχει μόνο διαμήκη συνιστώσα. Με την εφαρμογή ενός RF παλμού στη συχνότητα $Larmor$, τα πρωτόνια απορροφούν ενέργεια και δεν ευθυγραμμίζονται πλέον με το διάνυσμα του εξωτερικού στατικού πεδίου → η συνολική μαγνήτιση αποκτά εγκάρσια συνιστώσα.
- ✓ Έπειτα **επάγεται ένα H/M σήμα** στη συχνότητα $Larmor$, ανάλογο της εγκάρσιας συνιστώσας, η **ισχύς του οποίου εξαρτάται** από: την **πυκνότητα πρωτονίων**, τους **χρόνους T1 και T2**.

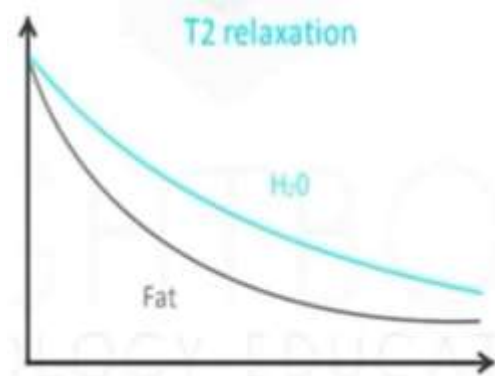
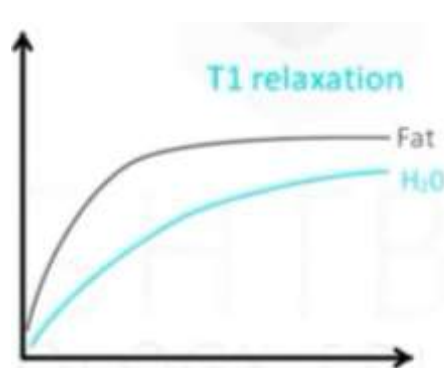
Χρόνοι T1 και T2

Διαδικασίες για την επαναφορά των πυρήνων από την υψηλότερη στη χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη:

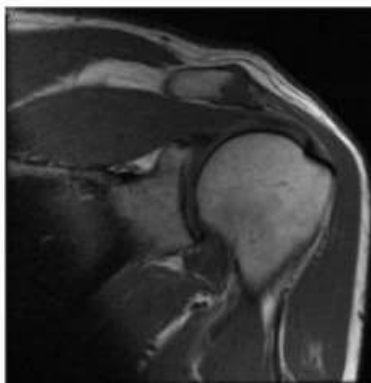
- Η πλεονάζουσα ενέργεια μεταφέρεται από τους διεγερμένους πυρήνες στο μοριακό πλέγμα μέσω θερμικής αλληλεπίδρασης. Η διαδικασία χαρακτηρίζεται από μια σταθερά χρόνου που ονομάζεται επιμήκης χρόνος επαναφοράς T1 (Spin-Lattice Relaxation). Η τιμή του T1 εξαρτάται από τον τύπο του ιστού.

- Η διεργασία αυτή αφορά τη μεταφορά ενέργειας μεταξύ διεγερμένων και μη πυρήνων. Χαρακτηρίζεται από μια σταθερά χρόνου που ονομάζεται εγκάρσιος χρόνος επαναφοράς T2 (Spin-Spin Relaxation). Συνήθως ο χρόνος T2 είναι πολύ μεγαλύτερος από τον T1 ο οποίος είναι της τάξης του 1 sec.

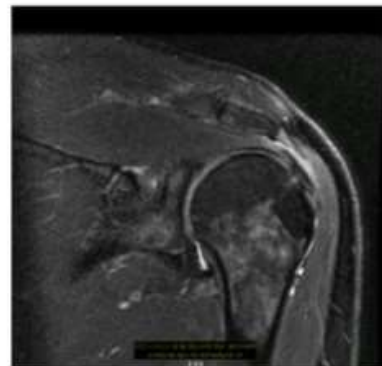
- ✓ Ο χρόνοι T1 και T2 είναι διαφορετικοί για κάθε ιστό του ανθρώπινου οργανισμού.
- ✓ Οι διαφορές στους χρόνους βοηθάνε στο χρωματισμό της εικόνας.



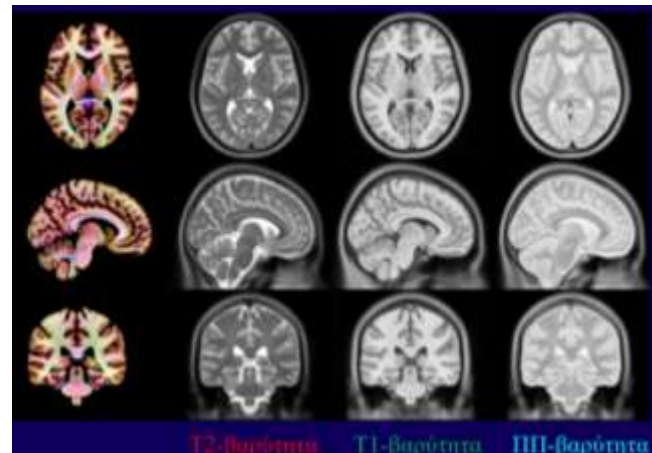
- T1: εξέταση ανατομίας.



- T2: ανίχνευση παθολογικών καταστάσεων (π.χ. οίδημα, πρήξιμο).



Η αντίθεση της παραγόμενης εικόνας εξαρτάται από την **πυκνότητα πρωτονίων**, το **χρόνο T1** και το **χρόνο T2**. Στους μαλακούς ιστούς η πυκνότητα πρωτονίων δε διαφέρει σημαντικά. Οι 2 χρόνοι όμως διαφέρουν σημαντικά από ιστό σε ιστό και καθορίζουν την αντίθεση της εικόνας.



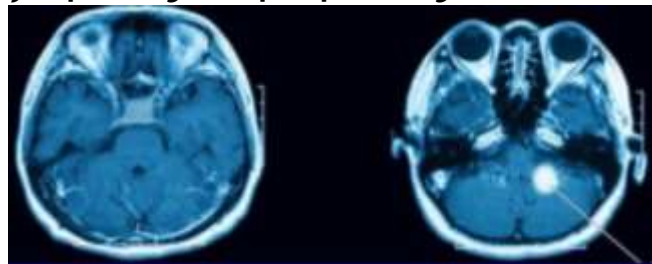
Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίθεση εικόνας στη ΜΤ

Η ένταση σήματος καθορίζεται από:

- Ένταση μαγνητικού πεδίου
- Ενδογενή χαρακτηριστικά ιστών (πυκνότητα πρωτονίων, χρόνο T1, χρόνο T2).
- Παραμέτρους του συστήματος
 - Είδος ακολουθίας παλμών,
 - Χαρακτηριστικά ακολουθίας παλμών:

1. **Χρόνος επανάληψης (TR):** το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παλμών $90^\circ \rightarrow$ Σημαντικός στο χρόνο T1.
2. **Χρόνος αντήχησης (TE):** ο χρονικό διάστημα από τον RF παλμό μέχρι τη στιγμή της μέτρησης \rightarrow Σημαντικός στο χρόνο T2.

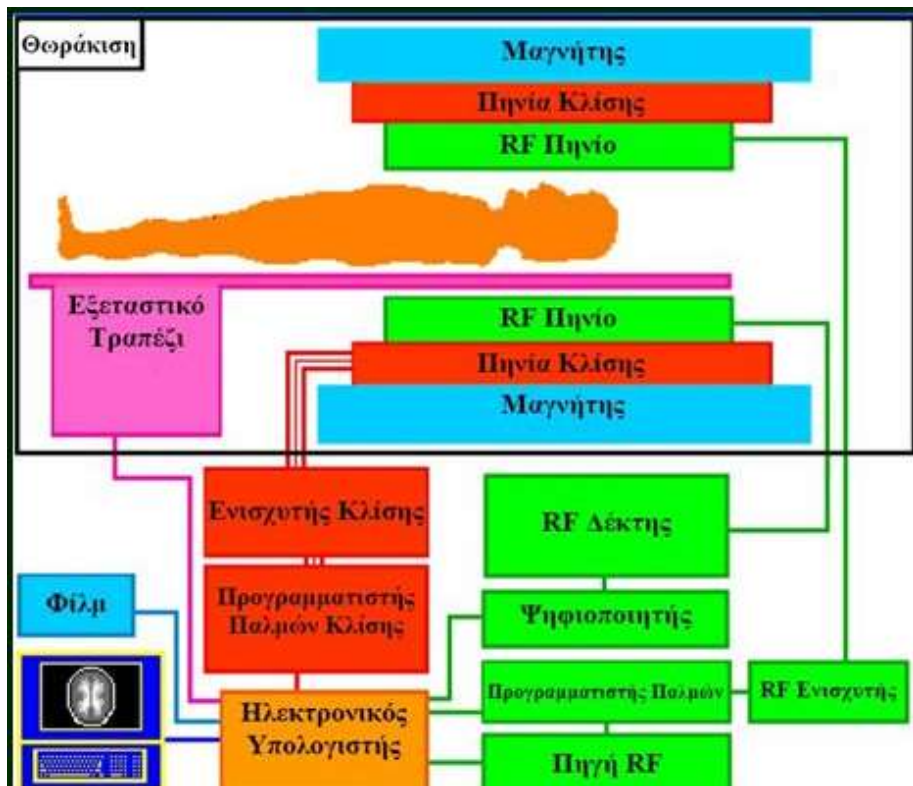
- Τύπος απεικονιζόμενης εικόνας
- Εξωγενείς παράγοντες



Το σκιαγραφικό μέσο που συνήθως χρησιμοποιείται στην ΑΜΣ είναι το **γαδολίνιο (Gd)** το οποίο είναι έμμεσα ορατό στην ΑΜΣ, μιας και επιταχύνει τη χαλάρωση των γειτνιαζόντων ^1H . Συνεπώς μειώνεται το T1 των ιστών στους οποίους συσσωρεύεται και απεικονίζονται με υψηλή ένταση σε εικόνες T1-στάθμισης.

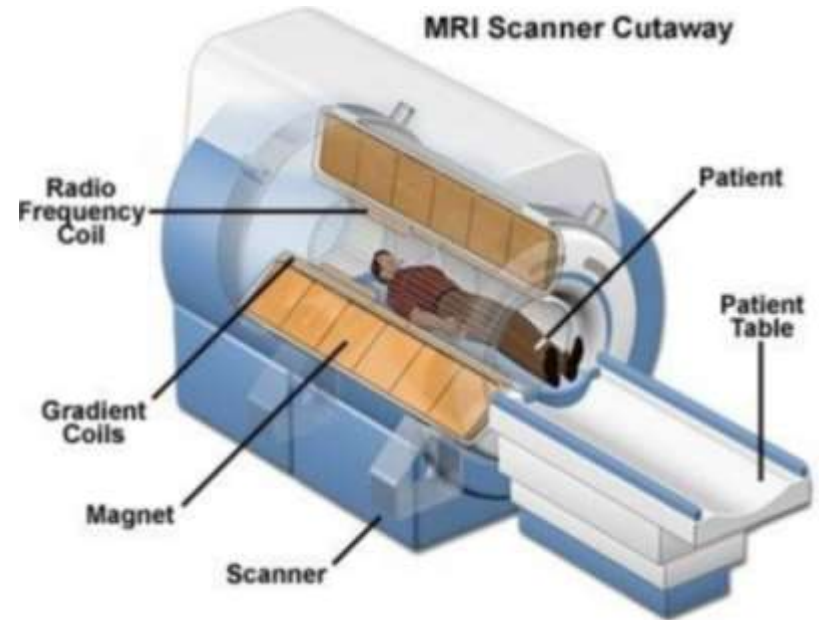
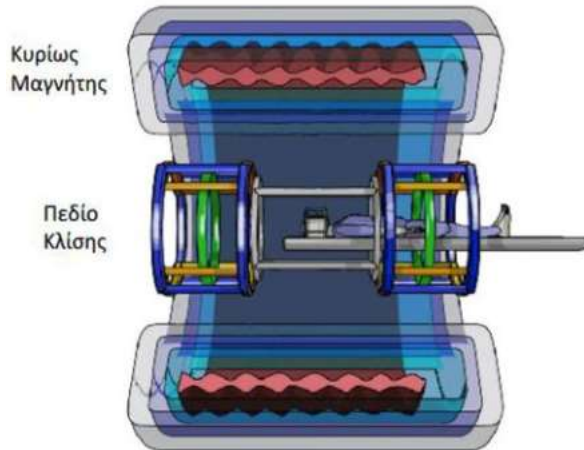
Βασικά μέρη ενός συστήματος ΜΤ

1. Ένας **ηλεκτρομαγνήτης**, που παράγει μαγνητοστατικό πεδίο, μαγνητικής επαγωγής 0.5-3 Tesla. Πολλές φορές χρησιμοποιείται το φαινόμενο της υπεραγωγιμότητας για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
2. Ένα **σύστημα τριών πηνίων** που παράγουν στο χώρο του πρώτου πηνίου ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο ονομάζεται πεδίο κλίσης. Το πεδίο αυτό έχει μόνο μια συνιστώσα που είναι παράλληλη με το στατικό πεδίο.
3. Ένα **πηνίο εκπομπής παλμών ραδιοσυχνοτήτων (RF πομπός)**.
4. Ένα **πηνίο λήψης (RF δέκτης)** των σημάτων που εκπέμπονται από τους συντονισμένους πυρήνες του εξεταζόμενου βιολογικού υλικού.
5. Ένα **σύστημα ανίχνευσης**, το οποίο παράγει το σήμα εξόδου του συστήματος ΜΤ.
6. Ένα **σύστημα απεικόνισης** που περιλαμβάνει τον υπολογιστή στον οποίο γίνεται η ανακατασκευή και η παρουσίαση των εικόνων.



Μαγνήτης

- Το μεγαλύτερο και πιο ακριβό στοιχείο του μαγνητικού τομογράφου → αρχικός προσανατολισμός πυρήνων.
- Μαγνητικό πεδίο 0.5-3 Tesla (συγκριτικά με το μαγνητικό πεδίο της Γης που είναι 1 Tesla).
- Το ρεύμα ρέει στο πηνίο όσο αυτό διατηρείται σε θερμοκρασίες υγρού ηλίου.

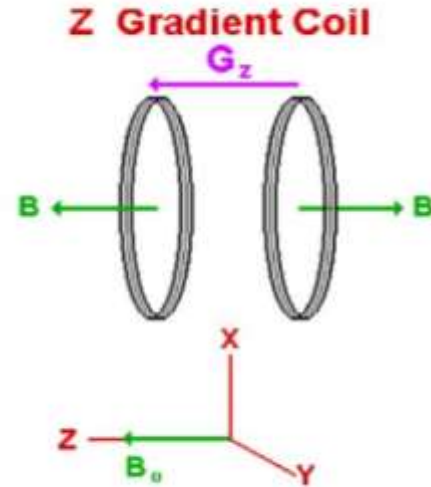
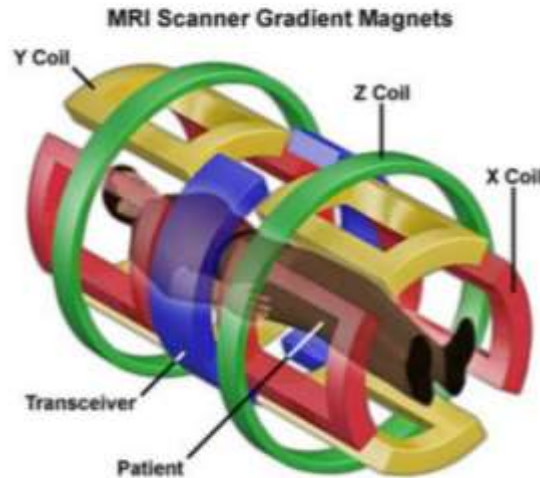


- Οι μαγνήτες πρέπει να δίνουν **ομοιογενές πεδίο μεγάλης έντασης**.
- Ανάλογα με την εφαρμογή χρησιμοποιούνται: **μόνιμοι μαγνήτες** για μικρά πεδία, **αγώγιμοι** (0.05-4T), **υπεραγώγιμοι** (>0.5T).

Πηνία κλίσης

➤ Τρία ανεξάρτητα πηνία (x, y, z κλίσης) παράγουν χωρικά και χρονικά μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μέσα στο δείγμα δηλαδή κωδικοποιούν τις θέσεις των πρωτονίων. Ανάλογα με την τομή στο σώμα που θέλουμε να πάρουμε, εφαρμόζουμε ένα πεδίο κάθετο σε αυτή → η συχνότητα Larmor θα μεταβάλλεται συναρτήσει της θέσης των πρωτονίων στους 3 άξονες για το σχηματισμό της εικόνας.

Πηνία εγκάρσιας κλίσης



RF πηνία

- Αποτελείται από πηνία ραδιοσυχνότητας (RF coils) για παραγωγή μαγνητικών παλμών και ανίχνευση σημάτων εξ επαγωγής.
- Το πηνίο RF πομπός δημιουργεί παλμούς στη συχνότητα Larmor για διέγερση των πυρήνων, με στόχο τη δημιουργία ομογενούς πεδίου H_1 , κάθετου στη διεύθυνση του κύριου μαγνητικού πεδίου H_0 .
- Το πηνίο RF δέκτης λαμβάνει τα σήματα που εκπέμπονται από το εξεταζόμενο σώμα στη συχνότητα Larmor.
- Δεδομένου ότι η συχνότητα συντονισμού των πρωτονίων είναι πολύ κοντά σε αυτή των ραδιοκυμάτων της ραδιοφωνικής ζώνης FM, η διάταξη του MT τοποθετείται σε ένα κλωβό Faraday, για απομόνωση των εξωτερικών σημάτων RF που ενδεχομένως μπορεί να αλλάξουν το σήμα.

Προσωρινές επιδράσεις των μαγνητικών πεδίων

Φαινόμενα που έχουν αναφερθεί σε σχέση με την κίνηση εντός ισχυρών μαγνητικών πεδίων:

- Ναυτία
- Ίλιγγος
- Πονοκέφαλος
- Ζάλη
- Μεταλλική γεύση
- Οπτικές διαταραχές
- Ερεθισμός περιφερικών νεύρων (έως πόνο).



✓ Πρόσφατες μελέτες υποδηλώνουν ότι η έκθεση του εγκεφάλου σε πεδία 8 και 9.4 T **δεν** επηρεάζουν την ανθρώπινη γνωστική ικανότητα. Όμως, υπάρχουν πιθανές επιδράσεις σε ανώτερες εγκεφαλικές δεξιότητες, όπως προσωρινές διαταραχές στη συγκέντρωση, στη μνήμη, στο συντονισμό κίνησης οφθαλμών.

✓ Η ευαισθησία διαφέρει από άτομο σε άτομο.

✓ Τα φαινόμενα ελαχιστοποιούνται ή εξαφανίζονται με πολύ αργή κίνηση εντός του στατικού μαγνητικού πεδίου.

Ακουστικός Θόρυβος & Επιπτώσεις

Διάφορες πηγές ακουστικού θορύβου υπάρχουν στο χώρο του μαγνητικού τομογράφου.

- **Πηνία πεδίων κλίσης** (λόγω της πρόσκρουσής τους πάνω στα πλαίσια στήριξης τους, που οφείλεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την γρήγορη εναλλαγή ρεύματος παρουσία του B_0).
- **RF θόρυβος** (ήχος που γίνεται αντιληπτός, λόγω θερμοελαστικής επέκτασης, όταν η κεφαλή υπόκειται σε παλμική RF ακτινοβολία συγκεκριμένων συχνοτήτων, 2.4 - 170 MHz).
- **Βοηθητικά συστήματα** (π.χ. κρυογεννήτρια, ανεμιστήρες).

Προβλήματα που σχετίζονται με το θόρυβο στην ΑΜΣ:

- Δυσκολία στη συνεννόηση
- Ενόχληση
- Ανησυχία & άγχος
- Παροδική απώλεια ακοής

Ωτοασπίδες ή/και ακουστικά πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται (μείωση 10- 30 dB).



Πεδίο Ραδιοσυχνοτήτων(RF) – Θερμότητα & Επιπτώσεις

- Το μεγαλύτερο μέρος της εκπεμπόμενης RF ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα μέσα στους ιστούς. Συνεπώς το κυρίαρχο βιολογικό αποτέλεσμα από την έκθεση σε RF πεδία οφείλεται στις θερμογόνες ιδιότητες τους.
- Κάποια τατουάζ, καλλυντικά, κοσμήματα μπορεί να περιέχουν σιδηρομαγνητικά υλικά τα οποία μπορεί να θερμανθούν ή να προκαλέσουν οίδημα.
- Ακόμη και βρόχοι που σχηματίζονται από το σώμα και τα άκρα του εξεταζόμενου μπορούν να άγουν θερμότητα.



Η ΜΤ στην απεικόνιση

- Η απεικόνιση με την τεχνική ΜΤ βασίζεται στην επιλεκτική διέγερση των μαγνητικών διπόλων του πυρήνα των ατόμων που απαρτίζουν το εξεταζόμενο βιολογικό υλικό.
- Οι πυρήνες που διεγείρονται εκπέμπουν ένα σήμα ραδιοσυχνοτήτων, το οποίο καταγράφεται με τον RF δέκτη.
- Η επιλεκτικότητα στη διέγερση επιτυγχάνεται με τη χρήση στατικών μαγνητικών πεδίων (πεδίων κλίσης), των οποίων η ένταση και η φορά μεταβάλλεται εξωτερικά.
- Η διέγερση των πυρήνων γίνεται με τον πομπό ραδιοσυχνοτήτων (RF πηνίο).
- Ανάλογα με την πυκνότητα των πυρήνων προκύπτει αυξομείωση στην ένταση των σημάτων που λαμβάνονται από τον δέκτη.
- Η λειτουργία τόσο του πηνίου κλίσης όσο και του δείκτη RF ελέγχεται εξωτερικά με τη βοήθεια κατάλληλων συστημάτων προγραμματισμού παλμών.
- Με τη σάρωση της περιοχής συντονισμού στον τριδιάστατο χώρο και την καταγραφή της έντασης του λαμβανόμενου σήματος λαμβάνεται η απεικόνιση της πυκνότητας των πυρήνων ή ακόμα και άλλων παραμέτρων που σχετίζονται με τη διέγερση των πυρήνων (π.χ. χρόνων T1 και T2).

Η ΜΤ στην απεικόνιση του ΚΝΣ

Η ΜΤ αποτελεί εργαλείο για τη μελέτη ενός μεγάλου εύρους παθήσεων του εγκεφάλου και του ΚΝΣ γενικότερα (Ισχαιμία, Αγγειοπάθειες, Νεοπλασίες, Επιληψία, κλπ).

Συμβατικές Μέθοδοι:

- Ανατομία εγκεφάλου / Μορφολογική Απεικόνιση
- Μαγνητική Αγγειογραφία

Λειτουργικές (ποσοτικές) μέθοδοι:

- Ογκομετρία (Voxel based morphometry)
- Απεικόνιση Διάχυσης (Diffusion Imaging) Απεικόνιση Τανυστή Διάχυσης (Diffusion Tensor Imaging)
- Απεικόνιση Κύρτωσης Διάχυσης (Diffusion Kurtosis Imaging)
- Απεικόνιση Αιμάτωσης (Perfusion Imaging)
- Λειτουργική Απεικόνιση (fMRI, BOLD Imaging)
- Μαγνητική Φασματοσκοπία (MR Spectroscopy, CSI)
- Απεικόνιση ροής ΕΝΥ (CSF flow)



Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα ΜΤ

Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της;

- Εξαιρετική αντίθεση μεταξύ διαφορετικών μαλακών μορίων του ανθρώπινου σώματος.
- Υψηλή διακριτική ικανότητα.
- Δυνατότητα απεικόνισης σε οποιοδήποτε επίπεδο (αξονικό, στεφανιαίο, οβελιαίο, κ.τ.λ.)
- Δεν χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ακτινοβολία όπως για παράδειγμα η αξονική τομογραφία, δηλαδή δεν επιφέρει δόση στον εξεταζόμενο.
- Έγκαιρος εντοπισμός βιοχημικών αλλαγών πριν το σχηματισμό του όγκου.
- Δυνατότητα χρησιμοποίησης σε όλες τις ανατομικές περιοχές.
- Ανώδυνη εξέταση μη επεμβατικού χαρακτήρα.

Ποια είναι τα μειονεκτήματα της ;

- Κόστος απόκτησης και συντήρησης εξοπλισμού → κόστος εξέτασης
- Σχετικά αυξημένος χρόνος και γενικά πολύπλοκος τρόπος λήψης εικόνων.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με βηματοδότη ή άλλα μεταλλικά εμφυτεύματα.
- Πρόβλημα για κλειστοφοβικούς ασθενείς.

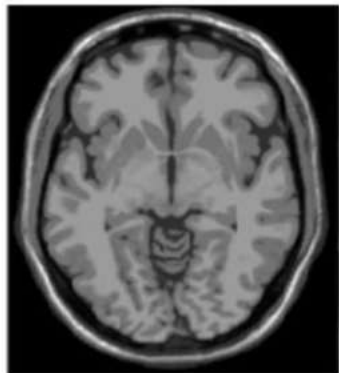
Για τις έγκυες εξεταζόμενες ισχύει ο κανόνας του τριμήνου, σύμφωνα με το οποίο σε φυσιολογικές συνθήκες, οι έγκυες δεν κάνουν ΑΜΣ κατά το 1^ο τρίμηνο.

Σύγκριση μαγνητικής και υπολογιστικής τομογραφίας

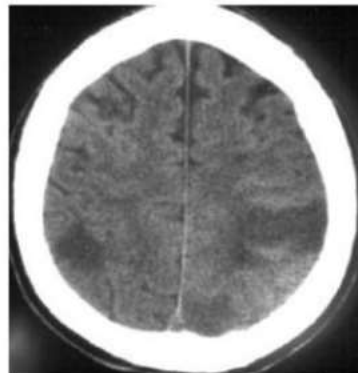
Τα συστήματα μαγνητικής τομογραφίας (ΜΤ) και υπολογιστικής τομογραφίας ακτίνων-Χ (ΥΤ) παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο. Συγκεκριμένα:

- ❖ Η λειτουργία του ΥΤ βασίζεται στην απορρόφηση ακτίνων-Χ από τους βιολογικούς ιστούς.
- ❖ Ο ΜΤ είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης ανατομικών δομών και βασίζεται στην αλληλεπίδραση ασθενών και γρήγορα μεταβαλλόμενων μαγνητικών πεδίων με χαλαρά δεσμευμένους πυρήνες υδρογόνου, οι οποίοι βρίσκονται στους μαλακούς ιστούς του σώματος.
- ❖ Τα συστήματα ΜΤ παρέχουν τη δυνατότητα απευθείας τριδιάστατης απεικόνισης της εξεταζόμενης ανατομικής δομής.
- ❖ Τα συστήματα ΥΤ παρέχουν μόνο διδιάστατες εικόνες (εγκάρσιες τομές) της ανατομικής δομής και η τριδιάστατη απεικόνιση επιτυγχάνεται με τη συλλογή πολλών διαδοχικών τομών και την μετέπειτα χρήση κατάλληλων τεχνικών τριδιάστατης ανασύνθεσης.

❖ Εκτός από την **ανατομική πληροφορία**, μια εικόνα από σύστημα ΜΤ μπορεί να προσφέρει επίσης **λειτουργική πληροφορία** που είναι πλησιέστερη στην πυρηνική ιατρική και τους υπερήχους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση παραμαγνητικών ιχνηθετών που δημιουργούν επιλεκτικά αυξανόμενη αντίθεση και παρέχουν τη δυνατότητα απευθείας μέτρησης της αιματικής ροής και της διάχυσης του νερού.



(α)



(β)

Τομή εγκεφάλου σε μαγνητικό (α) και σε αξονικό (β) τομογράφο. Η μαγνητική τομογραφία απεικονίζει με καλύτερη ανάλυση τα μαλακά μέρη του εγκεφάλου σε αντίθεση με την αξονική η οποία εστιάζει κυρίως στα οστά.

Συμπεράσματα

Γιατί χρειαζόμαστε πολλές και διαφορετικές τεχνικές;

➤ Κάθε μέθοδος αντικατοπτρίζει τη διαφοροποίηση μεταξύ ιστών/οργάνων ως προς μία φυσική ιδιότητα.

➤ Ιστοί που είναι όμοιοι ως προς δύο φυσικές ιδιότητες μπορεί να διαφέρουν ως προς μία τρίτη...

✓ Νέες τεχνικές ΜΤ έχουν αναπτυχθεί, οι οποίες μας παρέχουν ποσοτική πληροφορία και οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα κλινικών εφαρμογών.

✓ Ο συνδυασμός συμβατικών και νέων μεθόδων, αλλά και η συσχέτιση των απεικονιστικών ευρημάτων με τα λοιπά κλινικά κι εργαστηριακά ευρήματα, οδηγεί στο βέλτιστο διαγνωστικό αποτέλεσμα και στη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής προσέγγισης.

